

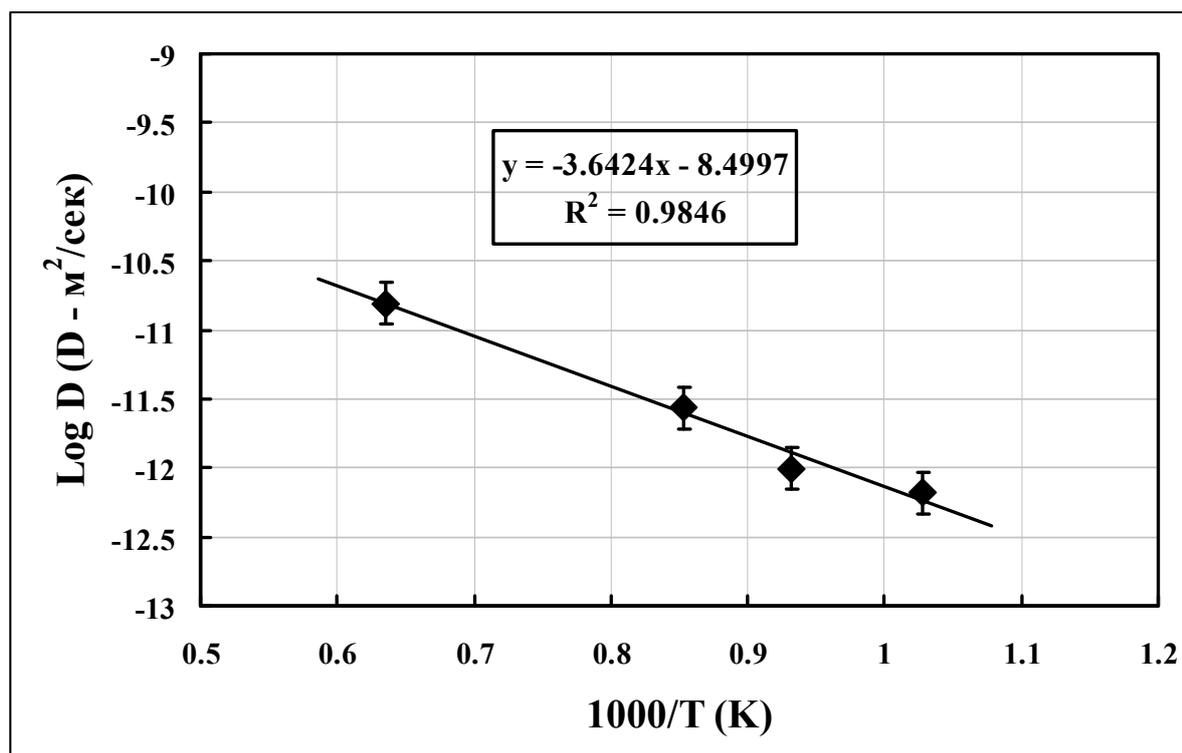
### Экспериментальное исследование температурной зависимости диффузии воды в расплавах обсидиана

П. Г. Бухтияров, Э. С. Персиков  
 Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка  
[pavel@iem.ac.ru](mailto:pavel@iem.ac.ru); факс/тел.: 8 (49652) 49687

*Ключевые слова:* обсидиан, температура, расплав, диффузия, вода

**Ссылка:** Бухтияров, П. Г., Э. С. Персиков (2011), Экспериментальное исследование температурной зависимости диффузии воды в расплавах обсидиана, *Вестник ОНЗ РАН*, 3, NZ6017, doi:10.2205/2011NZ000147.

Изучение температурной зависимости диффузии воды в магматических расплавах важно для понимания многих магматических процессов таких как: дегазация магмы в процессе вулканических извержений, взаимодействие флюида и магмы, зарождение и рост кристаллов и пузырей и многих других. Так как растворимость воды значительно выше растворимости других компонентов флюида, то диффузия воды является лимитирующей составляющей этих процессов. Нами было экспериментально изучена температурная зависимость диффузии  $H_2O$  в расплавах обсидиана при  $P(H_2O) = 20$  МПа в температурном диапазоне  $700^{\circ}-1300^{\circ}C$  с использованием новой мало градиентной методологии [Персиков, Бухтияров, 2009; Persikov et al., 2010] (Рис.1).



