

## ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ТЕМПЕРАТУРУ СТАБИЛЬНОСТИ АМФИБОЛА В РАСПЛАВАХ

**А.П. Максимов**

Институт вулканической геологии и геохимии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 99-05-65495)

Вестник ОГГГН РАН № 5 (15)'2000 т.1

URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/5-2000/magm19](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/5-2000/magm19)

Проведенное нами ранее исследование показало, что закономерности поведения кривых плавления безводных силикатов хорошо описываются идеальной моделью растворения частиц воды в расплаве [1]. В данной работе с таких же позиций проделан теоретический анализ влияния концентрации воды в расплаве применительно к кристаллизации водной фазы на примере амфибола (Amph).

**Особенности поведения кривых стабильности амфибола.** При постоянном давлении кривая устойчивости Amph имеет температурный максимум в  $H_2O$ -недосыщенной области, в отличие от непрерывного падения температур ликвидуса безводных фаз. На P-T кривых плавления амфибола также имеются максимумы по температуре и по давлению, тогда как безводные силикаты имеют температурный минимум.

Наличие изобарического максимума по T объяснялось либо (1) сменой реакции, контролирующей устойчивость амфибола, с реакции гидратации на реакцию плавления, либо (2) изменением роли  $H_2O$  в реакции плавления с продукта реакции на реагент в точке максимума по мере увеличения активности воды [2, 3, 5].

**Схематическое уравнение и результаты его анализа.** Для описания поведения водной фазы в расплаве использован подход к расплаву как к идеальному раствору. На основании схематической реакции кристаллизации амфибола, используя традиционное выражение для константы равновесия реакции, получено уравнение, описывающее в общем виде влияние воды на температуру равновесия амфибол-расплав. Полученное уравнение предсказывает наличие максимума и позволяет оценить его положение. Концентрация воды в точке максимума не зависит от формы ее нахождения в расплаве. Наличие изобарического температурного максимума устойчивости амфибола объясняется двояким влиянием воды на его равновесие с расплавом: с одной стороны, в соответствии с реакцией кристаллизации вода повышает стабильность амфибола, с другой, растворяясь в расплаве, она понижает мольные доли силикатных компонентов, входящих в состав амфибола, тем самым понижая его устойчивость. Следует отметить, что недавно М.Гиорсо [4] исходя из той же концепции, но несколько иным образом, уже провел подобный анализ и наши выводы во многом аналогичны.

**Количественное приложение на примере системы паргасит- $H_2O$ - $CO_2$ .** Для количественной оценки приемлемости данного подхода использованы экспериментальные результаты по

системе паргасит- вода- $CO_2$  [5]. За основу для вычисления коэффициентов уравнения взяты кривые стабильности паргасита при 5 и 8 кбар, для которых в [5] приведены концентрации воды в расплаве. Результаты наших расчетов при давлениях от 2 до 10 кбар представлены на графиках (рис.1 и 2). Использовалась та же модель растворимости воды в расплаве, как в [5]. Расчетные кривые полностью воспроизводят все особенности поведения экспериментальных кривых и хорошо согласуются с ними с точки зрения абсолютного положения.

**Результаты обработки экспериментальных данных.** Конечной целью данной работы является разработка уравнений, описывающих поведение реальных амфиболов в природных расплавах. В качестве первого шага мы применили описанный подход для вывода уравнений кристаллизации тремолита и паргасита, используя экспериментальную информацию из базы ИНФОРЕКС [6]. Основная трудность при анализе равновесий с амфиболом заключена в сложности оценки мольных долей и активностей его минералов. Ввиду отсутствия однозначности в этом, приходится принимать ряд допущений и надеяться на то, что единая схема расчета при выводе уравнения и его последующем использовании снижает погрешности. Расчет концентраций воды в расплаве велся по модифицированной модели Бернема [7]. Было проанализировано несколько различных вариантов равновесий амфибол-расплав. Средние отклонения расчетных температур от экспериментальных составляют около  $35^{\circ}$ . Расчеты на гидроксильную и молекулярную формы нахождения воды в расплаве дали практически идентичные результаты с точки зрения рассчитанных температур и их соответствия экспериментальным. Также не привело к улучшению результатов и изменение предполагаемого числа частиц силиката в расплаве. Примечательно, что температуры, рассчитанные по равновесиям для тремолита и паргасита, как правило, достаточно близки.

**Выводы.** Результаты проведенного анализа показывают, что поведение амфибола в расплаве можно описать в рамках идеальной модели растворения воды. Влиянием коэффициентов активности компонентов расплава в первом приближении можно пренебречь. Недостаточная точность результатов для природных составов может означать влияние сложности расчета структурной формулы амфибола. Однако, по-видимому, в модель необходимо ввести важные коррективы. В этой связи, думается, что надо в первую очередь

обратить внимание на наличие максимумов стабильности амфибола по давлению и температуре в P-T координатах, которые, вероятно, обусловлены изменением объемного эффекта реакции с давлением.

1. Maximov A.P. Influence of water on the mineral-melt equilibria: effect of dilution. *Experiment in Geosciences*, 1996, **5**, №2, 14-15.
2. Eggler D.H. Amphibole stability in H<sub>2</sub>O-undersaturated calc-alkaline melts. *Earth Planet.Sci.Lett.*, 1972, **15**, 28-34.
3. Helz R.T. Phase relations and compositions of amphiboles produced in studies of the melting behavior of rocks. *Reviews in Mineralogy*, 1982, **9B**, 279-347.
4. Ghiorso M.S. On the stability relations of hydrous minerals in water-undersaturated magmas. *Amer. Miner.*, 1999, **84**, 1505-1511.
5. Holloway J.R. The system pargasite-H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>: a model for melting of a hydrous mineral with a mixed-volatile fluid – I. Experimental results to 8 kbar. *Geochim. Cosmochim.Acta*, 1973, **37**, 651-666.
6. Арискин А.А., Мешалкин С.С., Альмеев Р.Р., Бармина Г.С., Николаев Г.С. Информационно-поисковая система ИНФОРЕКС: анализ и обработка экспериментальных данных по фазовым равновесиям изверженных пород. *Петрология*, 1997, **5**, №1, 32-41.
7. Burnham C.W. Development of the Burnham model for prediction of the H<sub>2</sub>O solubility in magmas. *Reviews in Mineralogy*, 1994, **30**, 123-129.

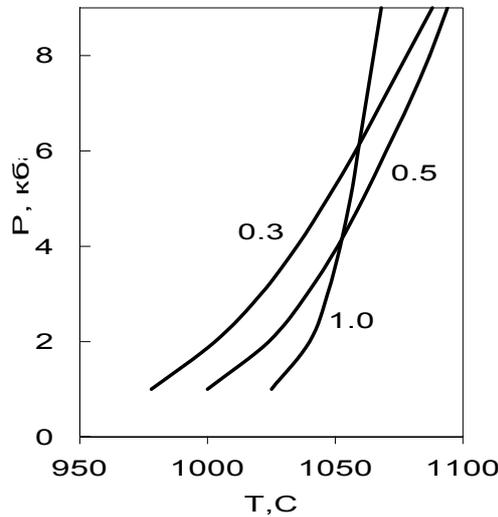


Рис.1. P-T кривые стабильности паргасита при разных мольных долях воды в паре.

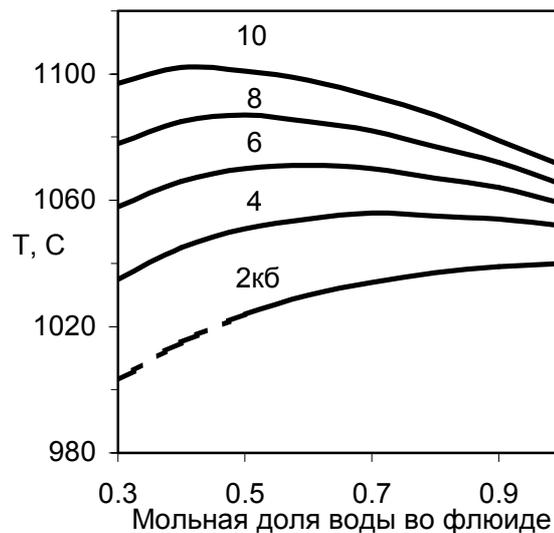


Рис. 2. Верхний предел стабильности паргасита по температуре в зависимости от мольной доли воды в паре при разных давлениях.