

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДИФФУЗИИ ПЕТРОГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В МОДЕЛЬНЫХ РАСПЛАВАХ СИСТЕМЫ АНДЕЗИТ-БАЗАЛЬТ-Н<sub>2</sub>O ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Персиков Э.С., Бухтияров П.Г., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)

*persikov@iem.ac.ru*; факс/тел.: 8(49652)49687

Большинство опубликованных работ по диффузии петрогенных компонентов в магматических расплавах и по влиянию растворенной в них воды на скорости химической диффузии выполнены методом растворения минералов [1-4]. Тогда как исследования взаимодиффузии этих компонентов непосредственно в расплавах, крайне ограничены [2, 5, 6], и проблемы концентрационной, температурной и барической зависимостей взаимодиффузии петрогенных компонентов в магматических расплавах остаются практически не решенными.

В данном сообщении представлены первые результаты исследований химической взаимодиффузии петрогенных компонентов (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO) в модельных расплавах системы андезит-базальт-вода. Исследования проведены с помощью оригинальной установки высокого газового давления [7] при давлениях воды 50 и 100 МПа, давлениях аргона, равном 100 МПа и температуре T = 1300°C, с использованием метода диффузионных пар.

Два типа диффузионных пар использованы в экспериментах длительностью 480-1700 сек: а) безводные модельные стекла андезита (Ab75Di25, мол. %) и базальта (Ab50Di50, мол. %) вводились в контакт и плавилась в заваренной платиновой ампуле при давлении аргона, равном 100 МПа, б) те же стекла с равным содержанием растворенной воды в диффузионных парах (2,1 и 4,2 мас. %) также вводились в контакт и плавилась в заваренных платиновых ампулах при давлении аргона, равном 100 МПа.

Содержание воды в водосодержащих образцах и вдоль диффузионных профилей определены с помощью количественной микро ИК-спектроскопии, а распределение петрогенных компонентов вдоль диффузионных профилей измерены на микрозонде.

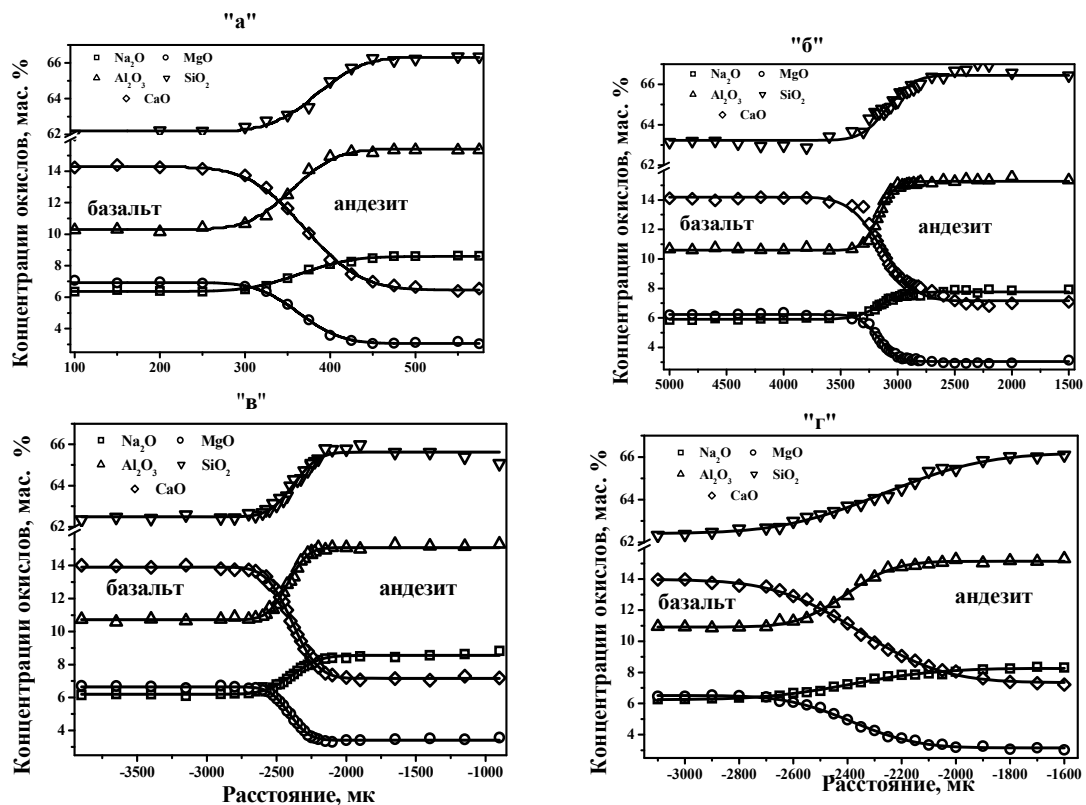


Рис.1. Диффузионные профили петрогенных компонентов

Диффузионные профили петрогенных компонентов в модельных расплавах базальт-андезит-вода при  $T = 1300^{\circ}\text{C}$  и 100 МПа общего давления (диффузионные пары Ab75Di25 + Ab50Di50; кривые на всех диаграммах - аппроксимация экспериментальных данных функцией ошибок Гаусса): а - безводные расплавы, опыт 1641/1, время диффузии 480 сек; б - водосодержащие расплавы, опыт 1664/1, время диффузии 1320 сек, содержание растворенной воды 4.2 мас. %; в - водосодержащие расплавы, опыт 1641/3, время диффузии 480 сек, содержание растворенной воды 2.1 мас. %; г - водосодержащие расплавы, опыт 1650/4, время диффузии 1700 сек, содержание растворенной воды 4.0 мас. %.

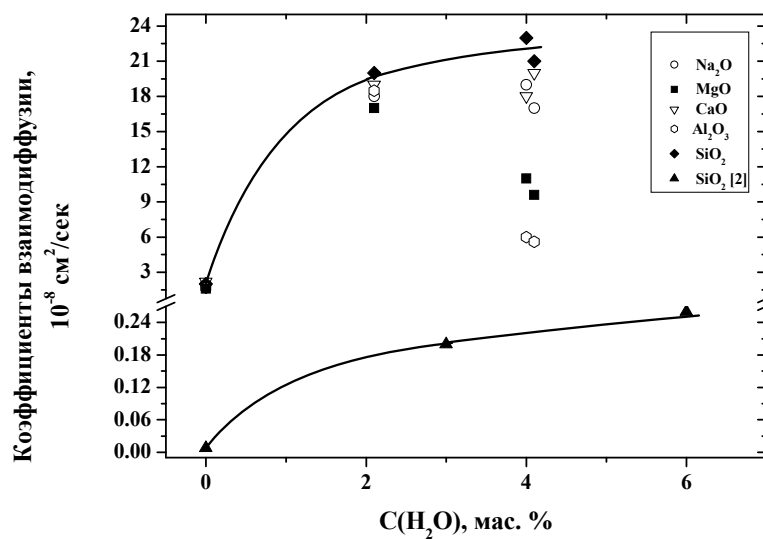
Коэффициенты взаимодиффузии ( $D$ ) петрогенных компонентов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) в указанных расплавах определены путем численного решения уравнений диффузии, с использованием функции ошибок Гаусса.

Таблица 1

Коэффициенты взаимодиффузии ( $D \cdot 10^{-8} \text{ см}^2/\text{сек}$ ) петрогенных компонентов в модельных расплавах андезит-базальт-вода при  $T = 1300^{\circ}\text{C}$  и общем давлении 100 МПа

Окислы	1641/1, $C(\text{H}_2\text{O}) = 0$	1641/3, $C(\text{H}_2\text{O}) =$ 2.1 мас. %	1650/4, $C(\text{H}_2\text{O}) =$ 4.0 мас. %	1664/1, $C(\text{H}_2\text{O}) =$ 4.2 мас. %
$\text{Na}_2\text{O}$	$2.0 \pm 0.4$	$18.0 \pm 3.6$	$19.0 \pm 3.8$	$17.0 \pm 3.4$
$\text{MgO}$	$1.6 \pm 0.32$	$17.0 \pm 3.4$	$11.0 \pm 2.2$	$9.6 \pm 1.92$
$\text{Al}_2\text{O}_3$	$1.7 \pm 0.34$	$18.5 \pm 3.7$	$6.0 \pm 1.2$	$5.6 \pm 1.1$
$\text{SiO}_2$	$2.0 \pm 0.4$	$20.0 \pm 4.0$	$23.0 \pm 4.6$	$21.0 \pm 4.2$
$\text{CaO}$	$2.2 \pm 0.44$	$23.4 \pm 4.6$	$18.0 \pm 3.6$	$20.0 \pm 4.0$
Молекулы				
Ab	$1.9 \pm 0.38$	$18.8 \pm 3.8$		
Di	$1.87 \pm 0.38$	$20.0 \pm 4.0$		

На рис. 2. приведены зависимости коэффициентов взаимодиффузии петрогенных компонентов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) от концентрации воды в расплавах диффузионных пар базальт-андезит в сравнении с аналогичной зависимостью для  $\text{SiO}_2$  из работ [2, 6]. Очевиден подобный характер зависимостей: растворение первых 2-3 мас. % воды в расплавах повышает скорости диффузии всех компонентов на порядок величины, а при дальнейшем росте концентрации воды это влияние воды на коэффициенты взаимодиффузии петрогенных компонентов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) значительно уменьшается.



**Рис.2.** Зависимость коэффициентов химической взаимодиффузии петрогенных компонентов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) от концентрации воды в расплавах диффузионных пар базальт-андезит при общем давлении, равном 100 МПа и температуре  $T = 1300^{\circ}\text{C}$ . ( $D(\text{SiO}_2)$  в процессе взаимодиффузии дацит-риолитовых расплавов при общем давлении, равном 1 ГПа, приведены из работ [2, 6])

Значительное различие в абсолютных значениях  $D(\text{SiO}_2)$  по сравнению с данными из работ [2, 6] легко объяснимо отличием в составах расплавов: относительно деполимеризованные и маловязкие расплавы базальт-андезит (настоящая работа) и полимеризованные высоковязкие расплавы дацит-риолит [2, 6].

### Выводы

1. Установлено, что скорости взаимодиффузии всех петрогенных компонентов, с концентрацией воды 2,1 мас. % в андезитовых и базальтовых расплавах, увеличиваются примерно на порядок величины по сравнению с безводными расплавами. Однако влияние растворенной воды на  $D$  всех петрогенных компонентов значительно уменьшается с дальнейшим ростом ее концентрации в таких расплавах (см. табл. 1 и рис. 2).

2. Скорости химической взаимодиффузии всех петрогенных компонентов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) примерно идентичны в безводных и андезитовых и базальтовых расплавах. При этом скорость диффузии катионов-сеткообразователей ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) на несколько порядков величины выше по сравнению с их трассерной диффузией. Напротив, скорость диффузии катионов-модификаторов ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ) меньше на несколько порядков величины по сравнению с их трассерной диффузией. Более того, равные скорости диффузии всех петрогенных компонентов получены и в водосодержащих расплавах при значениях  $C(\text{H}_2\text{O})$  до примерно 2-х мас. %. Такое поведение может свидетельствовать о встречной химической диффузии молекул  $\text{A}_b$  и  $\text{D}_i$  в противоположных направлениях (см. табл. 1). При дальнейшем увеличении концентрации воды в расплавах механизм диффузии кардинально меняется, и все петрогенные компоненты диффундируют с разными скоростями. Природа этого сложного явления будет предметом дальнейших исследований.

*Авторы признательны S. Newman (Caltech, USA) за помощь в определении концентраций воды, растворенной в экспериментальных образцах, методом количественной микро ИК спектроскопии.*

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 09-05-00417, и программы № 8 ОНЗ РАН*

### Литература

1. Чехмиров А.С., Симакин А.Г., Эпельбаум М.Б. Динамические явления во флюидно-магматических системах. (Ред. Зарайский Г.П.) // М.: Наука. 1991. 141с.
2. Watson E.B., Baker Don R. Chemical diffusion in magma: An overview of experimental results and geochemical applications. In: Physical chemistry in magma. Advances in physical geochemistry. (Eds. Perchuk L.L., Kushiro I.) // Springer-Verlag. 1991. V. 9. P. 120-151.
3. Watson E.B. Diffusion in volatile-bearing magmas. In: Volatiles in magmas. Reviews in Mineralogy. (Eds. Carrol M.R., Holloway J.R.) // Miner. Soc. Amer. 1994. V. 30. P. 371-411.
4. Chakraborty S. Diffusion in silicate melts. In: Structure, dynamics and properties of silicate melts. Reviews in Mineralogy. (Eds. Stebbins J.F., McMillan P.F. and Dingwell D.B.) // Miner. Soc. Amer. 1995. V. 32. P. 412-503.
5. Yoder H.S. Contemporaneous basaltic and rhyolitic magmas // Am. Mineral. 1973. V. 58. P. 153-171.
6. Baker D.R. Interdiffusion of hydrous dacitic and rhyolitic melts and the efficacy of rhyolite contamination of dacitic enclaves // Contrib Mineral Petrol. 1991. V. 106. P. 462-473.
7. Persikov E.S., Bukhtiyarov P.G. Unique gas high pressure apparatus to study fluid - melts and fluid - solid - melts interaction with any fluid composition at the temperature up to 1400°C and at the pressures up to 5 kbars // J. Conf. Abs. 2002. V. 7. No 1. P.85.

---

*Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27) 2009*

*Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)*

*URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2009/informbul-1\\_2009/geomaterial-6.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/geomaterial-6.pdf)*

*Опубликовано 1 сентября 2009 г.*

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна