

Физико-химические условия аккумуляции железосульфидных фаз в силикатных расплавах при частичном плавлении

Е. Б. Лебедев¹, И. А. Рощина¹, Н. Н. Кононкова¹, Е. А. Зевакин¹, В. В. Аверин²

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

²Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва

leb@geokhi.ru

Моделирование проводится на высокотемпературной центрифуге при температурах 1440–1460°C и при регулируемом потенциале кислорода, при высокой степени извлечения железа из силикатного расплава. Расчеты значений летучести кислорода были также выполнены на основании химического состава фаз закаленных образцов после опытов, используя эмпирическую зависимость, и по программе «Терра».

Ключевые слова: экспериментальное изучение, магматические расплавы, металлические фазы, аккумуляция, сегрегация, фугитивность кислорода, расчеты

Ссылка: Лебедев, Е. Б., И. А. Рощина, Н. Н. Кононкова, Е. А. Зевакин, В. В. Аверин. Физико-химические условия аккумуляции железосульфидных фаз в силикатных расплавах при частичном плавлении, *Вестник ОНЗ РАН*, 4, NZ9001, doi:10.2205/2012NZ_ASEMPG

Как предполагается, на ранних этапах эволюции планетных тел процессы дифференциации магматических расплавов, аккумуляция и сегрегация металлических фаз и разделения сидерофильных элементов происходили при высокой температуре и низкой летучести кислорода, на несколько порядков ниже значений буфера железо-вюстит (IW), $\Delta \log fO_2(IW) = \sim -(4.5-5.5)$. Процессы магматической дифференциации обладают сложной динамикой. При экспериментальном изучении возможных механизмов образования металлических ядер планетных тел (Луны) наибольшие сложности возникают при аккумуляции металлических фаз в частично расплавленном модельном планетарном веществе, особенно при максимальном извлечении малых количеств металлической фазы [Лебедев, Галимов, 2012]. Моделирование проводится на высокотемпературной центрифуге при температурах 1440–1460°C и при регулируемом потенциале кислорода. При высокой степени извлечения железа (до 0.16% FeO) из силикатного расплава оливин может превратиться практически в форстерит, силикатная фаза превращается практически в безжелезистый расплав. Это свидетельствует о том, что химический состав продуктов эксперимента соответствует высокой восстановленности фаз. Расчеты Кадика А.А. также показывают высокие восстановительные условия [Кадик, 2008].

Расчеты значений летучести кислорода (fO_2 , рис.1) были также выполнены на основании химического состава фаз закаленных образцов после опытов, используя эмпирическую зависимость Арискина и др. [Арискин и др., 1992]: $\log fO_2 = -22446.53/T + 1.948[\lg (X_{FeO}) - s]$, где: s – параметры регрессии, X_i – компоненты силикатного расплава в виде окислов (мол. %). Полученные значения летучести кислорода $\Delta \log fO_2(IW) = -(5.8 \pm 0.3)$ соответствуют 0.16% FeO.

График зависимости концентрации P (атм) $O_2 - T$ для исходного состава (рис. 2): $(SiO_2 - 57.81) + (MgO - 16.59) + (FeO - 0.16) + (Al_2O_3 - 11.71) + (CaO - 7.37) + (TiO_2 - 0.38) + (ZrO_2 - 3.79) + (C - 0.3) + (S - 0.65) + (P - 0.2)$

В основу использованного метода по программе «Терра» [Трусов, 2002] положен принцип максимума энтропии, который справедлив в соответствии со вторым началом термодинамики для любой равновесной системы независимо от пути, по которому система достигла равновесия.

Программа позволяет отображать концентрации реагирующих продуктов реакции в различных шкалах: в массовых долях (мол.%), парциальные давления реакции в М-Пас или атмосферах.

Оба метода расчета летучести кислорода для экспериментальных данных показывают близкие значения.

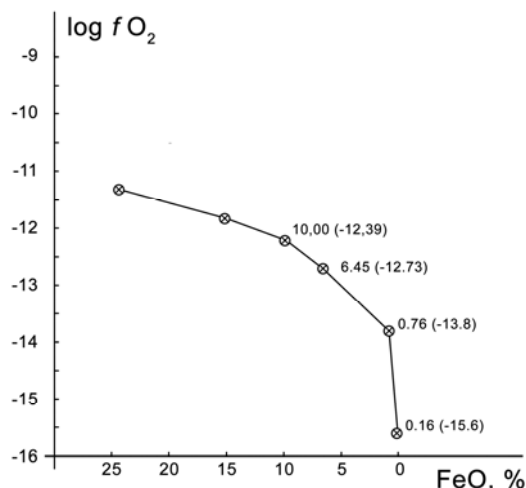


Рис. 1. Зависимость летучести кислорода в зависимости от содержания железа в расплаве, $T=1440^{\circ}\text{C}$

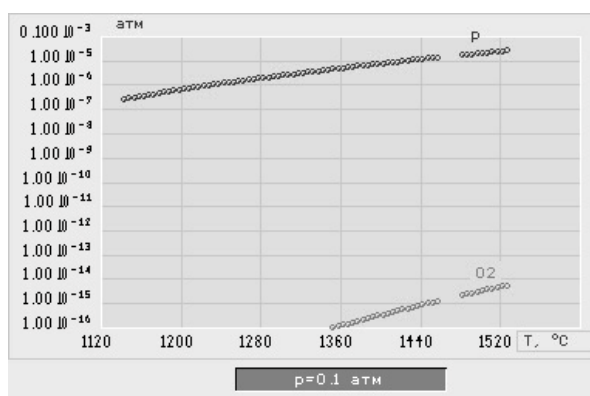


Рис. 2. Зависимость летучести кислорода в модельном расплаве

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранта 07-05-00630 и гранта по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 24.

Литература

- Аверин, В. В. (2007). Термодинамическое моделирование взаимодействия водорода с оксидами титана, *Технология металлов*, №3, сс. 40–43.
- Арискин, А. А., А. А. Борисов, Г. С. Бармина. (1992). Моделирование равновесия железо-силикатный расплав в базальтовых системах, *Геохимия*, № 9, сс.1231–1240.
- Кадик, А. А. (2008). Дегазация мантии Земли при плавлении и формировании металлического ядра планеты: результаты экспериментального моделирования, *Проблемы зарождения и эволюции биосферы*, Под ред. Э. М. Галимова, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», сс. 367–379.
- Лебедев, Е. Б., Э. М. Галимов. (2012). Экспериментальное моделирование формирования металлического ядра Луны в условиях частичного плавления, *Геохимия*, № 8, сс.1–12.
- Трусов, Б. Г. (2002), Программная система Терра для моделирования фазовых и химических равновесий в плазмохимических процессах, *Труды III межд. симпозиума по теор. и прикл. Плазмохимии*, Иваново, сс. 217–220.