

СОФИЙСКАЯ ИНИЦИАТИВА  
“СОХРАНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ”

VIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ  
**МИНЕРАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЕ И СОХРАНЕНИЕ**

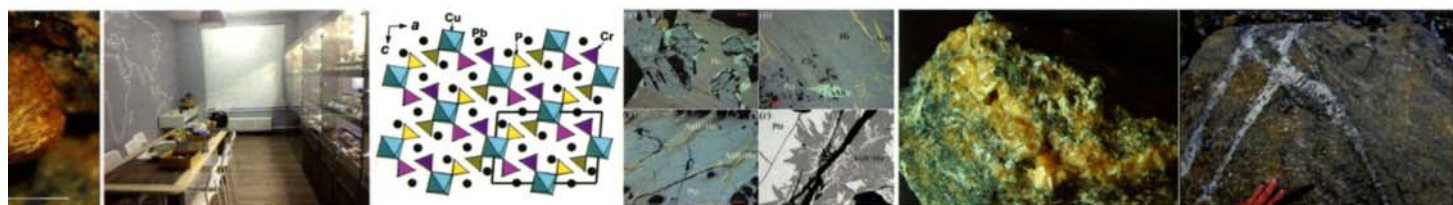
9-11 ОКТЯБРЬ 2015  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ “ЗЕМЛЯ И ЛЮДИ”, СОФИЯ  
**ДОКЛАДЫ**

SOFIA INITIATIVE  
“PRESERVATION OF MINERAL DIVERSITY”

VIII INTERNATIONAL SYMPOSIUM  
**MINERAL DIVERSITY  
RESEARCH AND PRESERVATION**

9-11 OCTOBER 2015  
EARTH AND MAN NATIONAL MUSEUM, SOFIA  
**WORKING PAPERS**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ “ЗЕМЛЯ И ЛЮДИ”, СОФИЯ  
EARTH AND MAN NATIONAL MUSEUM, SOFIA



SOFIA INITIATIVE  
„MINERAL DIVERSITY PRESERVATION”

*VIII International Symposium*  
**MINERAL DIVERSITY  
RESEARCH AND PRESERVATION**

СОФИЙСКАЯ ИНИЦИАТИВА  
„СОХРАНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ”

*VIII Международнѳ симпозиум*  
**МИНЕРАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЕ И СОХРАНЕНИЕ**

**EARTH AND MAN NATIONAL MUSEUM**  
*4, Cherny vruh Blvd., 1421 Sofia, Bulgaria*  
**9 - 11 OCTOBER 2015**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ „ЗЕМЛЯ И ЛЮДИ”**  
*бул. „Черни връх” 4, София 1421, България*  
**9 - 11 ОКТЯБРЬ 2015**

© Национальный музей „Земля и люди”, София, 2016

ISSN - 1313-9231



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСМЕСИМОСТИ СИЛИКАТНО-КАРБОНАТНЫХ СИСТЕМ В СВЯЗИ С ОБРАЗОВАНИЕМ КАРБОНАТИТОВ

НАТАЛИЯ И. СУК

*Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка Московской обл., Россия  
sukni@iem.ac.ru*

**Резюме.** Экспериментально при 900-1250°C и P=2 кбар исследована жидкостная несмешиваемость в силикатно-карбонатных системах, а также распределение REE, Ba, Sr, Nb, Ta между силикатным и карбонатным расплавами. Показано, что накопление REE в карбонатной фазе (карбонатитах) коррелирует с составом сосуществующего силикатного расплава. Установлено увеличение  $K_{REE}$  ( $K = C_{карб.}^{REE} / C_{сил.}^{REE}$ ) при добавлении в систему P и F. Получено щелочно-известковое расщепление карбонатных расплавов, которое способствует концентрированию REE в остаточном карбонатитовом расплаве. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о возможности формирования карбонатитовых месторождений редких земель исключительно в связи с щелочным (агпаитовым) магматизмом.

**Abstract.** Liquid immiscibility in silicate-carbonate system has been experimentally studied at 900-1250°C and P=2 kbar as well as the distribution of REE, Ba, Sr, Nb, Ta between silicate and carbonate melts. It has been shown that REE concentration in carbonate phase (in carbonatites) correlates with composition of coexisting silicate melt. It has been determined the increase of  $K_{REE}$  ( $K = C_{carb.}^{REE} / C_{sil.}^{REE}$ ) with addition of P and F to the system. The alkaline-lime splitting of carbonate melts was obtained. This one promote REE concentration in the residual carbonatite melt. Experimental data obtained allow to conclude about possibility of carbonatite REE ore deposits formation only with alkaline (adpaite) magmatism.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время обсуждаются три основных модели генезиса карбонатитовой магмы: 1) как продукт частичного плавления мантийного субстрата (Dawson, 1962; Eckermann, 1948; Koster van Groos, 1975); 2) как продукт дифференциации (кристаллизационного фракционирования) карбонатизированной силикатной жидкости (Watkinson and Wyllie, 1965; Wyllie, 1987); 3) как несмешиваемая карбонатная жидкость, отделенная от гомогенного карбонатизированного силикатного расплава (Cooper et al, 1975; Freeston and Hamilton, 1980; Hamilton et.al., 1979; Koster van Groos and Wyllie, 1966, 1968, 1973; Le Bas, 1981; и др.).

Ликвационная точка зрения на генезис карбонатитов обосновывается как геолого-петрографическими (Рипп и др., 2000; Kjarsgaard, Peterson, 1991; Peterson, 1989), так и экспериментальными исследованиями (Kjarsgaard, Hamilton, 1988; Koster van Groos, Wyllie, 1966, 1973; Wyllie, Tuttle, 1960 и др.).

Проведенные экспериментальные исследования выявили существование широкой области несмешиваемости карбонатных расплавов с силикатными расплавами при различных температурах и давлениях (Freestone, Hamilton, 1980; Hamilton et.al., 1989; Kjarsgaard, Hamilton, 1988; Kjarsgaard, Peterson, 1991; Koster van Groos, Wyllie, 1966; Koster van Groos, 1975; Veksler et.al., 1998 и др.). Наиболее детально процессы жидкостной несмешиваемости изучены в богатых натрием природных и модельных силикатно-карбонатных системах.

Получен ряд экспериментальных данных по исследованию коэффициентов разделения ( $K_D$ ) ряда редких и редкоземельных элементов между несмешивающимися силикатным и карбонатным расплавами при различных температурах и давлениях (Hamilton et.al., 1989; Jones et. al., 1995; Koster van Groos, 1975; Veksler et.al., 1998; Wedlandt, Harrison, 1979).

В плане изучения формирования расслоенных щелочных карбонатитосодержащих комплексов наиболее интересными являются не слишком высокие давления, соответствующие оценкам условий их образования, и температуры, соответствующие надликвидусной области существования расплавов, которые, изучены недостаточно широко. Оценки давлений при формировании силикатных пород комплекса Мушугай-Худук соответствуют 3 кбар (Андреева, 2000), а для K-Na карбонатитов типа Олдоини Ленгаи – 1 кбар (Соловова, 2005).

В данной работе проводилось экспериментальное исследование силикатно-карбонатного расслаивания расплавов при реальных параметрах (900, 1100, 1250°C и 2 кбар), что соответствует надликвидусной области существования расплава. Существенное место уделялось изучению характера разделения ряда элементов (REE, Ba, Sr, Nb, Ta) между несмешивающимися фазами, а также изучению силикатно-карбонатных систем, содержащих дополнительный