

Влияние давления на растворимость N–C–H–O летучих в расплавах состава FeO–Na₂O–SiO₂–Al₂O₃ при 1400–1550 °C

А. А. Кадик¹, Н. А. Куровская¹, Ю. А. Игнатьев¹, Н. Н. Кононкова¹, В. В. Колташев², В. Г. Плотниченко²

¹ Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва

kadik@geokhi.ru; тел.: +7 (499) 137 7200 факс.: +7 (495) 938 2054

² Научный центр волоконной оптики РАН, Москва

Ключевые слова: эксперимент, растворимость летучих, силикатный расплав, летучесть кислорода

Ссылка: Кадик, А. А., Н. А. Куровская, Ю. А. Игнатьев, Н. Н. Кононкова, В. В. Колташев, В. Г. Плотниченко (2011), Влияние давления на растворимость N–C–H–O летучих в расплавах состава FeO–Na₂O–SiO₂–Al₂O₃ при 1400–1550 °C, *Вестник ОНЗ РАН*, 3, NZ6032, doi:10.2205/2011NZ000162.

Проведен анализ экспериментальных исследований [Кадик и др., 2011; Kadik et al., 2011] по растворимости азота и углерода в модельных расплавах состава NaAlSi₃O₈(80 мас.%) + FeO(20 мас.%) при давлениях 1.5 и 4 ГПа, температурах 1400 и 1550 °C соответственно с целью выявления влияния давления на растворимость и виды растворенных форм N–C–H–O летучих в исследуемых расплавах в области низких значений летучести кислорода (fO_2), которые характерны для T–P– fO_2 условий стабильности металлической фазы железа в равновесии с силикатным веществом ранней мантии Земли ($\Delta \lg fO_2(IW) = -2.1 \sim -3.7$, где $\Delta \lg fO_2(IW) = \lg fO_2(IW) - \lg fO_2^{эксп.}$ – разница между летучестью кислорода буферного равновесия Fe–FeO (IW) и летучестью кислорода в экспериментах соответственно). Давление, наряду с fO_2 , является фактором, который может влиять на формирование N–C–H–O комплексов в восстановленных магматических расплавах, однако характер этого влияния остается малоизученным.

Эксперименты при 1.5 ГПа и 1400 °C [Кадик и др., 2011] выполнены на установке типа цилиндр–поршень [Слуцкий, 1962], при 4 ГПа и 1550 °C [Kadik et al., 2011] – на установке anvильного типа в условиях контролируемой летучести водорода [Литвин, 1981; Kadik et al., 2004]. Температура контролировалась Pt–Pt₁₀Rh термопарой с точностью $\pm(5-10)$ °C, неопределенность в измерении давления составляла ± 0.1 ГПа. В обоих случаях образцы помещались в Pt ампулу диаметром 5 мм, высотой 10–15 мм. Снизу образца помещался графитовый диск толщиной 0.2 мм. Для исключения взаимодействия между железосодержащим расплавом и стенками Pt ампулы образцы изолировались вольфрамовой фольгой толщиной 0.05 мм [Литвин, 1981]. Длительность опытов составляла 120 мин. при 1.5 ГПа и 30–60 мин. при 4 ГПа. Исходный материал представлял собой тонкодисперсную смесь синтезированного альбитового стекла NaAlSi₃O₈(80 мас.%) и окиси железа FeO(20 мас.%). В качестве источника азота в системе и для создания низких значений fO_2 в экспериментах использовался порошкообразный нитрид кремния Si₃N₄ в количествах 1, 3, 5 и 7 мас.%. Углерод не являлся компонентом исходной смеси. Предполагается, что во время экспериментов он диффундировал от графитового диска, помещенного в Pt ампулу под образцом.

Продукты экспериментов, представляющие собой стекла, содержащие капли Fe размером 30–100 мкм, анализировались методами электронного микронзондового анализа и Рамановской спектроскопии (КР–спектроскопии).

Анализ результатов показывает, что при одном и том же значении летучести кислорода растворимость азота и углерода при 4 ГПа выше по сравнению с растворимостью при 1.5 ГПа (рис. 1).

Это различие особенно существенно для азота при низких значениях fO_2 ($\Delta \lg fO_2(IW) = -4$), для углерода – при более высоких значениях fO_2 ($\Delta \lg fO_2(IW) = -2$). Так растворимость азота при 1.5 и 4 ГПа, $\Delta \lg fO_2(IW) = -2$ составляет 0.6 и 1.7 мас.% соответственно, при $\Delta \lg fO_2(IW) = -4$ составляет 1.5 и 4.1 мас.% соответственно.

Установлено, что давление не влияет на формы растворения N–C–H–O летучих в исследуемом расплаве. При 1.5 и 4 ГПа образуются идентичные комплексы N–H (NH₃, NH₂⁻, NH₂⁺), O–H (OH⁻, H₂O), C–H (CH₄) и молекулярные N₂ и H₂ (рис. 2).

Однако давление влияет на соотношение растворенных форм, особенно при низких значениях fO_2 : при 4 ГПа, значениях $\Delta \lg fO_2(IW) = -3.5$ растворимость водорода в виде окисленных форм O–H (OH⁻, H₂O) незначительна по сравнению с 1.5 ГПа, а растворимость в виде соединений со связью типа N–H значительно возрастает.

Таким образом, давление, наряду с fO_2 , является фактором, который существенно влияет на

КАДИК И ДР.: N–C–H–O ЛЕТУЧИЕ В РАСПЛАВАХ СОСТАВА FeO–Na₂O–SiO₂–Al₂O₃
 формирование N–C–H–O комплексов в восстановленных магматических расплавах.

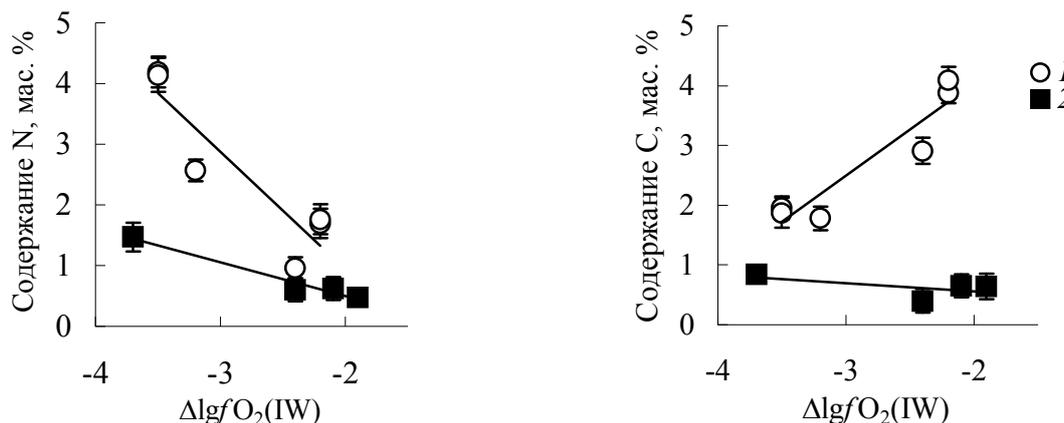


Рис.1. Растворимость азота и углерода в расплавах NaAlSi₃O₈(80мас.%) + FeO(20мас.%) в зависимости от давления и летучести кислорода: 1- 4ГПа, 1550°С; 2 - 1.5ГПа, 1400°С.

