

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЩЕЛОЧНОЙ
СИЛИКАТНЫЙ РАСПЛАВ - НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫЙ
ВОДНО-СУЛЬФАТНЫЙ ФЛЮИД ПРИ $T=1250^{\circ}\text{C}$ и $P=2$ КБАР**

Сук Н.И., Котельников А.Р., Ахмеджанова Г.М. (ИЭМ РАН)

sukni@iem.ac.ru; факс: (8-496) 4-44-25; тел.: (8-496) 4-44-25

Ключевые слова: *щелочные магматические системы, водно-сульфатный флюид, расплав*

В настоящее время остается актуальным изучение процесса селективной концентрации рудного вещества в магматических системах. В предшествующих работах на примере гранитных систем было показано, что роль гидротермальных растворов в формировании рудных месторождений недостаточно эффективна [1, 2], в то время как важную рудогенерирующую роль приобретают плотные солевые фазы, которые возникают при эволюции флюидных систем, отделяясь в результате развития в них жидкостной неоднородности. Исследование равновесия расплавов гранитного состава с расплавами солей, в частности с фторидами [3], выявило эффективность фторидной рудной экстракции для извлечения из расплавов таких рудных элементов, как вольфрам и редкие земли. В наших предшествующих работах исследовалась жидкостная несмешиваемость в щелочных силикатно-фосфатных и силикатно-карбонатных системах и была выявлена экстракция REE и Ti фосфатным расплавом [4] и экстракция Ba, Sr и при определенных условиях REE карбонатным расплавом [5, 6].

В настоящей работе представлены результаты изучения системы щелочной силикатный расплав - низкоконцентрированный водно-солевой (сульфатный) флюид, а также распределения рудных металлов (Ba, Sr, REE) между сосуществующими фазами при $T=1250^{\circ}\text{C}$ и $P=2$ кбар. Опыты проводились в системе альбит – диопсид с добавлением BaCO_3 и SrCO_3 (или SrO) и альбит - нефелин с добавлением CaO , La_2O_3 , CeO_2 , Y_2O_3 , Dy_2O_3 и 1 мол раствора Na_2SO_4 в заваренных платиновых ампулах на установке высокого газового давления с последующей закалкой. Образованное после опытов алюмосиликатное стекло анализировалось на микрозонде. Водно-солевой флюид собирался и анализировался атомно-абсорбционным методом (на содержание Na, Sr и Ba), эмиссионным методом (на содержание Ca и Mg) и методом ICP-MS (на содержание REE).

Изученные системы относятся к многокомпонентным системам вода – соль P-Q типа (какими являются сульфаты) - силикат [7, 8]. Это говорит о том, что при магматических параметрах флюидная фаза в этих системах может быть гетерогенной с образованием двух (или более) фаз.

В изученных экспериментальных системах, содержащих сульфатный флюид, в процессе опытов алюмосиликатное стекло существенно обогащается Na и обедняется Si и в небольшой степени Al, Ca и Mg по сравнению с исходным составом шихты. Полученный после опытов раствор имеет pH, близкий к нейтральному, что связано с понижением концентрации Na и, вероятно, с некоторым повышением концентрации Al и Si в составе раствора.

В системе силикатный расплав - водно-сульфатный флюид при параметрах экспериментов наблюдается существование трех фаз: алюмосиликатный расплав, низкоконцентрированная водная фаза, а также сульфатный расплав, образующий капли в силикатной матрице (рис. 1). Это свидетельствует о том, что флюид при данных параметрах находился в гетерогенном состоянии.

В системах, содержащих Ba и Sr, средние содержания BaO в стекле составляют 2.97 мас.%, а SrO - 2.22 мас.%. В образце присутствуют также кристаллы диопсида. В растворе содержание Sr незначительно (~0.034 мас.%), а Ba не выявляется совсем. В каплях наблюдается неоднородность, которая выражается в присутствии кристаллических выделений сульфата бария и стронция, находящихся в матрице, имеющей щелочной состав (сульфат натрия) (рис. 1а). Валовые составы капель характеризуются средними содержаниями BaO 14.06 мас.%, а SrO - 7.65 мас.%. Именно сульфатная фаза и является концентратором Sr и Ba. Коэффициент разделения сульфатная фаза/силикатный расплав для Sr в среднем составляет 3.45, а для Ba - 4.7. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности сульфатной рудной экстракции для извлечения из расплава таких рудных элементов, как Sr и Ba.

