

УДК 550.4.02

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В КВАРЦЕ: ПРОВЕРКА НА АДЕКВАТНОСТЬ ЗАХВАТА РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Котельников А.Р.¹, Дамдинов Б.Б.², Дамдинова Л.Б.², Брянский Н.В.³,
Ахмеджанова Г.М.¹, Сук Н.И.¹

¹Институт экспериментальной минералогии им. Д.С.Коржинского РАН, Черноголовка, Московская область; ²Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Республика Бурятия; ³Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск (kotelnik@iem.ac.ru, damdinov@mail.ru, trdigron@yandex.ru)

SYNTHETIC FLUID INCLUSIONS IN QUARTZ: A CHECK FOR THE ADEQUACY OF CAPTURE OF ORE ELEMENTS

Kotelnikov A.R.¹, Damdinov B.B.², Damdinova L.B.², Bryanskiy N.V.³,
Akhmedzhanova G.M.¹, Suk N.I.¹

¹D.S. Korzhinsky Institute of Experimental Mineralogy RAS, Chernogolovka Moscow district; ²Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, The Republic of Buryatia; ³A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk (kotelnik@iem.ac.ru, damdinov@mail.ru, trdigron@yandex.ru).

Abstract. The synthesis of fluid inclusions in quartz under hydrothermal conditions at 650°C and 2 kbar was carried out. PT parameters were selected so that the fluid was in a homogeneous state during the experiment. The experiments were carried out by the method of capturing the fluid phase when healing cracks in specially prepared columns of quartz. The initial composition of the solutions was specified by mixtures of 1 M KCl ± (1 M NaCl) ± (0.1 M CuSO₄) ± (0.1 M ZnCl₂) ± (0.1 M Ni (NO₃)₂) ± (0.1 M Zn (NO₃)₂) taken in certain quantities. In the initial solutions, the Cu/K, Zn/K, and Ni/K ratios varied from 0.017 to 0.019. According to preliminary data on the analysis of synthetic fluid inclusions by laser ablation, it was shown that the ratio Cu/K, Zn/K, Ni/K in the captured fluid portions varied from 0.015 to 0.024, which is close to the values specified in the initial solutions.

Keywords: fluid, synthetic fluid inclusions, hydrothermal conditions, ore elements

Изучение флюидных включений (ФВ) в минералах поставляет неоценимую по своему значению информацию о ТРХ-условиях минерало- и петрогенеза. Одним из основных вопросов при исследовании ФВ является адекватность захвата минералообразующего флюида: то есть насколько состав и фазовые соотношения при микротермометрическом исследовании флюида в изучаемом включении будут отражать реальные значения. Обзор экспериментальных исследований по проблеме адекватности захвата ФВ приведен в работе (Котельникова, 2001). Можно отметить, что экспериментально доказана адекватность захвата для включений систем: вода; вода – соль; вода – углекислота и вода – соль – углекислота. Более сложным вопросом являются постзахватные изменения включений под воздействием варьирования ТРХ-параметров. Было показано, что составы ФВ могут меняться при изменении температуры и давления. Тем не менее, тщательное исследование ФВ в природных парагенезисах позволяет достоверно изучать эволюцию геологических процессов. Экспериментальные исследования бинарных систем H₂O – NaCl; H₂O – CO₂ и тройной системы H₂O – CO₂ – NaCl проводили различными методами: (1) PVT – исследований; (2) пробоотбора; (3) синтетических флюидных включений. Зная свойства флюидов системы H₂O – CO₂ – NaCl мы можем: 1) изучая флюидные включения методом крио- и термометрии оценивать соленость флюида, его плотность, различными методами оценивать составы газовой и солевой компоненты; 2) в сочетании с анализом парагенезисов и расчетами равновесий минерал – флюид можно определять ТР-параметры процессов петро- и минералогенеза, рассчитать составы газовой фазы; 3) на основании полученных данных оценить эволюцию ТРХ-параметров различных геологических процессов. Развитие современных методов исследования ФВ методом лазерной абляции (вскрытие включений и испарение содержимого) и ICP MS анализа, ввиду его высокой чувствительности позволяет определять содержания рудных компонентов. Однако экспериментальная проверка данного метода еще не проводилась. С этой целью мы решили синтезировать искусственные ФВ в кварце в системе вода – соль (с добавками различных рудных элементов). При этом для лучшей достоверности и интерпретации полученных результатов синтез ФВ должен был проводиться из гомогенного флюида.

Для этого был проведен синтез флюидных включений в кварце в гидротермальных условиях при 650°C и давлении 2 кбар. РТ-параметры были подобраны так, чтобы флюид системы H₂O – KCl в

процессе опыта находился в гомогенном состоянии. Опыты проводили методом захвата флюидной фазы при залечивании трещин в специально подготовленных столбиках кварца. Размеры столбиков составляли $\sim 5 \times 4 \times 20$ мм, масса варьировала от 400 до 1500 мГ. Исходный состав растворов задавали смесями $1\text{M KCl} \pm (1\text{M NaCl}) \pm (0.1\text{M CuSO}_4) \pm (0.1\text{M ZnCl}_2) \pm (0.1\text{M Ni(NO}_3)_2) \pm (0.1\text{M Zn(NO}_3)_2)$, взятыми в определенных количествах. В исходных растворах отношения Cu/K, Zn/K, Ni/K варьировали от 0.017 до 0.019. Опыты проводили в золотых ампулах диаметром 5 мм, с толщиной стенок 0.2 мм. Для лучшего залечивания трещин в ампулы добавляли аморфный SiO_2 в количестве 10 мас.% от массы кварцевых столбиков. Продолжительность опытов составляла до 20 суток. После опытов столбики кварца полировали и исследовали методами микротермометрии на установке "Linkam". Показано, что плотность включений соответствует РТ-параметрам проведения опытов. Состав включений изучался методом лазерной абляции с последующим анализом паровой фазы на масс-спектрометре. Также выполняли анализ конечных растворов (после опытов) на содержания Na, K, Cu, Zn, Ni методом атомной абсорбции на приборе «Квант».

По предварительным данным анализа синтетических флюидных включений методом лазерной абляции показано, что соотношение Cu/K, Zn/K, Ni/K в захваченных порциях флюида варьировали от 0.015 до 0.024, что близко к заданным в исходных растворах.

Работа выполнена при поддержке программы АААА-А18-118020590151-3.

Литература

Котельникова З.А. Синтетические и природные флюидные включения как основа моделирования режима летучих при петрогенезе. Автореферат докт. диссер. Москва. 2001. 42 с.