**Рис. 1.** Температурная зависимость диффузии воды в водосодержащем расплаве обсидиана ( $C_{H_2O} = 0.67$  масс. %).

◆ - экспериментальные значения с погрешностью  $\pm 25$  отн. %

Эксперименты проводили на установке высокого газового давления с использованием оригинального уравнителя-разделителя, который позволял проводить опыты в открытых ампулах, что не приводило к изменению первоначальной геометрии ампулы. Диффузию воды изучали методом гидратации безводного расплава обсидиана, который получали путем длительной дегидратацией цилиндра природного обсидиана, помещенного в платиновую

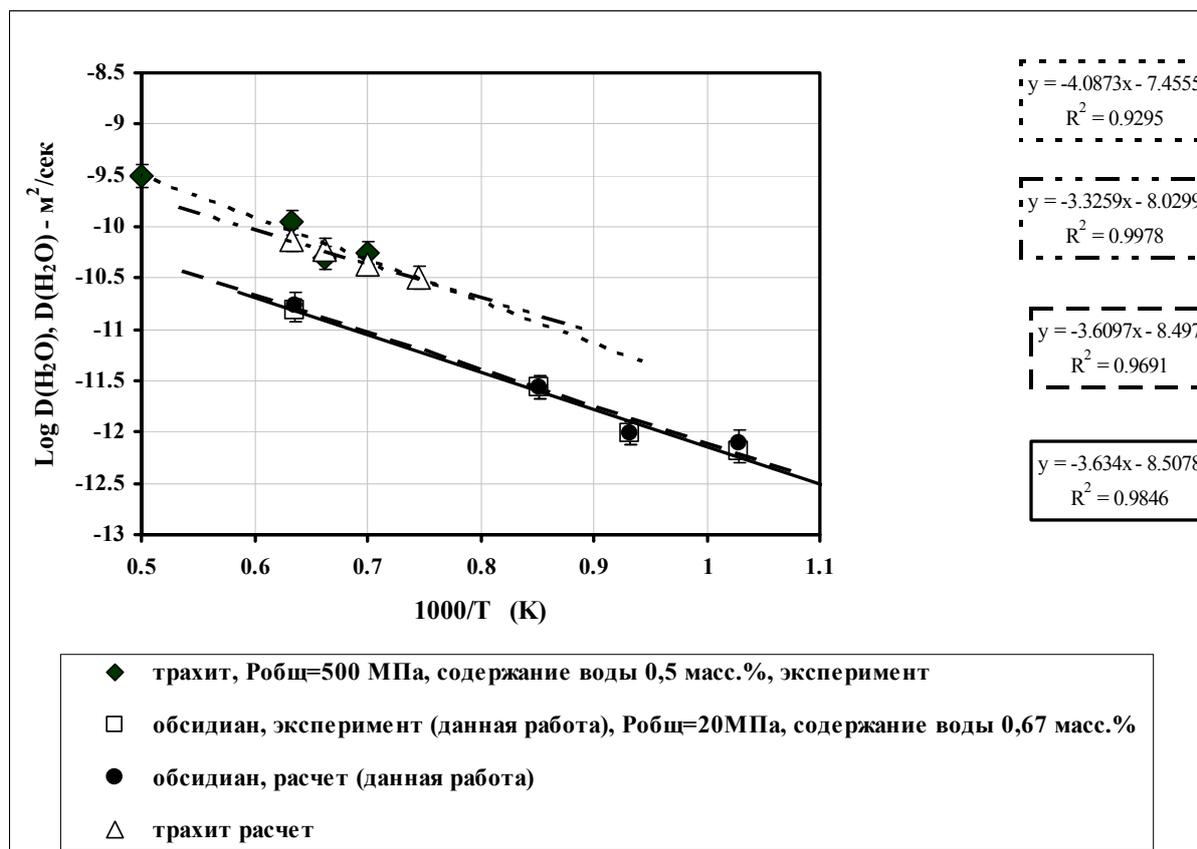
## БУХТИЯРОВ, ПЕРСИКОВ: ДИФФУЗИЯ ВОДЫ В РАСПЛАВАХ ОБСИДИАНА