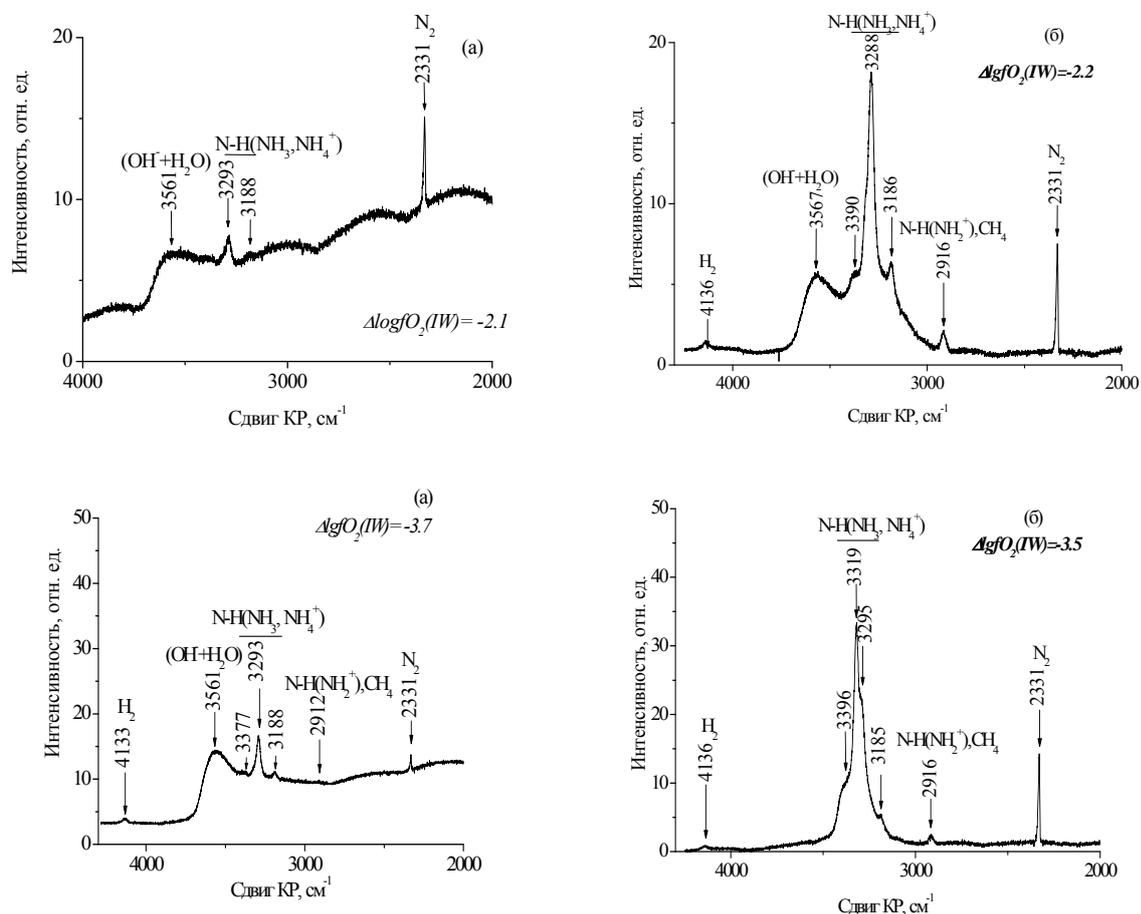


Рис. 2. КР–спектры N–C–H–O содержащих стекол: а)P=1.5ГПа, t=1400°С; б)P=4 ГПа, t=1550°С.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-05-00926, Программы ОНЗ РАН №8

Литература

Кадик А. А., Куровская Н. А., Игнатъев Ю. А., Кононкова Н. Н., Колташев В. В., Плотниченко В. Г. Влияние летучести кислорода на растворимость азота, углерода и водорода в расплавах FeO–Na₂O–SiO₂–Al₂O₃, равновесных с металлической фазой железа при 1.5 ГПа и 1400°С (2011), *Геохимия*. № 10. С. 451–461.

Литвин Ю. А. К методике исследования при высоком давлении фазовых равновесий с участием железосодержащих магматических расплавов, (1981) *Геохимия*. № 8. С. 1234–1242.

КАДИК И ДР.: N–C–H–O ЛЕТУЧИЕ В РАСПЛАВАХ СОСТАВА FeO–Na₂O–SiO₂–Al₂O₃

Слуцкий А. Б. Установка для геохимических исследований в условиях сверхвысоких давлений и повышенных температур, (1962) *Сб. Экспериментальные исследования в области глубинных процессов*. М.: Изд-во Академии наук СССР. С. 212–215.

Kadik A. A. & Litvin Yu. A., Koltashev V. V., Kryukova E. B., Plotnichenko V. G., Tsekhonya T. I., Kononkova N. N. *PEPI*. 2011 (in press.).

Kadik A. A., Pineau F., Litvin Yu. A., Jendrzewski N., Martinez I., Javoy M. Formation of carbon and hydrogen species in magmas at low oxygen fugacity, (2004) *Journal of Petrology*, *V. 45*. № 7. P. 1297–1310.