

УДК 552.3+551.49

ПЕТРОГРАФИЯ

А. Д. КУЗНЕЦОВ, М. Б. ЭПЕЛЬБАУМ

ИЗМЕНЕНИЕ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ КВАРЦ + ОРТОКЛАЗ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНОЙ КИСЛОТНОСТИ РАВНОВЕСНОГО ФЛЮИДА

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 16 I 1975)

Изменение эвтектических и котектических отношений в зависимости от основности расплавов является теоретически и петрологически важным следствием эффекта кислотно-основного взаимодействия компонентов в расплавах, установленного Д. С. Коржинским ⁽¹⁾. Несмотря на это, работ, посвященных экспериментальному изучению этого эффекта ⁽²⁻⁴⁾, явно недостаточно. Большой интерес представляет недавняя работа Куширо ⁽⁵⁾, в которой изучалось влияние добавок различных окислов на смещения линий ликвидуса в основных бинарных системах (главным образом при 1 атм.). Эти смещения также обусловлены кислотно-основным взаимодействием, хотя не рассматриваются автором с этой точки зрения. Однако это исследование относится к закрытым системам, т. е. здесь изменение основности расплава происходит путем введения в изучаемую систему дополнительного инертного компонента. По существу эта работа сводится к изучению областей двойной эвтектики в соответствующих тройных системах, что уже было рассмотрено Д. С. Коржинским (⁽¹⁾ и др.) на основании анализа имеющихся диаграмм плавкости силикатных систем.

Более интересным представляется экспериментальное изучение эвтектических отношений в системах, где основность задается не путем изменения валового состава расплава, а кислотностью равновесного с ним флюида (видом и концентрацией летучего компонента). При этом, при соответствующем выборе соотношения флюид:расплав, можно считать систему открытой в отношении летучего компонента, поскольку ограниченная его растворимость обуславливает относительное постоянство химического потенциала летучего компонента во флюиде. Это дало бы возможность больше приблизиться к широко распространенным в природе случаям открытых магматических систем, в которых кислотность — основность расплавов регулируется химическими потенциалами вполне подвижных компонентов (воды, щелочей и летучих кислот) в сквозьмагматических флюидах.

С этой целью предпринято изучение ликвидусных отношений в системе кварц+ортоклаз (упрощенная гранитная система) в присутствии растворов HCl и NH₄OH. Опыты проводили на экзоклавной установке таттловского типа при $P_{\text{общ}} = P_{\text{фл}} = 1000 \pm 20$ атм. Температуру измеряли хромель-алюмелевыми термопарами с точностью $\pm 5^\circ \text{C}$, поддерживая постоянной в пределах $\pm 5^\circ$; давление — манометрами типа СВ. В качестве исходных материалов использовали чистый обезвоженный аморфный кремнезем (кристаллизующийся в гидротермальных условиях) и природный ортоклаз, который очищали от Na при помощи обработки в расплаве KCl при 900° (до 0,1% Na₂O). Исходные смеси помещали вместе с дистиллированной водой или растворами соответственно в платиновые или золотые ампулы, которые после этого заваривали. Определение температуры солидуса производили термоградиентным методом, заключавшимся в следующем. Внутри реактора выбирали градиентную зону, и в ней при помощи блока

из четырех термопар устанавливали распределение температур при нескольких задаваемых по наружной термопаре температурах (рис. 1). Затем в эту зону вводили специальный контейнер, изготовленный таким образом, чтобы по теплофизическим свойствам он максимально походил на термопарный блок. В просверленные горизонтально в этом контейнере отверстия (ячейки) помещали ампулы с исследуемым веществом. В зависимости от объекта изучения выбирали подходящую режимную температуру, контролируруемую по наружной термопаре, и термопаре, подведенной через контейнер снизу. Температуру солидуса устанавливали по первому появлению стекла в закаленных образцах. Продолжительность опытов обычно составляла от нескольких часов до 1–2 суток. Контрольные опыты с солями-реллерами (NaCl , CaCl_2 , KBr) показали, что распределение температур в опыте отвечает установленному при помощи термопарного блока. Точность определения температуры солидуса этим методом оценена в $\pm 5^\circ$. Состав эвтектики определяли по результатам рентгенофазового анализа закаленных образцов (ТХ-сечения через 2,5 вес. %). Продолжительность этих опытов, выбранная после изучения кинетики достижения равновесия, составляла 3 недели.

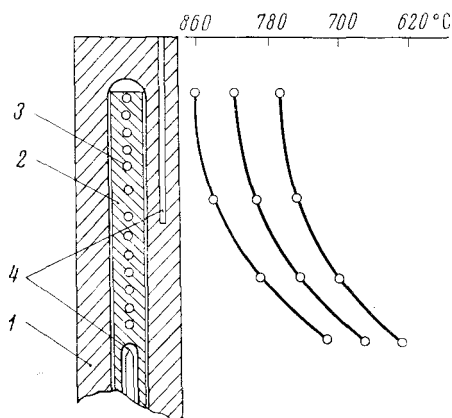


Рис. 1. Схема термоградиентного устройства для определения температур солидуса и распределение температур по длине контейнера. 1 – реактор, 2 – контейнер, 3 – ячейки для ампул, 4 – контролирующие термопары

за закаленных образцов (ТХ-сечения через 2,5 вес. %). Продолжительность этих опытов, выбранная после изучения кинетики достижения равновесия, составляла 3 недели.

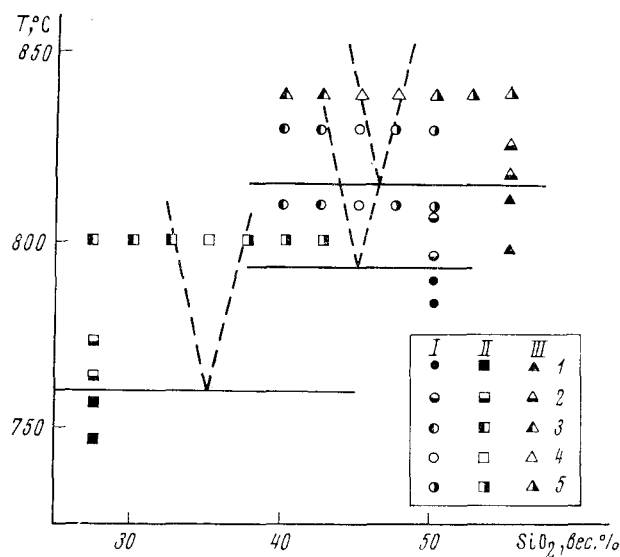


Рис. 2. Смещение состава и температуры эвтектики кварц + ортоклаз при $P_{\text{общ}} = 1000$ атм. в зависимости от кислотности равновесного флюида. Состав флюида: I – H_2O ; II – 22% раствор HCl ; III – 25% раствор NH_4OH . 1 – кварц + ортоклаз, 2 – кварц + ортоклаз + стекло, 3 – ортоклаз + стекло, 4 – стекло, 5 – кварц + стекло

Результаты опытов в системах кварц + ортоклаз + H_2O , кварц + ортоклаз + 6 M раствор HCl и кварц + ортоклаз + 25% раствор NH_4OH показаны

на рис. 2. Как видно, наши данные по температуре и составу кварц-ортоклазовой эвтектики при $P_{\text{общ}} = P_{\text{H}_2\text{O}} = 1000$ атм. почти в точности совпадают с данными Шоу (⁶). В случае 6 М (~22%) раствора HCl температура солидуса понижается на 35°, а эвтектика сдвигается на 10 вес.% в сторону ортоклаза. Предварительные данные по системе кварц+ортоклаз+25% раствор NH₄OH показывают, что добавление NH₄OH вызывает увеличение температуры солидуса на 20° и небольшое смещение эвтектики в сторону кварца по сравнению с системой кварц+ортоклаз+H₂O. Все эти результаты находятся в полном соответствии с правилом кислотно-основного взаимодействия компонентов в условиях открытых систем, когда основность расплава регулируется кислотностью сосуществующего флюида. По нашему мнению, приводимые данные могут рассматриваться как экспериментальное доказательство реальности развиваемых Д. С. Коржинским (⁷⁻⁹) представлений об апоэвтектических магмах. Обогащение кислотными летучими (в частности, HCl) остаточного расплава должно, в соответствии с полученными результатами, существенно расширять поле кристаллизации кварца, что вызовет его более раннее выделение из расплава (как это наблюдается в аплитах). Отмеченные закономерности, несомненно, интересны и нуждаются в дальнейшем экспериментальном изучении.

Авторы благодарны В. А. Жарикову за постоянный интерес и консультации в процессе работы.

Институт экспериментальной минералогии
академии наук СССР
Черноголовка Московской обл.

Поступило
25 XII 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. С. Коржинский, ДАН, т. 128, № 2 (1959). ² И. Е. Евтюхина, Л. Н. Когарко и др., ДАН, т. 175, № 6 (1967). ³ И. Д. Рябчиков, ДАН, т. 149, № 5 (1963). ⁴ Н. Ф. Челищев, В. А. Кузнецов, Ю. П. Диков, ДАН, т. 152, № 3 (1963). ⁵ I. Kushiro, Carn. Inst. Wash. Yearb., 1973, p. 72. ⁶ H. R. Shaw, Am. Mineral., v. 48, № 5-6 (1963). ⁷ Д. С. Коржинский, Тр. II петрогр. совещ., 1960. ⁸ Д. С. Коржинский, Тр. IV петрогр. совещ., 1972. ⁹ Д. С. Коржинский, Изв. АН СССР, сер. геол., № 12 (1973).