ампулу, с последующим плавлением при температуре 1500°C в течение 4 часов. Образцы под давлением воды нагревали со скоростью 1500°C/час до температуры ниже необходимой на 300–500°C. Далее образец быстро нагревали до нужной температуры со скоростью 300°C/мин, выдерживали необходимое для диффузии воды время, и затем проводили изобарическую закалку расплава со скоростью 300–500°C/мин. Концентрацию воды вдоль диффузионных профилей в образцах (закаленных расплавах) определяли с помощью количественной микро ИК спектроскопии с использованием закона Beer-Lambert, а значения коэффициентов диффузии воды определяли путем численного решения второго диффузионного закона Фика.

Анализ экспериментальных данных показал, что температурная зависимость диффузии воды в расплавах обсидиана при средней концентрации  $C(H_2O) = 0.67$  масс. % подчиняется экспоненциальному закону Аррениуса – Френкеля:

$$D = D_0 \cdot \exp(-E/RT),$$

где  $R = 8,314$  Дж/моль·°К – универсальная газовая постоянная,  $E$  - энергия активации процесса диффузии воды. Установленное значение энергии активации  $E = 69,424$  кДж / моль для диффузии воды в расплавах обсидиана, хорошо согласуется с ранее полученными данными для модельного гранитного расплава ( $E = 64 \pm 10$  кДж / моль [Nowak, Behrens, 1997]). Недавно нами была предложена модель для расчета коэффициентов диффузии воды в широком диапазоне составов расплавов, давлений и температуры [Persikov et al., 2010]. С использованием этой модели были получены прогнозные температурные зависимости диффузии воды в обсидиановых расплавах (Рис. 2). На рисунке также представлены экспериментальные и прогнозные температурные зависимости диффузии воды для трахитового расплава [Freda et al. 2003]. Как видно, экспериментальные и прогнозные зависимости имеют хорошую сходимость в пределах погрешности  $\pm 0.15 \log D(H_2O)$ .



**Рис. 2.** Температурная зависимость диффузии воды в расплавах обсидиана и трахита [Freda et al., 2003] (эксперимент и прогноз)

Выводы:

1. Экспериментально установлено, что температурная зависимость коэффициента диффузии воды в расплавах обсидиана при средней концентрации  $C(H_2O) = 0.67$  масс. % и в температурном диапазоне 700°–1300°C подчиняется экспоненциальному закону Аррениуса–Френкеля с энергией активации  $E = 69,424$  кДж / моль.

## БУХТИЯРОВ, ПЕРСИКОВ: ДИФФУЗИЯ ВОДЫ В РАСПЛАВАХ ОБСИДИАНА

2. Показано, что использование упомянутой прогнозной модели расчетов  $D(\text{H}_2\text{O})$  [Persikov *et al.*, 2010] позволяет получать достаточно достоверные температурные зависимости коэффициентов диффузии воды в магматических расплавах.

(Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 09-05-00417 и программы 8 ОНЗ РАН)

### Литература:

Персиков, Э. С., П. Г. Бухтияров (2009). Структурно-химическая модель прогноза и расчетов вязкости магм и диффузии  $\text{H}_2\text{O}$  в них в широком диапазоне составов и  $T, P$  – параметров земной коры и верхней мантии. *Геология и Геофизика*, Т. 50, № 12, стр. 1393-1408.

Freda, C., D. R. Baker., C. Romano, P. Scarlato (2003) Water diffusion in natural potassic melts. In: *Oppenheimer, C., Pyle, D.M., Barclay, J. (Eds.), Volcanic Degassing. Geol.Soc. London Special Publication, V. 213. London Geological Society*, pp. 52–62.

Nowak, M., H. Behrens (1997) An experimental investigation on diffusion of water in haplogranitic melts. *Contrib. Mineral. Petrol. V. 126*, pp. 365–376.

Persikov, E. S., Sally Newman, P. G. Bukhtiyarov, A. N. Nekrasov, E. M. Stolper (2010). Experimental study of water diffusion in haplobasaltic and haploandesitic melts. *Chemical Geology, V. 276*, pp. 241-256.