

СИНТЕЗ В-Ф-СОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Котельникова З.А.(ИЛРАН), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Прокофьев В.Ю. (ИГЕМ РАН),
Перетяжко И.С. (ИГХ СО РАН)

kotelnikov@iem.ac.ru

Фтор и бор являются важными компонентами природных флюидов, элементами-минерализаторами, с присутствием которых связаны многие рудопроявления.

Экспериментальное изучение свойств фтор- содержащих флюидов показало, что в системе кварц-фторид натрия-вода имеются области сосуществования существенно водной и существенно силикатной (так называемого “тяжелого флюида”) жидкостей в равновесии с газовой или с твердой фазами. Синтез бор– фтор- содержащих включений позволит оценить Р-Т условия образования “тяжелого флюида” в случае присутствия во флюиде бора наряду со фтором; изучить составы захваченных включениями фаз.

Синтез включений в кварце методом залечивания трещин проводили при Р=2 кб и Т=800, 700°С в гидротермальных установках с внешним нагревом и холодным затвором; при Р=1 кб и Т=350-450°С - в автоклавах. Длительность опытов 19-38 суток.

Полученные результаты

В процессе опыта, как правило, происходила перекристаллизация поверхностной части образца кварца, в результате чего на ней появлялись зоны растворения и наросты. Синтетические флюидные включения располагались вдоль залеченных трещин и иногда – в наросшей части или вдоль ее границы. Включения имели форму различной степени совершенства, очень многие - форму негативного кристалла; размер – до нескольких десятков микрон. Оптические исследования показали:

1. Во всех образцах из опытов при 350 и 450°С встречаются только включения, содержащие жидкость и газ, что говорит о гомогенном состоянии флюида;

2. Включения, синтезированные при 800°С и Р=2 кб из бор-фтор- содержащих растворов могут содержать фазу “стекла” (или “тяжелого флюида”). При проведении опытов при более низких параметрах, а также в присутствии только борной кислоты эта фаза не образуется.

3. При отсутствии во флюиде фтора все параметры проведенных опытов лежат в области существования гомогенного флюида. Добавки фтора вызывают гетерогенизацию при 700-800°С.

Микротермометрия включений

Микротермометрические исследования флюидных включений проводились на микротермокамере ТНMSG-600 фирмы “Linkam”, позволяющей производить измерения температур фазовых переходов в интервале температур от –196 до 600°С и наблюдать за ними при больших увеличениях (объектив 80× фирмы “Olimpus”).

Температуры гомогенизации включений достаточно высоки, колеблются от приблизительно 370°С (для 700°С опытов) до 400°С (для 800°С опытов).

Криометрия показала, что в случае присутствия в растворе только борной кислоты наблюдается хорошее соответствие результатов измерения на включениях исходным в опыте данным. Например, при исходной концентрации в флюидообразующей смеси Н₃ВО₃ 12,0 мас% результаты криометрии дали 11,8 мас% (опыт 5411: 800°С. 2 кбар).

При введении дополнительно различных количеств фтора наблюдаются отклонения результатов криометрии от заданных составов. Причем, чем больше вводится фтора, тем сильнее могут быть отклонения. Например, при содержании в исходной смеси 12 мас% Н₃ВО₃ и 8 мас% NaF во включениях обнаружено 4,3 мас% Н₃ВО₃, а при составе исходной смеси 25 мас% Н₃ВО₃ и 2 мас% NaF криометрия определяет концентрацию бор 14,5 мас%. Все это говорит о том, что, по крайней мере, при низких температурах, бор связан с фтором в виде комплексных соединений. К сожалению, полученные результаты не дают ответ на вопрос, устойчивы ли эти комплексы при повышении температуры

Микрозондовые исследования

Для определения состава фазы “тяжелого флюида” проведено изучение стеклообразного вещества включений в образце 5407а на электронном микрозонде CAMEBAX Micro. Предпо-

ложительная потеря Na_2O в ходе анализа около 20 отн. %. Результаты анализа показали, что в них содержится 61-66 мас% SiO_2 ; 3-4% Na_2O ; около 1,5% F; до 1,5% CaO; около 0,2% K_2O . Стекла неоднородны по составу, о чем говорит наличие в них мелких неправильных выделений, вероятно кристаллитов. Наибольшая дисперсия концентраций характерна для фтора и натрия. Небольшой размер исследованных включений не позволил применить более широкий пучок зонда для изучения неоднородностей состава стеклообразной фазы. Значительный недостаток суммы в анализах (до 20 мас.%) приходится, вероятнее всего, на воду и бор. Проведен анализ закалочной фазы стекла на поверхности образца кварца. Фаза эта имеет сложную структуру: на кварцевой минеральной подложке располагается фаза закалочного стекла, в составе которого обнаружены Al, Na, следы Ca. F не обнаружен. Внешняя зона закалочной фазы состоит из брекчиевидной смеси вышеописанного стекла и частично раскристаллизованной фазы, содержащей фтор (около 1%) и более высокие концентрации Si, Al, Na, Ca, а также еще одной мелкодисперсной фазы, состав которой определить не удалось. Это, по нашему мнению, говорит о том, что закалка осуществлялась из гетерогенного флюида и фаза, обогащенная фтором, существует при более низкой температуре и не закаливается в виде стекла, а раскристаллизовывается.

Полученные результаты говорят о том, что фаза “тяжелого флюида”, которая во включениях фиксируется как прозрачное стекло, занимающее от 10 до 50 % объема включения, является существенно силикатной. Кроме того, в нее входит большое количество воды. Подтверждением этого является поведение включений при нагревании. Фаза “стекла” начинает пузыриться, отдельные пузыри медленно сливаются, увеличивая объем жидкости во включении. При охлаждении включения возвращаются в исходное состояние. Мы полагаем, что “стекло” состоит их гидросиликатов натрия, отщепляющих воду при нагреве.

Выводы

1. Присутствие во флюиде бора не вызывает радикальных изменений в фазовом состоянии флюида относительно чисто фторной системы. Наличие фтора, как в присутствии бора, так и без него, приводит к взаимодействию флюида с минералом-матрицей и появлению фазовых равновесий, характерных для систем второго (P-Q) типа.

2. В случае присутствия во флюиде только бора наблюдается хорошее соответствие результатов измерения на включениях исходным в опыте концентрациям борной кислоты.

3. При одновременном присутствии бора и фтора во флюиде измеренные во включениях концентрации борной кислоты существенно ниже заданных содержаний в опытах. Это явление может быть вызвано образованием фтор - борных комплексов.

4. Фаза “тяжелого флюида” обладает высокой экстрагирующей способностью: по-видимому, в ней все незначительные примеси в ампуле нашли себе приют.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 03-05-65027 и фундаментальной программы ОНЗ РАН №10 “Экспериментальные исследования физико-химических проблем геологических процессов”

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(22) 2004

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2004)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/informbul-1/hydroterm-8.pdf

Опубликовано 1 июля 2004 г

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2004

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна