

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ВОДНО-СИЛИКАТНО-ФТОРИДНЫХ СИСТЕМАХ

Котельникова З.А. (ИЛ РАН), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)

kotelnik@iem.ac.ru; факс: (095)-9535590; тел. (095)-953-5588

Мы синтезировали флюидные включения методом залечивания трещин в природном кварце при 500-800°C и P=0.5-2 кбар в растворах, содержащих NaF или NaF+NaCl.

Диаграмма состояния системы H₂O-NaF принадлежит ко второму типу: критические явления наблюдаются в насыщенных растворах. Трехфазные равновесия кристалл (S)+жидкость (L)+пар (V) или S+L₁+L₂ существуют при температурах ниже нижней (P) и выше верхней (Q) критических точек. В интервале P-Q не могут существовать ни критические явления ни трехфазные равновесия

Изотерма 500°C Включения, захваченные при P=500 содержали пар и жидкость. Иногда, в зависимости от исходной концентрации соли в флюидообразующей смеси Ю к пузырьку прилипали мелкие кристаллики.

При давлении 2 кбар в образцах были найдены трех- четырехфазные включения, содержащие при комнатной температуре помимо газа и жидкости фазу, напоминающую стекло (Gl). Граница этой фазы с жидкостью имела форму правильного мениска и по виду эти включения походили на природные расплавные. Но захватывались они при 500°C в гидротермальных условиях. Количество включений, содержащих фазу «стекла» невелико, от 2-3 до 10 на весь образец. При нагреве происходила гомогенизация флюидной части в жидкость, с фазой «стекла» никаких видимых изменений не наблюдалось вплоть до 400°C. Дальнейший нагрев не проводился во избежание вскрытия включений.

Кроме того в образцах встречены двухфазные газовой-жидкие (V+L) включения, гомогенизирующие в жидкость в интервале, перекрывающем температуры гомогенизации флюидной части многофазных включений с фазой «стекла». Разброс температур гомогенизации в указанных образцах довольно велик и достигал 20-30 градусов. Располагались эти включения не только вдоль частично залеченных трещин, но и в наростной, новообразованной части образца. Полученные результаты говорят о том, что при 500°C и P=2kbar началось активное взаимодействие флюида с кварцем, приводящее к образованию фторсиликатов и гидросиликатов натрия. Если при более низких давлениях оно и имело место, используемый экспериментальный метод не позволил его обнаружить. Таким образом, фактически при повышении температуры и давления нельзя уже говорить об изучаемой системе как бинарной H₂O-NaF, поскольку кварц уже не инертен, мы имеем дело с тройной системой H₂O-NaF-SiO₂.

При добавлении к NaF-флюиду растворов NaCl происходит гетерогенизация флюида на фазы L and V. Phase L чистой H₂O-NaCl системы содержит 32.2 мас% NaCl (температура растворения кристалла NaCl в V+L+S включениях 210°C). В нашем случае кристалл растворялся при 241-301°C, а общая температура гомогенизации равна 533-554°C. V+L включения гомогенизировались в G (392-454°C) и L (428-449°C). В случае дополнительного присутствия во флюиде NaCl давление, необходимое для появления фазы «стекла», снизилось до значений 500 бар.

Изобара 1000 бар. Во всех опытах до 700°C включительно обнаружены однотипные включения V+L (гомогенные условия), при 725°C – сосуществующие V+L и V+L+S (гетерогенные условия). Поскольку температура в точке Q – минимальная для верхней трехфазной области, T_Q для водных растворов NaF можно принять 710°C.

V+L включения, захваченные при 700° гомогенизировались в L при 376-378°C и 378-382°C в V: свидетельство близкритических параметров.

При давлении 1 кбар фаза G была найдена в образцах опытов, проведенных при температуре 750°C и выше.

При добавлении во флюид NaCl температура гомогенизации V+L включений выше, чем в чисто фторидных включениях, синтезированных в одинаковых условиях.

Изобара 2 кбар. Во всех образцах встречаются включения V+L. Кроме того, во всех образцах встречены включения с фазой Gl: V+L+ Gl и/или V+L+Gl+S, а в опыте 800°C еще и V+Gl. Нагревание таких включений, синтезированных при 500 и 700°C приводит к гомогенизации пара и жидкости при температурах, соответствующих интервалу температур гомогенизации сосуществующих V+L включений; с фазой Gl никаких изменений не отмечено. Как правило, вплоть до 500-550°C не наблюдалось также растворения кристаллической фазы.

Однако, во включениях, захваченных при температуре выше T_Q , в присутствии гетерогенного флюида, «стекло» ведет себя иначе. При 140-160°C на его поверхности появляется шагреневая поверхность, в некоторых случаях отчетливо видно, что происходит пузырение «стекла». При повышении температуры объем жидкой фазы растет за счет «стекла» и, частично, - газа. Это позволяет предположить, что в состав «стекла» входят кристаллогидраты, гидросиликаты натрия, отщепляющие воду при нагреве. Во включениях V+Gl +S вокруг газового пузыря при нагревании появляется жидкая оторочка. При температуре около 350°C в стекле происходят явления, подобные плавлению эвтектики: мгновенное плавление одной из фаз сопровождается появлением среди жидкости многочисленных кристалликов. При дальнейшем нагреве часть из них плавится, однако, около 400°C многие включения вскрываются.

При повышении параметров происходит взаимодействие кварца с флюидом с образованием гидросиликатов и фторсиликата. Таким образом, мы имеем дело с тройной системой с промежуточными компонентами. Для проведения экспериментов и интерпретации результатов необходимо обосновать выбор типа фазовой диаграммы. На образование одной молекулы малладрита идет в три раза больше фтора, чем натрия. Избыток натрия в виде NaOH будет присутствовать в системе. Это значительно облегчает выбор типа диаграммы состояния, поскольку система $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-H}_2\text{O}$ достаточно изучена. В этой системе возможны сосуществование двух несмешивающихся жидкостей с твердой фазой при очень низких температурах, ниже критической точки воды. Одна из этих жидкостей – водный раствор, другая – силикатный раствор-расплав, содержащий до 50 мас% (и более) SiO_2 . Гетерогенизированный при снижении давления флюид будет сохранять свое состояние при остывании до низких температур вплоть до критического а не трехфазного равновесия. Явления несмесимости (в присутствии твердой фазы или без нее) в системе широко развиты практически при всех параметрах магматического и постмагматического процесса.

Выводы.

1. Рассматриваемая система при высоких температурах и давлениях имеет щелочной характер флюида.

2. В трехкомпонентной системе $\text{H}_2\text{O-NaF-SiO}_2$ растворимость SiO_2 велика в широком диапазоне температур и давлений. Возможны равновесия $\text{V+L}_1\text{+L}_2\text{+S}_{\text{NaF}}$ или $\text{V+L}_1\text{+L}_2\text{+S}_{\text{SiO}_2}$, отсутствующие в граничных бинарных системах.

3. Растворимость кварца в фторсодержащих водных флюидах очень велика. Во включения захватывался, фактически, “тяжелый флюид”, который является низкотемпературным силикатным расплавом, содержащим большое количество воды.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(21) 2003

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2003 года (ЕСЭМПГ-2003)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbul-1/hydroterm-3.pdf

Опубликовано 15 июля 2003 г.

© Отделение наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2003

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