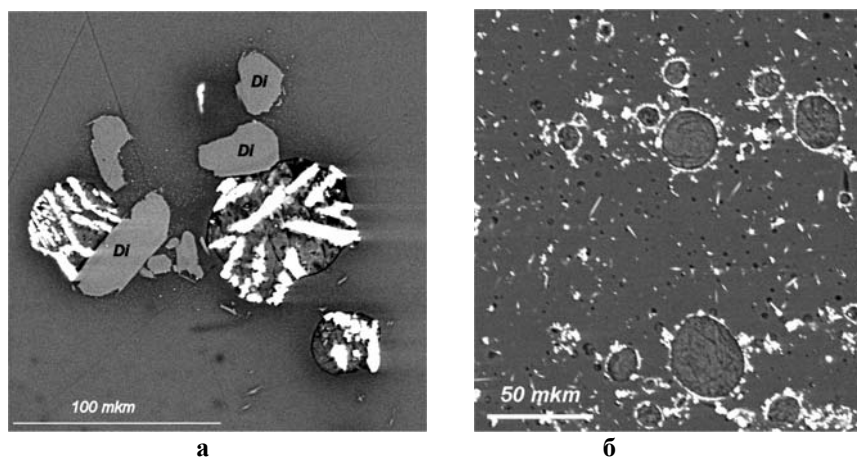


Рис.1. Сульфатные капли в алюмосиликатной матрице, полученные экспериментально в системе силикатный расплав - водно-сульфатный флюид при $T=1250^{\circ}\text{C}$ и $P=2$ кбар: а – в системе с Ba и Sr; б – в системе с REE. Фотографии сделаны в отраженных электронах

Экспериментальные исследования в системе щелочной силикатный расплав - водно-сульфатный флюид, содержащей REE, показали, что ни сульфатная фаза, ни низкоконцентрированный водно-сульфатный флюид не содержат значительных концентраций редких элементов, которые концентрируются в мелкокристаллической фазе, содержащейся в силикатном расплаве (рис. 1б). В растворе содержания REE составляют: La - $3.7 \cdot 10^{-6}$ мас.%, Ce - $2 \cdot 10^{-6}$ мас.%, Y - $5.6 \cdot 10^{-7}$ мас.%, Dy - $5.7 \cdot 10^{-7}$ мас.%. Это свидетельствует о неэффективности сульфатной рудной экстракции для извлечения из расплава редкоземельных элементов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что низкоконцентрированный водно-сульфатный флюид не может быть эффективным концентратором и транспортером таких элементов, как Sr, Ba и REE. Однако наши эксперименты выявляют эффективность плотной сульфатной фазы для извлечения из расплава таких элементов, как Sr и Ba. Это подтверждает недостаточно эффективную роль гидротермальных растворов в формировании рудных месторождений, в то время как важную рудогенерирующую роль приобретают плотные солевые фазы, возникающие при развитии жидкостной неоднородности флюидно-магматических систем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-05-00217

Литература

1. Маракушев А.А., Граменицкий Е.Н., Коротаев М.Ю. Петрологическая модель эндогенного рудообразования // Геология рудн. месторождений. 1983. № 1. С. 3-21.
2. Чевычелов В.Ю. Распределение полиметаллов между гранитоидным расплавом, флюидо-солевой и флюидной фазами // Докл. РАН. 1992. Т. 325. № 2. С. 378-381.
3. Маракушев А.А., Шаповалов Ю.Б. Экспериментальное исследование рудной концентрации во фторидных гранитных системах // Петрология. 1994. Т. 2. № 1. С. 4-23.
4. Сук Н.И. Поведение рудных элементов (W, Sn, Ti и Zr) в расслаивающихся силикатно-солевых системах // Петрология. 1997. Т.5. № 1. С. 23-31.
5. Сук Н.И. Экспериментальное исследование несмесимости силикатно-карбонатных систем // Петрология. 2001. Т. 9. № 5. С. 547-558.
6. Сук Н.И. Экспериментальное исследование карбонатно-силикатной несмесимости в связи с образованием барий-стронциевых карбонатитов // Петрология. 2003. Т. 11. № 4. С. 443-448.
7. Равич М.И. Водно-солевые системы при повышенных температурах и давлениях // М.: Наука. 1974.
8. Валяшко В.М. Фазовые равновесия и свойства гидротермальных систем // М.: Наука. 1990. 270 с.

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009
При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала,
ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна