

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**  
**ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ**  
**ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**  
**им. В.И.ВЕРНАДСКОГО**  
**ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ**  
**РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ВСЕРОССИЙСКИЙ**  
**ЕЖЕГОДНЫЙ СЕМИНАР ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ**  
**МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ**

**ВЕСЭМПГ-2013**

**16–17 апреля 2013 г.**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

ГЕОХИ РАН  
Москва 2013

## ВЕСЭМПГ-2013...001

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТА В МИНЕРАЛАХ СИСТЕМЫ Cu–Fe–S  
(КОВЕЛЛИН, ДИГЕНИТ, НУКУНДАМИТ) ПО ДАННЫМ ЛА-ИСП-МС И РСМА

**Абрамова В.Д., Ковальчук Е.В., Кох М.А., Чареев Д.А.,**

**Тагиров Б.Р. ИГЕМ РАН, ИЭМ РАН**

DISTRIBUTION OF GOLD WITHIN MINERALS OF THE SYSTEM Cu–Fe–S  
(COVELLITE, DIGENITE, NUKUNDAMITE) AS DETERMINED BY LA-ICP-MS AND EPMA

**Abramova V.D., Kokh M.A., Kovalchuk E.V., Chareev D.A.,**

**Tagirov B.R. IGEM RAS, IEM RAS**

[winterrain@rambler.ru](mailto:winterrain@rambler.ru), тел.: 8(499) 230 82 31

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 10-05-00495) и гранта Президента Российской Федерации молодым российским ученым*

Методами гидротермального синтеза и синтеза в эвтектических расплавах смеси хлоридов Cs, Na и K при температуре 400–500°C получены образцы золотосодержащих минералов в системе Cu–Fe–Au–S (дигенит  $Cu_{2-x}S$ , ковеллин CuS, нукундамит  $Cu_{3.4}Fe_{0.6}S_4$ ). Синтез выполнялся в системе, насыщенной по металлическому золоту (в автоклавы и кварцевые ампулы помещалась полоска золотой фольги). Состав полученных в ходе опытов фаз определялся с использованием методов ЛА-ИСП-МС (масс-спектрометр Thermo Scientific X series 2 с лазерной системой NWR-213) и РСМА (рентгеноспектральный микроанализатор JXA-8200). Максимальные содержания «невидимого» золота наблюдаются в ковеллине, причём по данным обоих аналитических методов при температуре 450–500°C Au равномерно распределено по объёму фазы. В ковеллине и дигените концентрация Au сильно зависит от температуры, достигая в ковеллине максимума ~ 0.3 мас%. В сосуществующих с ковеллином дигените и нукундамите содержание золота соответственно в ~ 2 и ~ 3–10 раз ниже. Во всех трёх фазах рост летучести серы способствует увеличению содержания «невидимого» золота. В докладе обсуждается характер распределения золота в пределах отдельных зёрен минералов и возможные формы нахождения Au.

## ВЕСЭМПГ-2013...002

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ ТУРМАЛИНОВЫХ  
ГРАНИТОВ КОМСОМОЛЬСКОГО РАЙОНА В HF–H<sub>2</sub>O ФЛЮИДАХ

**Аксюк А.М., Коржинская В.С., Конышев А.А. (ИЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY MELTING TURMALINE GRANITE FROM KOMSOMOL'SKY  
AREA IN HF–H<sub>2</sub>O FLUID

**Aksyuk A.M., Korzhinskaya V.S., Konyshev A.A. (IEM RAS)**

[aksyuk@iem.ac.ru](mailto:aksyuk@iem.ac.ru), [vkor@iem.ac.ru](mailto:vkor@iem.ac.ru), [konyshv@iem.ac.ru](mailto:konyshv@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 61

*Работа выполнена по программе ОНЗ-2*

С турмалиновыми гранитами в Комсомольском районе на Дальнем Востоке связывают формирование крупных месторождений олова. Оценки концентраций фтора в гранитном флюиде, принимавшем участие в формировании гранитов и оловорудных месторождений в этом районе, на основе опубликованных данных по составам слюд (Гоневчук, 2002 и др.) и уравнений экспериментально-обоснованных минеральных геофториметров, (Аксюк, 2009), показывают, что концентрации HF в гранитных флюидах не превышали 0,1 моль/дм<sup>3</sup>. Экспериментальные исследования начала плавления турмалиновых гранитов из Солнечного Sn-месторождения были проведены в воде и HF–H<sub>2</sub>O флюидах при 0.5–2 кбар. Оказалось, что при этих условиях солидус турмалиновых гранитов лежит при температурах 700–760°C, что близко к солидусу гаплогранита в воде. Присутствие фтора во флюиде в ходе опыта незначительно снижает температуру солидуса турмалин содержащих гранитов. По нашим оценкам биотиты гранитов Солнечного месторождения сформировались при температуре около 740°C и концентрация HF во флюиде, равновесная с ними, должна была составлять около 0.007 моль/дм<sup>3</sup>.

## ВЕСЭМПГ-2013...003

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ АЛЬБИТА И  
МИКРОКЛИНА В РАСТВОРАХ HF ПРИ  $T=400^{\circ}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$  И  $P=1000$  БАР

**Аксюк А.М., Коржинская В.С., Конышев А.А. (ИЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ALBITE AND MICROCLINE SOLUBILITIES IN HF  
SOLUTIONS AT  $T=400-500^{\circ}\text{C}$  AND  $P=1000$  BAR

**Aksyuk A.M., Korzhinskaya V.S., Konyshev A.A. (IEM RAS)**

[aksyuk@iem.ac.ru](mailto:aksyuk@iem.ac.ru), [vkor@iem.ac.ru](mailto:vkor@iem.ac.ru), [konyshev@iem.ac.ru](mailto:konyshev@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 61

Для оценки уровней концентрации таких компонентов как Na, K, Al, Si, Ta, Nb, Be в природных флюидах при образовании метасоматических грейзенов и гидротермальных руд важна растворимость минералов редкометальных месторождений: полевых шпатов (альбита, микроклина), топаза, Ta-Nb-содержащих минералов, бериллиевых минералов (берилл, хризоберилл, фенакит) во фторидных растворах. Нами проведено экспериментальное исследование растворимости природных минералов альбита и микроклина при  $T=400$  и  $500^{\circ}\text{C}$ , давлении  $P=1000$  бар в зависимости от изменения концентрации HF в растворе от  $10^{-5}$  до 2m. Продолжительность экспериментов составляла 15–20 суток. Растворимость минералов определялась по потере веса кристалла до и после опыта и по данным химических анализов. Растворимость альбита и калиевого полевого шпата резко возрастает с повышением исходной концентрации HF: примерно, на 3 порядка от 0.001 до 2m HF. Влияние температуры невелико, и для альбита растворимость остается чуть ниже, чем у КПШ.

**ВЕСЭМПГ-2013...004**

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВНЕЗЕМНЫХ ХРОМИТОВЫХ ЗЁРЕН  
В ИЗВЕСТНЯКАХ ОРДОВИКА РАЗНЫХ РЕГИОНОВ МИРА**

**Алексеев В.А. (ГЕОХИ РАН)**

**SOME FEATURES OF DISTRIBUTIONS OF EXTRATERRESTRIAL CHROMITE GRAINS IN  
ORDOVICIAN LIMESTONE OF THE DIFFERENT REGIONS OF THE WORLD**

**Alexeev V.A. (GEOKHI RAS)**

[AVAL37@chgn.net.ru](mailto:AVAL37@chgn.net.ru), тел.: 8(499) 137 86 14

*Работа частично поддержана Программой № 22 фундаментальных исследований  
Президиума РАН и Программой № 4 ОНЗ РАН.*

Катастрофический развал родительского тела (астероида) L-хондритов в космосе около 470 млн. лет назад явился причиной увеличения потока космической пыли на Землю. Это событие обусловило повышенное содержание реликтовых осадочно-дисперсных внеземных хромитовых зёрен, найденных в известняках среднего ордовика в Швеции (*Schmitz, Haggstrom, 2006*), Китая (*Cronholm, Schmitz, 2010*) и России (*Lidskog et al., 2012*). Однако слои, обогащённые внеземными хромитовыми зёрнами, обогащены также и зёрнами земного происхождения (хромшпинель и ильменит), что свидетельствует о процессах обогащения слоёв ордовика минеральными компонентами как внеземного, так и земного происхождения. Анализ данных, полученных для разных регионов, позволил сделать вывод, что увеличение потока микрометеоритов на Землю около 470 млн. лет назад было существенно меньше предполагавшегося: в пределах коэффициента  $K \sim 3-4$ , но не на 2-3 порядка величины.

## ВЕСЭМПГ-2013...005

САМОПРОИЗВОЛЬНОЕ НАРУШЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ КВАРЦ-ВОДА:  
НОВЫЕ ДАННЫЕ И РЕВИЗИЯ ПРЕДЫДУЩИХ ДАННЫХ

**Алексеев В.А., Медведева Л.С. (ГЕОХИ РАН)**

SPONTANEOUS VIOLATION OF QUARTZ-WATER CHEMICAL EQUILIBRIUM: NEW  
DATA AND REVISION OF PREVIOUS DATA

**Alekseyev V.A., Medvedeva L.S. (GEOKHI RAS)**

[alekseyev-v@geokhi.ru](mailto:alekseyev-v@geokhi.ru), тел.: 8(499) 137 86 19

В предыдущих экспериментах при 300°C автоклавы располагались в электропечах в 2 этажа. В верхних автоклавах отклонения от химического равновесия кварц-вода не наблюдались, а в нижних они выражались в переотложении кремнезема из водной в паровую фазу и в понижении концентрации кремнезема в водной фазе до его растворимости в паровой фазе через 2 года. В водных растворах (0.01 м) интенсивность этого процесса уменьшалась в ряду H<sub>2</sub>O–NaOH–NaF–HF. Новые эксперименты показали, что процесс идет гораздо быстрее и только при отсутствии верхних автоклавов, что может быть связано с изменением температурного градиента (ТГ). Отмеченное влияние состава раствора на самом деле тоже может быть результатом изменения ТГ по высоте автоклава при одинаковой последовательности заполнения всех автоклавов ампулами: первые с водой и т.д., последние с HF.

**ВЕСЭМПГ-2013...006**

МЕТЕОРИТНЫЕ ДАННЫЕ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ  
СОВРЕМЕННЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЦИКЛОВ

**Алексеев В. А., Устинова Г. К. (ГЕОХИ РАН)**

METEORITIC EVIDENCE ON PECULIARITIES  
OF THE CONTEMPORARY SOLAR CYCLES

**Alexeev V. A., Ustinova G. K. (GEOKHI RAS)**

[AVAL37@chgnnet.ru](mailto:AVAL37@chgnnet.ru), тел.: 8(496)522 19 88

*Работа частично поддержана Программой 22 фундаментальных исследований Президиума РАН*

Многолетние измерения космогенных радионуклидов с разными периодами полураспада в хондритах с разной протяженностью и наклоном орбит, последовательно выпадавших в 1959–2009 гг., предоставляет уникальный ряд однородных данных по мониторингу распределения и вариаций ГКЛ в трехмерной гелиосфере. Сопоставимость периодов полураспада радионуклидов (в частности,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{22}\text{Na}$  и  $^{26}\text{Al}$ ) с вариациями солнечной активности на длительной временной шкале приводит к сглаживанию кратковременных и случайных флуктуаций и выявляет фундаментальные закономерности, а именно, зависимость интегральных градиентов ГКЛ ( $E > 100$  МэВ) от фазы солнечного цикла и постоянство механизма модуляции, по крайней мере, в течение последнего миллиона лет. Анализ наблюдаемых различий вариаций градиентов в разных солнечных циклах выявил зависимость глубины модуляции ГКЛ в гелиосфере от характера перестройки солнечных магнитных полей при смене солнечных циклов: от северо-южной асимметрии возникновения активных областей, от разной длительности периода перестройки и т.д. Установлена возможная обусловленность наблюдаемых явлений ослабления модуляции ГКЛ в 23–24 солнечных циклах нарушениями процессов в конвективной зоне Солнца при смене текущего векового цикла.

**ВЕСЭМПГ-2013...007**

**ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИН ЛЕТУЧЕСТИ ПАРОВ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ РТУТИ  
В ПОРОВОМ ВОЗДУХЕ ПОЧВЕННЫХ РАЗРЕЗОВ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ**

**Алехин Ю.В., Мухамадиярова Р.В. (геол. ф-т МГУ)**

**ESTIMATES OF THE ELEMENTAL MERCURY VAPOR VOLATILITY VALUES I  
N THE PORE AIR OF DIFFERENT REGIONS SOIL PROFILES**

**Alekhin Y.V., Mukhamadiyarova R.V. (geol. dep. MSU)**

[alekhin@geol.msu.ru](mailto:alekhin@geol.msu.ru), тел.: 8(495) 939 49 62

*Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ №11-05-93107, 12-05-31155*

Возможность выделения из суммы поглощённых форм ртути при её термоэвакуации из твёрдых образцов доли физически адсорбированных паров (до 120 °С) открыла перспективу впервые в мировой практике определить парциальные давления паров атомарной ртути в поровом воздухе и изучить устойчивость этого значения в геологических разрезах. Впервые этот метод оценки парциального давления паров ртути в различных регионах при использовании исходных значений концентраций ртути, физически адсорбированных поверхностью различных образцов, и сравнении этих значений с величинами после адсорбционного насыщения, развит в 2004 году (Алехин и др., 2004). Мы, используя этот метод, провели оценки региональной устойчивости величины равновесной летучести паров элементарной ртути в контактирующем поровом воздухе.



**ПОРТАТИВНЫЙ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ ПРИБОР  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА (VI) В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ВОД**

**Антоненко А.В., Жирков А.А., Зуев Б.К. (Ун-т "Дубна")**

**FLUORESCENT PORTABLE DEVICE**

**FOR DETERMINATION OF URANIUM (VI) in different types of water**

**Antonenko A.V., Zhirkov A.A, Zuev .K. (Dubna Univ.)**

[alin.antonenko@yandex.ru](mailto:alin.antonenko@yandex.ru), [zubor127@yandex.ru](mailto:zubor127@yandex.ru)

Предложен экспрессный портативный люминесцентный прибор для проведения массового мониторинга природных, питьевых и сточных вод на содержание урана(VI). Диапазон определяемых концентраций урана (VI) от 1 до 3000 нг/л. Относительное стандартное отклонение измерения в диапазоне концентраций урана (VI) от 10 нг/л до 2 нг/мл не превышает 0.02. Прибор использует принцип временной селекции люминесценции примесей и анализируемого компонента в сочетании с накоплением слабых повторяющихся сигналов при периодическом импульсном возбуждении. В качестве источника возбуждения использована компактная ксеноновая импульсная лампа (5 Вт), работающая с частотой до 400 Гц, и портативный компьютер, обеспечивающий управление, сбор данных и их обработку. Разработанное авторами программное обеспечение обеспечивает анализ в автоматическом режиме и позволяет находить концентрацию урана (VI) в исследуемом растворе методом добавок, проверять правильность методом введено – найдено и рассчитывать метрологические характеристики определения. Данный прибор может быть использован в полевых условиях. Объем пробы необходимой для анализа не превышает 300 мкл. Единичный цикл измерения анализатора составляет 20 с, тогда как общее время анализа не превышает 3–10 мин.

С использованием созданного анализатора проведено определение урана(VI) в снегу, талой воде с большим содержанием биогенных органических веществ и водопроводной воде г. Дубна и бутилированной воде. Найденные концентрации урана(VI) составляют от 80 до 500 нг/мл в зависимости от типа пробы и места ее отбора.

СИСТЕМА ЛИКВИДУСНЫХ ТЕРМОБАРОМЕТРОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАВНОВЕСИЙ ХРОМШПИНЕЛИДОВ С СУХИМИ БАЗИТОВЫМИ РАСПЛАВАМИ В ДАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ ОТ 1АТМ. ДО 20 КВАР.

**Арьяева Н. С., Коптев-Дворников Е. В., Бычков Д. А. (геол. ф-т МГУ)**

LIQUIDUS THERMOBAROMETERS SYSTEM FOR MODELING OF CHROMOSPINELID - ANHYDROUS MAFIC MELTS EQUILIBRIUM IN THE PRESSURE RANGE 1 ATM–20 KVAR.

**Aryaeva N. S., Koptev-Dvornikov E. V., Bychkov D. A. (geol.dep. MSU)**

Aryana\_@mail.ru, тел.: 8(968) 613 96 96

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (инициативный проект 11-05-01027-а).*

Получение системы уравнений термобарометров для расчётов равновесий хромшпинелид-расплав предполагает знание химических реакций образования миналов. В отличие от твердых растворов оливина или плагиоклаза, определение списка миналов для хромшпинелидов вызывает определенную сложность, поскольку хромшпинелиды – это минералы многокомпонентной системы твердых растворов непостоянного состава с общей формулой (Mg, Fe) (Cr,Al,Fe)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. К составлению системы химических реакций образования миналов мы подошли формально, используя принцип кислотно-основного взаимодействия, где в ряду взаимодействие начинается с крайних членов и последовательно смещается к центру. Было получено семь миналов: CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, MgCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, FeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, FeFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

С помощью надстройки “поиск решения” в программе Excel были получены коэффициенты и константы для системы уравнений термобарометров хромшпинелид–расплав. Ниже показан пример уравнения для хромитового минала.

$$X_{\text{FeCr}_2\text{O}_4}^{\text{pacu}} = \exp(A/T + \beta P/T + B + D \lg f_{\text{O}_2} + \sum J_i X_i + \ln a^*_{\text{FeO}} + 2 \ln a^*_{\text{CrO}_{1.5}})$$

Нужно подчеркнуть, что уравнения калибровались не в логарифмическом, а в экспоненциальном виде, что гарантирует более высокую точность расчётов концентраций миналов, а не логарифмов их содержаний.

**МОНОМИНЕРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИЛА  
ДЛЯ МАНТИЙНЫХ ПЕРИДОТИТОВ**

**Ащепков И.В. (ИГиМ СО РАН)**

**MONOMINERAL METHODS OF THE OXYGEN FUGACITY CALCULATIONS  
FOR THE MANTLE PERIDOTITES**

**Ashchepkov I.V. (IGM SB RAS)**

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 05-11-00060а.*

[Igora57@mail.ru](mailto:Igora57@mail.ru)

Методы определения окислительного потенциала по полиминеральным оксидометрам для мантийных перидотитов (*Ballhouse et al., 1991*) по *Opx-Ol-Sp*, (*Taylor et al., 1998*) по *Ol-Sp* и *Ol-Ilm*, (*Gudmundsson, Wood, 1995*) по *Gar-Ol-Opx* были преобразованы в мономинеральные для *Sp*, *Ilm*, *Gar* соответственно, путем вычисления  $Fe^\#$  (*Ashchepkov et al., 2010; 2011*) и других характеристик сосуществующих минералов с помощью регрессий. В дополнение для *Cpx* по корреляции  $Fe^{3+}$  and  $Fe^\#$  между *Cpx* и *Gar* в зависимости от определенных  $PT(^{\circ}C)$  (*Woodland, 2009*) было предложено регрессионное уравнение. Проверка определения вычисленных  $fO_2$  проведены по данным из работ (*McCammon et al., 2004; 2010; Yaxley et al., 2012; Goncharov et al., 2012* и др.) работ показала сходимость ( $R \sim 0.7-0.8$ ). Плавное снижение ( $-1 -4-5\Delta QMF$ ) к основанию литосферного кила (*Goncharov et al., 2012*) под крупными трубками под трубками (Удачная, Мир и др.) осложнено отдельными отрезками со снижением  $fO_2$  в верхней части разрезов мантии и ступенчатым в нижней. Отмечаются несколько дополнительных субтрендов  $P-fO_2$  для разных типов пород. Выявлены более высокие значения  $fO_2$  для деформированных перидотитов? метасоматитов и пироксенитов. Наиболее широкие вариации  $fO_2$  отмечаются в средней части мантийных разрезов. Построены диаграммы  $P-fO_2$  для  $\sim 80$  мантийных разрезов под кимберлитовыми трубками Сибирской платформы и  $\sim 70$  из других районов мира.

ФРАГМЕНТАЦИЯ ЯДЕР ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВОЙ И СИЛИКАТНОЙ МАТРИЦЕ ПАЛЛАСИТОВ:  
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫХОДА ЯДЕР-ФРАГМЕНТОВ

**Багуля А.В., Гончарова Л.А. (ФИАН), Калинина Г.В., Кашкаров Л.Л. (ГЕОХИ РАН),  
Коновалова Н.С., Окатьева Н.М., Полухина Н.Г., Старков Н.И. (ФИАН)**

FRAGMENTATION OF THE HEAVY GALACTIC COSMIC RAY NUCLEI IN IRON-NIKEL  
AND SILICATE PALLASITE MEDIUM: THEORETICAL ESTIMATE OF THE NUCLEUS-  
FRAGMENTS YIELD

**Bagulya A.V., Goncharova L.A. (LPI RAS), Kalinina G.V., Kashkarov L.L. (GEOKHI RAS),  
Konovalova N.S., Okateva N.M., Polukhina N.G., Starkov N.I. (LPI RAS)**

[bagulya@sci.lebedev.ru](mailto:bagulya@sci.lebedev.ru), тел.: 8(499) 132 65 77

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №10-02-00375-а*

Продолжение трековых исследований зарядового спектра ядер галактических космических лучей (ГКЛ) в кристаллах оливина из метеоритов, осуществляемое по проекту ОЛИМПИА (*Ginzburg et al., 2004*), привело к необходимости введения поправок, связанных с процессом фрагментации первичных сверхтяжелых ядер в веществе исследуемых метеоритов. Существенным при этом является то, что фрагментация приводит к занижению числа регистрируемых первичных ядер этих элементов ГКЛ и к увеличению потока вторичных ядер – продуктов фрагментации. В работе представлены результаты теоретических расчетов величины эффекта фрагментации наиболее распространенных в Солнечной системе ядер ГКЛ, интересующего нас интервала зарядов ( $50 < Z < 92$ ), при их взаимодействии с ядрами тормозящей среды метеорита. Расчеты выполнены на основании компьютерного моделирования процесса фрагментации по программе GEANT4 (*Agostinelli et al., 2003*). Про моделировано прохождение ядер: (1) через  $Fe_{0.9}Ni_{0.1}$  мишени толщиной 10 мм, 40 мм, 70 мм и 1 см со значениями энергии первичных ядер от 500 до 1000 МэВ/нуклон; (2) в тормозящей среде среднего химического состава палласита: 65 об.%  $(Mg_x, Fe_{1-x})_2SiO_4$  и 35 об.%  $Fe_{0.7}Ni_{0.3}$ . Полученные результаты позволили провести анализ не только характера изменения выхода ядер - продуктов фрагментации с глубиной от поверхности облучаемого тела палласита, но и количественно оценить вклад в группу ядер с  $Z = 60-5$  от ядер более тяжелых элементов ГКЛ, распавшихся при фрагментации в веществе метеорита-палласита.

**ВЕСЭМПГ-2013...012**

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕЩЕСТВА МИКРОМЕТЕОРИТОВ  
И КОМЕТЫ 81P/WILD 2 (ЭКСПЕРИМЕНТ STARDUST)**

**Бадюков Д.Д. (ГЕОХИ РАН)**

**MICROMETEORITES AND COMET 81P/WILD 2 (THE STARDUST EXPERIMENT):  
A COMPARATIVE STUDY**

**Badyukov D.D. (GEOKHI RAS)**

badyukov@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 70 53

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 11-05-00095*

Источниками микрометеоритов (ММ) могут являться астероиды и твердая компонента ядер комет. В связи с этим существуют две точки зрения на происхождение ММ – а) из пылевой компоненты главного пояса астероидов и б) из твердой компоненты ядер комет, вносящих основную долю в поток ММ. Одним из аргументов в пользу кометного происхождения ММ может служить их минералогическое и химическое сходство с твердой компонентой ядра комет. Для этого нами был изучен минералогия и состав фаз в неплавленых ММ (НММ) и их шлаковидных (ШММ) разновидностей в 194 хондритовых ММ, также с использованием АSEM был изучен фазовый состав примерно 250 ММ. Показано, что твердое вещество кометы Wild 2 и ММ весьма схожи по набору фаз. Обломки оливина и пироксена в тонкозернистых НММ и ШММ аналогичны по составу к таковым из кометы Wild 2. Главным минералогическим отличием является большая распространенность в кометном веществе частиц примитивного материала, образовавшегося, вероятно, при конденсации газопылевого облака. Несмотря на это, в целом результаты не противоречат предположению о кометном происхождении некоторой части потока ММ.

**МЕТАМОРФИЗМ НЕФТИ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ  
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 350–380°C И ДАВЛЕНИИ НАСЫЩЕННОГО ПАРА  
(ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)**

**Балицкий В.С., Балицкая Л.В., Пентелей С.В., Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН)**

**METAMORPHISM OF OIL IN HYDROTHERMAL SYSTEMS AT TEMPERATURE 350-380°C  
AND PRESSURE OF SATURATED VAPOR (ON EXPERIMENTAL DATA)**

**Balitsky V.S., Balitskaya L.V., Penteley S.V., Bublikova T.M. (IEM RAS)**

[balvlad@iem.ac.ru](mailto:balvlad@iem.ac.ru), тел.: 8(495) 522 58 47

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, гранты № 12-05-91052-НЦНИ-а и 12-05-00937-а*

Экспериментально изучено поведение и фазовые состояния углеводородов, образованных при взаимодействии сырой нефти с чистой водой и водными растворами бикарбоната и карбоната натрия. Водно-углеводородное взаимодействие осуществлялось одновременно с выращиванием в тех же автоклавах кристаллов кварца с флюидными включениями. Новообразованные продукты и включения изучались с привлечением методов газожидкостной хроматографии, обычной и локальной ИК-спектроскопии и микро термометрии. Эксперименты проводились в условиях прямого температурного градиента в две стадии. В первую из них выращивались кристаллы кварца с флюидными включениями при температурах 240/280°C, и проводилось их изучение. Во вторую стадию полированные пластинки с изученными водно-углеводородными включениями подвергались термообработке в автоклавах, залитых чистой водой, при температурах 350–380°C и давлении 100 МПа в течение 5–15 суток.

Установлено, что нефть при температурах 240/280°C сохраняет стабильный состав и не несет признаков крекинга и других изменений. После термообработки при 350°C в нефти появляются углеводородные газы, в основном метан, увеличивается доля легких фракций, сопровождаемых выделениями остаточных твердых битумов и, возможно, асфальтенов. С увеличением температуры до 380°C интенсивность процесса деструкции нефти возрастает, и она практически полностью превращается в твердый битум. Аналогичные превращения углеводородов наблюдаются во многих наиболее глубоких месторождений углеводородов.

СЕРПЕНТИНИТЫ КАК КАТАЛИЗАТОРЫ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА  
В ЗЕМНОЙ КОРЕ

**Барелко В.В., Быкова Н.В. (ИПХФ РАН), Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН),**

**Дорохов В.Г., Быков Л.А. (ИПХФ РАН)**

SERPENTINITES AS CATALYSTS FOR VAPOR CONVERSION OF METHANE  
IN THE EARTH CRUST

**Barelko V.V., Bykova N.V. (ICP RAS), Safonov O.G. (IEM RAS),**

**Dorokhov V.G., Bykov L.A. (ICP RAS)**

[barelko@icp.ac.ru](mailto:barelko@icp.ac.ru), тел: 8(496) 522 18 17

Поддержка: РФФИ (13-05-00353), Грант Президента РФ для молодых ученых (МД-222.2012.5).

Серпентиниты – важнейшая составляющая океанической литосферы, являются мощным abiогенным источником восстановленных газов, таких как  $H_2$ ,  $CH_4$  и сложных углеводородов (напр. *Früh-Green et al., 2004*). Принято считать, что появление  $H_2$  связано с самим процессом серпентинизации ультраосновных пород дна океана. Однако продуцирование  $H_2$  в содержащих  $CH_4$  и  $H_2O$  флюидах возможно согласно каталитической реакции, известной в технологии как «паровая конверсия метана», поскольку серпентинит по составу (алюмокремниевая основа, легированная каталитически активными Fe, Ni, Cr) и по структуре (тонковолокнистая матрица) является близким аналогом искусственных катализаторов. Нами проведено экспериментальное изучение реакции паровой конверсии  $CH_4$  водяным паром на массивном лизардит-антигоритовом серпентините Богородского месторождения (Южн. Урал). Помимо серпентина порода содержит хромит с магнетитовыми каймами. Эксперименты проводились в температурном интервале 500–850 °С при атмосферном давлении на проточном каталитическом реакторе из кварцевого стекла, оснащенный барботажным элементом для формирования смеси  $CH_4$ - $H_2O$ , магистралью для ее подачи в измельченную породу (гранулометрическая фракция 0.5–0.71 мм), автоматическим расходомером (расход  $CH_4$  – 20 см<sup>3</sup>/мин) и системой нагрева. Объемное соотношение  $H_2O/CH_4$  на входе в реакционную зону составляло 8–10/1, скорость фильтрации потока через каталитический слой мощностью 1 см – 0.5–0.6 см/сек, а время его контакта с серпентинитом – 1.5–2 сек. При воздействии смеси  $CH_4$ - $H_2O$  серпентинит испытал дегидратацию с образованием серпентин-ангидрита  $(Mg, Fe)_3Si_2O_7$ , а хромит полностью заместился магнетитом. Анализ продуктов на хроматографе «Кристалл-5000» показывает, что конверсия  $CH_4$  в  $H_2$  увеличивается с температурой и достигает 14 % при 825°С. Конверсия  $CH_4$  в CO и  $CO_2$  при температуре 825°С составляет 3 % по каждому компоненту. Наряду с  $H_2$ , CO и  $CO_2$  были выявлены  $CH_3OH$  и  $C_2H_5OH$ , которые не образуются при использовании стандартных катализаторов. Итак, при малых временах контакта водно-метанового потока с серпентинитом зарегистрированы достаточно высокие степени конверсии, что свидетельствуют о каталитической эффективности этой породы.

**ВЕСЭМПГ-2013...015**

**О МЕХАНИЗМЕ НАГРЕВА ПОРОД ЛИТОСФЕРЫ ГАЛАКТИЧЕСКИМИ КОМЕТАМИ**

**Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)**

**ON THE MECHANISM HEATING LITHOSPHERE ROCKS BY GALACTIC COMETS**

**Varenbaum A.A. (OGRI RAS)**

azary@mail.ru, тел: 8(499) 135 72 21

Обсуждается физический механизм нагрева пород литосферы галактическими кометами в две стадии. На первой комета разрушается в атмосфере, формируя газовую струю из испарившегося кометного вещества и нагретого воздуха. На второй стадии струя, ударяя в поверхность, создает узконаправленную ударную волну, которая глубоко проникает в литосферу, расходуя энергию на испарение плавление и нагрев пород в цилиндре диаметром  $\sim 1\div 6$  км и длиной  $\sim 10\div 250$  км. Сверху возникает кратер, а под ним магматическая камера. Для теоретического расчета эффектов использована гидродинамическая модель М.А. Лаврентьева, позволяющая исследовать столкновения объектов, движущихся с космической скоростью. На ее основе вычислены температуры нагрева пород литосферы на разной глубине, а также размеры кратера и магматических камер, создаваемых кометами различной энергии. Показано, что вслед за ударной волной кратер быстро заполняется расплавом пород из ниже лежащей магматической камеры, а излишки магмы изливаются на поверхность. В случае падения крупных комет столб расплавленных пород достает астеносферы. Получены оценки объемов образующейся магмы. Результаты расчета привлечены к объяснению феномена горячих точек, а также проблемы образования расслоенных интрузий.



СОРБЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ И МОНОМЕРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНЕЗЕМА НА КАЛЬЦИТЕ

**Белова Д.А. (хим. ф-т, Копенгагенский ун-т),**

**Карасева О.Н., Лакштанов Л.З. (ИЭМ РАН)**

MONOMERIC AND POLYMERIC SILICA SORPTION ON CALCITE

**Belova D.A. (chem.dept. Univ. Copenhagen),**

**Karaseva O.N., Lakshtanov L.Z. (IEM RAS)**

[olga@iem.ac.ru](mailto:olga@iem.ac.ru), тел.: +7(916) 522 29 93

Растворенный кремнезем является одним из возможных ингибиторов перекристаллизации кальцита, являющегося основным минералом меловых отложений. Однако на данный момент сорбционное взаимодействие растворенного кремнезема с поверхностью кальцита изучено недостаточно, к тому же, как показывает анализ литературных данных, результаты исследований весьма противоречивы. В работе (*Klein et al, 1995*) наибольшее поглощение кремнезема кальцитом было обнаружено при pH 6, в то время как в исследованиях (*Marinakis et al, 1985, Hanumantha Rao et al, 1989*) – при pH 9–10. До сих пор нет единого мнения относительно полимерности соединений кремнезема, сорбирующихся на поверхности кальцита. В водных средах кремнезем в зависимости от pH существует в различных полимерных состояниях. В кислых и слабощелочных средах формируются высокомолекулярные формы SiO<sub>2</sub>, в щелочных растворах кремнезем представлен анионами кремниевых кислот невысокой степени полимерности – мономерами и олигомерами (*Брыков, 2009*) Таким образом, при разной кислотности растворов поглощение SiO<sub>2</sub> может быть обусловлено сорбцией частиц кремнезема различного полимерного состава. Цель данной работы – изучить зависимость сорбции растворенного кремнезема на кальците от pH раствора, а также выяснить какие соединения кремнезема, полимеры или мономеры, доминируют при сорбционном взаимодействии с кальцитом. Эксперименты по сорбции SiO<sub>2</sub> были выполнены при температуре 25<sup>0</sup>С в интервале pH 6 – 11. Концентрация кремнезема в растворе не превышала 2 мг, концентрация кальцита в системе составляла 80 г/л при его удельной поверхности 5.9–6.2 м<sup>2</sup>/г. Показано, что сорбция кремнезема увеличивается с ростом pH. При pH 11 более чем 50% растворенного SiO<sub>2</sub> поглощается поверхностью кальцита, в то время как при pH 6 адсорбция не обнаружена. При pH 8.3 наблюдается адсорбция полимеров кремнекислоты, которая вследствие деполимеризации высвобождается затем в раствор в течение нескольких часов.

**ВЕСЭМПГ-2013...017**

ПРОИСХОЖДЕНИЕ СИСТЕМЫ САТУРНА ПО ИЗОТОПНЫМ ДАННЫМ

**Бережной А.А. (ГАИШ МГУ), Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН)**

ISOTOPES AS A TOOL TO STUDY THE ORIGIN OF SATURN'S SYSTEM

**Berezhnoy A.A. (SAI MSU), Dorofeeva V.A. (GEOKHI RAS)**

[ber@sai.msu.ru](mailto:ber@sai.msu.ru), тел.: 8(495) 939 10 29

*Исследование проведено при финансовой поддержке гранта РФФИ 11-05-01137-а и программы президиума РАН № 22.*

Примитивное вещество солнечной небулы, сформированное в областях звездообразования, в межзвездных молекулярных облаках (ММО), могло участвовать в образовании не только комет, но и в образовании спутниковых систем, в том числе и спутников Сатурна. Оценить значимость вклада неизмененного межзвездного вещества можно путем сопоставления изотопного состава летучих компонентов ММО с изотопным составом вещества спутников. Например, наблюдавшиеся азотсодержащие молекулы межзвездной среды обеднены тяжелым изотопом  $^{15}\text{N}$ . В то же время изотопный состав N в молекуле CN в веществе ММО и кометах близко, что может свидетельствовать о генетической связи вещества ММО и кометного вещества. Известно, что аккумуляция N в твердой фазе вещества допланетного диска, которое могло послужить источником летучих на спутниках планет-гигантов, происходило прежде всего в форме  $\text{NH}_3$ . В докладе будут обобщены все имеющиеся литературные данные по изотопному составу летучих компонентов ММО, которые будут сопоставлены с данными по изотопному составу вещества комет и спутников Сатурна.

НОВЫЙ МИНЕРАЛ КИМБЕРЛИТОВ “КУДРЯВЦЕВАИТ”  
(ПРИРОДНЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)

**Бовкун А.В. (геол. ф-т МГУ), Анашкин С.М. (ЦНИГРИ), Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН),  
Бинди Л. (Ун-т Флоренции), Гаранин В.К. (геол. ф-т МГУ)**

A NEW KIMBERLITIC MINERAL “KUDRYAVTSEVAITE”  
(NATURAL AND EXPERIMENTAL DATA)

**Bovkun A. V. (geol. dep. MSU), Anashkin S. M. (TSNIGRI), Litvin Yu. A. (IEM RAS),  
Bindi L. (Univ. di Firenze), Garanin V. K. (geol. dep. MSU)**

[bovkun2004@mail.ru](mailto:bovkun2004@mail.ru), тел.: 8(495) 939 30 21

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований грант № 11-05-00740.*

Новый Na-Mg-Fe<sup>3+</sup>-Ti-оксидный минерал кудрявцеваит (IMA 2012–078) идеализированного состава  $\text{Na}_3(\text{Mg,Fe})(\text{Fe,Ti})_2\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  с эмпирической формулой  $(\text{Na}_{2.89}\text{Ca}_{0.10})_{\Sigma 2.99}(\text{Mg}_{0.72}\text{Fe}^{3+}_{0.28})(\text{Ti}_{3.67}\text{Fe}^{3+}_{1.24}\text{Cr}_{0.08})_{\Sigma 4.99}\text{O}_{12}$  обнаружен в кимберлите трубки АК8 кимберлитового поля Орапа, Ботвана (*Anashkin et al., 2013*). Кудрявцеваит образует микрозернистые агрегаты призматических кристаллов длиной до 50, иногда до 100 мкм, которые совместно с фрейденбергитом ( $\text{Na}_2\text{Fe}^{3+}_2\text{Ti}_6\text{O}_{16}$ ) замещают ксенозерна магнезиального ильменита по краям и трещинам. Образование кудрявцеваита и близкого к нему по составу фрейденбергита, вероятно, обусловлено воздействием на ксенозерна пикроильменита окисленного щелочного Na-содержащего флюида или расплава неизвестного происхождения. Согласно литературным данным (*Dong et al., 1983; Haggerty, 1983; Haggerty et al., 1983; Haggerty and Gurney 1984; Haggerty et al., 1989; Nixon and Condiliffe, 1989; Haggerty, 1991; Patchen et al., 1997; Bulanova, 2004; Hall, 2005*), формирование фрейденбергита и других LILE-содержащих (K, Ba и др.) титанатов в глубинных ксенолитах и ксенокристаллах из кимберлитов связывается с проявлениями процессов глубинного метасоматоза.

Возможность образования кудрявцеваита при *PT*-параметрах, соответствующих физическим условиям глубинных горизонтов земной коры и верхней мантии, подтверждена прямым синтезом фазы аналогичного кудрявцеваиту состава в экспериментах при давлениях 0.4 и 4 ГПа и температуре 1100°C с участием буферных веществ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и BaO<sub>2</sub>, позволяющих стабилизировать фугитивность кислорода на уровне устойчивости Fe<sup>3+</sup>. Эксперименты с буферными веществами осуществлены в твердофазовом аппарате «наковальня с лункой» и газостате. В стартовой смеси использованы карбонат Na и оксиды остальных катионов. При 7 ГПа и 980–1430°C без использования буферных веществ синтезированы химические аналоги кудрявцеваита, в которых Fe<sup>3+</sup> заменено на Cr<sup>3+</sup> и Al<sup>3+</sup>, сохраняющие свое валентное состояние в условиях эксперимента. Установлено, что ключевое значение для синтеза кудрявцеваита имеет достаточно высокое значение окислительно-восстановительного потенциала минералообразующей среды.

ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ОСНОВНОГО КАРБОНАТА МЕДИ В ВОДНО-АММИАЧНЫХ РАСТВОРАХ (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)

**Бубликова Т.М., Сеткова Т.В., Балицкий В.С. (ИЭМ РАН)**

STUDY OF BASIC COPPER CARBONATE SOLUBILITY IN AQUEOUS AMMONIA SOLUTIONS (THEORETICAL AND EXPERIMENTAL DATA)

**Bublikova T.M., Setkova T.V., Balitsky V.S. (IEM RAS))**

[tmb@iem.ac.ru](mailto:tmb@iem.ac.ru), тел.: (496) 522 58 47

*Работа поддержана Министерством науки и образования (ФЦП «Кадры», Соглашение 8612)*

Теоретическое и экспериментальное изучение растворимости основного карбоната меди проводилось в рамках работ по определению условий кристаллизации малахита и азурита. Экспериментально растворимость  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  изучалась в 1, 2, 3М водных аммиачных растворах при температурах 25, 50, 75°C. Исследуемый материал засыпали в ампулы из термостойкого стекла, заливали водным раствором аммиака заданной концентрации и помещали в термостат. Ампулы через определенные промежутки времени вскрывали, аликвотную часть раствора отфильтровывали и анализировали на общее содержание меди. Равновесие считалось достигнутым, когда концентрация меди в растворе не изменялась. Для определения содержания меди в растворе применяли объемный йодометрический метод, суммарное содержание  $\text{CO}_2$  в растворе определяли при помощи экспресс-анализатора АН-7529.

Эксперименты показали, что равновесные содержания меди в растворах аммиака увеличиваются с ростом его концентрации и уменьшаются с повышением температуры. Твёрдая фаза, оставшаяся в ампулах, представлена теноритом, что свидетельствует о нестабильности малахита в заданных условиях. Растворимость его при этом имеет ретроградный характер.

Результаты теоретических расчетов и полученных экспериментальных данных находятся в удовлетворительном соответствии.

**С, N<sub>2</sub>, He, Ar ВО ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЯХ В МАНТИЙНЫХ КСЕНОЛИТАХ ВУЛКАНОВ ДРАЙЗЕР ВАЙЕР (ГЕРМАНИЯ) И СЦЕНТБЕКАЛЛА (ВЕНГРИЯ)**

**Буйкин А.И. (ГЕОХИ РАН), Верховский А.Б. (Открытый Ун-т, Англия)**

**С, N<sub>2</sub>, He, Ar IN FLUID INCLUSIONS IN MANTLE XENOLITHS FROM DREISER WEINER (GERMANY) AND SZENTBEKALLA (HUNGARY) VOLCANOS**

**Buikin A.I. (GEOKHI RAS), Verchovsky A.B. (The Open University, UK)**

[buikin@geokhi.ru](mailto:buikin@geokhi.ru), тел.: 8(495) 939 70 87

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №13-05-01009а*

Проведено изучение изотопного состава и элементных соотношений гелия, аргона, азота и углерода во флюидных включениях в мантийных ксенолитах вулканов Драйзер Вайер (Эйфель, Германия) и Сцентбекалла (Паннонский бассейн, Венгрия). Выделение газов проводилось методом ступенчатого дробления (Буйкин и др., 2010) из мономинеральных фракций оливина (SZB A5) и пироксенов (DW1 и DW918), отобранных под бинокляром. Содержание гелия в образцах варьирует на порядок величины (от  $3.4 \times 10^{-8}$  см<sup>3</sup>/г в DW1 до  $36.7 \times 10^{-8}$  см<sup>3</sup>/г в DW918). Содержания аргона, азота и углерода (в форме CO<sub>2</sub>) варьируют в меньших пределах:  $52 \times 10^{-8}$  см<sup>3</sup>/г (DW1) -  $114 \times 10^{-8}$  см<sup>3</sup>/г (DW918), 106 нг (DW1) – 263 нг (SZB A5) и 55 нг (DW918) – 134 нг (DW1), соответственно. Полученные содержания газов типичны для мантийных ксенолитов, как и отношения  $^4\text{He}/^{40}\text{Ar}^* = 0.1 \div 0.3$  (Dunai and Baur 1995, Buikin et al. 2005 и др.) и указывают на захват образцами газов, претерпевших элементное фракционирование, вызванное различием растворимостей гелия и аргона в расплаве (оценка для мантии, исходя из концентраций материнских U, Th и K, составляет 1.5-2). Отношения C/N<sub>2</sub> в образцах не превышают 1, что сильно отличается от значений для закалочных стекол MORB (где они составляют обычно сотни и могут достигать нескольких тысяч) и также указывает на сильное элементное фракционирование, но может говорить и о крайне низких концентрациях CO<sub>2</sub> в материнских расплавах. Отношения N<sub>2</sub>/Ar во фракциях дробления варьируют от близких к атмосферному значению (83) в образце SZB A5 до 30-38 в DW1 и DW918. Несмотря на нетипично низкие для мантии величины N<sub>2</sub>/Ar, отношения  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  почти во всех фракциях дробления выше 3000 (до 6500) и указывают на большой вклад мантийной компоненты аргона. По изотопному составу азота ( $\delta^{15}\text{N} = -1.8, 0.0$  и  $+1.1$  ‰ для SZB A5, DW1 и DW918, соответственно) изученные образцы отличаются от закалочных стекол MORB и близки к карбонатитам Гулинского массива (Буйкин и др. 2012) и мантийному ксенолиту из Оазиса Джетти (Восточная Антарктида). Тяжелый азот (до  $+17.5$  ‰) также был получен при ступенчатом отжиге оливинов и пироксенов из мантийных ксенолитов в работе Yokochi et al. (2009). Полученные данные указывают на то, что изученные образцы захватили мантийные газы с низкой степенью атмосферной контаминации и фракционированным элементным составом.

**РЕНТГЕНОВСКАЯ ФОТОЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ПОВЕРХНОСТИ ХАЛЬКОПИРИТА И СФАЛЕРИТА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ НАНОСЕКУНДНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ**

**Бунин И.Ж., Рязанцева М.В., Хабарова И.А. (ИПКОН РАН)**

**X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY OF CHALCOPYRITE AND SPHALERITE SURFACES AFTER PROCESSING BY NANOSECOND ELECTROMAGNETIC PULSE**

**Bunin I.Zh., Ryazantseva M.V., Khabarova I.A. (IPKON RAS)**

[bunin\\_i@mail.ru](mailto:bunin_i@mail.ru), [ryzanceva@mail.ru](mailto:ryzanceva@mail.ru), [xabosi@mail.ru](mailto:xabosi@mail.ru), тел.: 8(495) 360 73 28

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ «Научная школа акад.*

*В.А. Чантурия» НШ-220.2012.5, гранта РФФИ № 11-05-00434-а, гранта Президента РФ (МК-1968.2012.5)*

Методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС, спектрометр Axis Ultra DLD, Kratos с монохроматическим источником рентгеновского излучения  $Al K_{\alpha}$ ) изучали изменение состава поверхностных слоев и химического состояния атомов на поверхности халькопирита и сфалерита в результате воздействия высоковольтных наносекундных электромагнитных импульсов (МЭМИ:  $\tau$  (фронта импульса)  $\leq 1-5$  нс,  $\tau$  (длит. имп)  $\leq 50$  нс,  $U$  (амп. имп)  $\sim 20$  кВ,  $E \sim 10^7$  В/м, частота повторения импульсов 100 Гц, энергия в импульсе  $\sim 0,1$  Дж). Показано, что кратковременная ( $\sim 10$  с) электромагнитная импульсная обработка способствует окислению поверхности минералов и формированию металлодефицитного, обогащенного серой поверхностного слоя сульфида ( $CuFe_{(1-x)}S / Zn_{(1-x)}S$ ), оксидов и гидроксидов Me (Fe и Zn). Увеличение продолжительности импульсного воздействия до 30–50 с вызывало термическое удаление элементной (полисульфидной) серы и обновление («сульфидизацию») отдельных участков поверхности минералов. Установлены отличия процессов модифицирования поверхности халькопирита и сфалерита при воздействии МЭМИ, проявляющиеся в особенностях трансформаций химических состояний поверхностных атомов серы и разнонаправленном изменении концентрации поверхностной воды от продолжительности электроимпульсной обработки. С целью повышения селективности флотационного разделения халькопирита и сфалерита проведены исследования по влиянию МЭМИ на процесс флотации минералов в присутствии реагента-депрессора сфалерита (сульфата цинка  $ZnSO_4$ ). Предварительная электромагнитная импульсная обработка сульфидов, вызывающая направленные структурно-химические изменения их поверхности, и введение при флотации минералов цинкового купороса вызывали, предположительно, увеличение сорбции молекул  $ZnSO_4$  на поверхности сфалерита и существенное снижение его флотиремости.

ВЛИЯНИЕ NaCl НА ПЛАВЛЕНИЕ ВОДОСОДЕРЖАЩЕГО ПЕРИДОТИТА ПРИ 6.0 ГПа

**Бутвина В.Г., Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН)**

INFLUENCE OF NaCl ON MELTING OF HYDROUS PERIDOTITE AT 6.0 GPa

**Butvina V.G., Safonov O.G. (IEM RAS)**

[butvina@iem.ac.ru](mailto:butvina@iem.ac.ru), тел: 8(496) 522 58 51

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-05-00353, 12-05-31017-мол-а.*

*Грант Президента РФ для молодых ученых (МД-222.2012.5)*

С целью изучения влияния NaCl на преобразование водосодержащего перидотита проведены эксперименты по взаимодействию модельного перидотита  $Fo_{57}En_{17}Prp_{14}Di_{12}$  (+ 0.8 мас. % NaCl) с флюидом  $H_2O-NaCl$  при давлении 6.0 ГПа и температурах 1050–1450°C. В качестве стартового материала использовались смеси окислов,  $Mg(OH)_2$  и жадеита (мг):  $SiO_2$  (37.04);  $Al_2O_3$  (3.66);  $CaO$  (3.62);  $Mg(OH)_2$  (48.30);  $MgO$  (4.14),  $NaAlSi_2O_6$  (3.24). В эту смесь добавлялся NaCl в количестве 0.8 мас. %, что при содержании воды 15 мас. % в системе соответствует мольной доле  $X_{NaCl} = NaCl/(NaCl+H_2O)$  во флюиде 0.05.

В отсутствие NaCl в водном флюиде в субсолидусе перидотита сосуществуют  $Fo$ ,  $Opx$ ,  $Cpx$  и  $Grt$ , а плавление начинается при температурах порядка 1200–1300°C, и, по-видимому, характеризуется перитектическими взаимоотношениями  $Cpx$  и  $Opx$ . Для  $Cpx$  характерно небольшое увеличение  $Jd$  составляющей с повышением температуры. Добавление NaCl приводит к понижению температуры плавления примерно на 100–150°C, но не влияет на фазовый состав субсолидусной ассоциации. Тем не менее, вблизи солидуса проявлены реакционные взаимоотношения  $Grt$  и  $Opx$  с  $Fo$  и  $Cpx$ , причем содержание  $Jd$  в  $Cpx$  увеличивается с понижением температуры к солидусу. Эти взаимоотношения можно охарактеризовать следующими реакциями с участием водно-хлоридного флюида:  $1/4Prp + 5/4En + 1/2NaCl + 1/4H_2O = Fo + 1/2Jd + 1/2HCl$  и  $1/4Grs + 11/4En + 1/2NaCl + 1/4H_2O = Fo + 3/4 Di + 1/2Jd + 1/2HCl$ . Итак, проведенные эксперименты показали, что влияние щелочных хлоридов на плавление комплексных перидотитовых ассоциаций во многом определяется характером химического взаимодействия хлоридов с силикатными фазами, которая может пересиливать эффект снижения активности воды в водно-солевом флюиде (Chu et al., 2011).

## ВЕСЭМПГ-2013...023

СТАНДАРТНЫЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИРОСТИЛЬПНИТА ( $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ ),  
РАСЧИТАННЫЕ ИЗ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ (ЭДС-МЕТОД)

**Воронин М.В., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН).**

STANDARD THERMODYNAMIC PROPERTIES PYROSTILPNITE ( $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ ),  
CALCULATED FROM THE DATA OF ELECTROCHEMICAL MEASUREMENTS (EMF-  
METHOD)

**Voronin M.V., Osadchii E.G. (IEM RAS).**

[voronin@iem.ac.ru](mailto:voronin@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 49

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы № 2 ОНЗ РАН*

Методом измерения электродвижущей силы (ЭДС-метод) в полностью твердотельной гальванической ячейке с общим газовым пространством в токе аргона в температурном диапазоне 600–685°K изучена реакция:



Из полученной температурной зависимости ЭДС реакции (1), с учетом литературных данных по фазовым переходам в  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$  (Meyer, Scholz, 1997) и  $\text{Ag}_2\text{S}$  (Gronvold, Westrum, 1986) и с использованием вспомогательных данных из (Robie, Hemingway, 1995), рассчитаны стандартные термодинамические свойства низкотемпературной полиморфной модификации  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$  (пиростильпнит).



ИЗВЛЕЧЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ И МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТОВ АРМЕНИИ

**Геворкян Р.Г., Арутюнян Р.С., Саргсян А.О., Саргсян О.А., Геворкян М.Р. (фак. географии и геологии, ЕГУ, Армения)**

EXTRACTION OF RADIONUCLIDES AND HEAVY METALS FROM INDUSTRIAL WATER USING NATURAL AND MODIFIED ZEOLITES OF ARMENIA

**Gevorkyan R.G., Harutyunyan R.S., Sargsyan H.O., Sargsyan O.H., Gevorkyan M.R. (Fac.geography and geology,YSU,Armenia)**

[rgev@ysu.am](mailto:rgev@ysu.am), тел.: (+37410)57-81-35

В Армении массивы цеолитоносных пород (цеолитов) вулканогенно-осадочного происхождения (ноемберянского типа) известны в марзах (областях): Тавуш (Ноемберян-Нор Кохб, Паравакар, Иджеван-Куйбышев, Дилижан), Ашоцк (Сарчапет), Ширак (Кети, Капс, Крашен, Красар и др.), Лори (Алаверди), Котайк (Гарни-Азат), Вайк (Мартирос), Сюник (Капан-Шикахох). Главными породообразующими минералами цеолитов и бентонитов этой группы являются клиноптилолит, стильбит и монтмориллонит.

Исследована адсорбция природным клиноптилолитом из модельных растворов радионуклидов и тяжелых металлов. Изучались свойства необработанных, термообработанных и облученных электронами образцов. В результате разработана эффективная технология применения термохимически модифицированных образцов клиноптилолита Армении в качестве ионообменника – сорбента для обработки  $Cs^{137}$ ,  $Cs^{134}$ ,  $Sr^{90}$ ,  $Co^{60}$ ,  $Mn^{54}$ -содержащих радиоактивных растворов.

Результаты экспериментов позволяют предложить цеолиты для дальнейшего применения в целях обезвреживания жидких радиоактивных отходов, в частности, на Армянской АЭС.

Изучено извлечение свинца, хрома и кадмия из технических вод. Для очистки были использованы рудничные воды следующего состава:  $2 < pH < 3$ , Al, Ca, Cd, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn.

Для очистки необходим длительный временной контакт при пропускании через двухслойную конструкцию. Способность клиноптилолитового туфа извлекать катионы металлов, обычно присутствующих в кислых дренажных водах высокая.

Сравнение адсорбционных свойств клиноптилолита, шабазита и активированного угля показало, что **клиноптилолит** проявляет наиболее высокую избирательность к цезию и тяжелым металлам.

**ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ СЕРНИСТЫХ ГАЗОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ  
С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ АРМЕНИИ**

**Геворкян Р.Г., Галстян А.В., Саркисян Ш.Э. (фак. географии и геологии, ЕГУ, Армения)**  
**NEUTRALIZATION OF SULFURIC GASES OF NONFERROUS METALS ENTERPRISES BY  
NATURAL ZEOLITES OF ARMENIA**

**Gevorkyan R.G., Galstyan A.V., Sarkisyan Sh.E. (Fac. geography and geology, YSU, Armenia)**  
[rgev@ysu.am](mailto:rgev@ysu.am), тел.: (+37410)57-81-35

Обезвреживание сернистых газов предприятий цветной металлургии Армении является достаточно сложной задачей в связи с большими объемами, высокой температурой и низкой концентрацией сернистого газа в выбросах отходящих газов в атмосферу. Утилизация сернистого ангидрида позволит решить одновременно ряд задач: защитить окружающую среду и способствовать избежать безвозвратных потерь ценного сырья, которое может быть использовано в дальнейшем для производства серной кислоты и др. полезных сернистых соединений.

Утилизацию сернистого ангидрида целесообразно организовать с применением твердых адсорбентов, одним из которых служит природный цеолит. Адсорбционные свойства природных цеолитов обусловлены: содержаниями клиноптилолита в породе, силиция, температурой адсорбции и видом модификации цеолита. Широкое применение цеолитов в промышленных масштабах обусловлено также возможностью полной десорбцией SO<sub>2</sub> при температуре 350–400°С. При применении цеолитов во многих циклах их активность уменьшается лишь в первые 5–10 циклов и всего на 10–12 %, а в последующих циклах эта способность остается неизменной.

Основными условиями применения цеолитов для обезвреживания отходящих газов цветной металлургии служат: способность к легкой модификации цеолита, что весьма важно для селективной адсорбции; адсорбционные свойства цеолитов мало зависят от температуры отходящих газов и в связи с этим применим широкий температурный диапазон без изменения адсорбционной емкости

Некоторые свойства армянских цеолитов лучше всего способствуют адсорбции SO<sub>2</sub>: высокое содержание в сырье клиноптилолита (70–85%), от которого адсорбция SO<sub>2</sub> находится в прямой линейной зависимости; высокое содержание силиция в минерале, от которого непосредственно зависит многоцикловое применение цеолита при адсорбции сернистых газов; цеолитовые породы Ноемберянского месторождения Армении обнажаются прямо на поверхности Земли, а перспективные запасы составляют 400–500 млн тонн.

Следовательно, цеолиты Армении являются незаменимым сырьем для адсорбции отходящих сернистых газов цветной металлургии.



РЕДКОЭЛЕМЕНТНЫЕ ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ КИМБЕРЛИТОВЫХ МАГМ И МАНТИЙНОГО МЕТАСОМАТОЗА

**Гирнис А.В. (ИГЕМ РАН), Булатов В.К. (ГЕОХИ РАН),**

**Брай Г.П. (Ун-т им. В.-И. Гете, Франкфурт на Майне, Германия)**

TRACE ELEMENT INDICATORS OF THE FORMATION CONDITIONS OF KIMBERLITE MAGMAS AND MANTLE METASOMATISM

**Girnis A.V. (IGEM), Bulatov V.K. (GEOKhI),**

**Brey G.P. (J.-W. Goethe Univ., Frankfurt, Germany)**

[girnis@igem.ru](mailto:girnis@igem.ru), тел.: 8(499) 230 84 15

*Работа выполнена при поддержке гранта Президиума РАН № 2П(2).*

Полученные нами экспериментальные данные по распределению редких элементов между минералами и богатыми CO<sub>2</sub> мантийными расплавами использованы для вычисления содержаний элементов в предполагаемых первичных кимберлитовых магмах и продуктах низких степеней плавления мантии. На основе экспериментов было установлено, что образование кимберлитовых расплавов возможно при плавлении гарцбургитов при 1600–1700°C и 6–10 ГПа. Геохимические данные указывают на то, что первичные кимберлитовые расплавы образуются из метасоматизированных источников в основании континентальной литосферной мантии (напр., *Tainton, McKenzie, 1994*). В качестве модельного источника был взят средний состав ксенолитов кратонов (*Pearson et al., 2003*), состоящий из 79 вес.% оливина + 15 вес.% низкокальциевого пироксена + 6 вес.% граната при 10 ГПа.

Вычисленные содержания сильно некогерентных элементов в расплавах совпадают с параметрами первичных кимберлитовых расплавов (*Becker, LeRoex, 2006*) при степени плавления ~0.8 вес.%, однако содержания умеренно некогерентных элементов остаются заметно выше природных. Хорошее соответствие составов модельных расплавов и первичных кимберлитов получено для источника, содержащего 16 вес.% граната при 10 ГПа. В качестве альтернативного варианта рассматривается более сильное фракционирование элементов в источнике по сравнению со средним составом ксенолитов.

Расчеты составов карбонатитовых расплавов в равновесии с минералами перидотитов показали, что отношения Nb/Ta, Zr/Hf, La/Nb и Y/Ho в мантии слабо чувствительно к миграции карбонатных расплавов. Напротив, Ce/Pb и Ba/Rb могут существенно меняться в результате метасоматоза карбонатитовыми расплавами, что может быть причиной относительно высокого разброса отношений Ce/Pb и Ba/Rb в базальтах срединно-океанических хребтов (*Workman, Hart, 2005*). Показано, что обогащение Sm и Nd относительно Zr и Hf является индикатором «карбонатитового» метасоматоза в мантии.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДОРАСПЛАВОВ С ПЕРИДОТИТОМ: ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ И ГЕОХИМИЯ

**Горбачев Н.С., Костюк А.В., Некрасов А.И., Султанов Д.М. (ИЭМ РАН)**

INTERACTION OF HYPERCRITICAL FLUID-MELT WITH PERIDOTITE: PECULIARITY OF PHASE RELATIONSHIP AND GEOCHEMISTRY

**Gorbachev N.S., Kostyk A.V., Nekrasov A.N., Sultanov D.M. (IEM RAS)**

gor@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 524 44 25

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-00777 а*

В зависимости от  $P$ - $T$  силикатные флюидсодержащие системы могут находиться в докритических и сверхкритических условиях. Особенности текстуры и фазового состава перидотита при взаимодействии с  $H_2O$ -,  $(H_2O+CO_2)$ -содержащими сверхкритическими флюидорасплавами изучены при  $T=1100-1200^\circ C$ ,  $P=4$  ГПа. Эксперименты проводились в ИЭМ РАН на твердофазовой аппаратуре типа НЛ в Au ампулах. Продукты экспериментов изучались на микрозонде, микроэлементы анализировались на ионном зонде.

При малых степенях частичного плавления флюидсодержащего перидотита критические  $P$ - $T$  достигались между межзерновыми расплавами и водным флюидом с полной смесимостью между ними. Об этом свидетельствуют текстура и фазовый состав закалочных образцов, которые служили тестом перехода системы в сверхкритическое состояние. Отсутствие межзернового расплава приводило к дезинтеграции перидотита. Образующийся при этом сверхкритический флюидорасплав взаимодействует с перидотитом. Для закалочных образцов характерна «галечная» текстура, образованная изолированными реликтами перидотита  $Ol$ ,  $Orx$ ,  $Cpx$  состава, реакционными и закалочными фазами, закалочными «брекчиями». В «брекчиях» реликтовые  $Ol$ ,  $Orx$  обрастают, сцементированы, реакционным агрегатом, состоящим из  $Grt$ ,  $Cpx$ . В экспериментах с  $CO_2$  наблюдался магнетит, образующий отдельные изолированные зерна и каймы вокруг  $Ol$ , что свидетельствует о реакционных соотношениях между ними.

При взаимодействии с сверхкритическим флюидом реликтовый  $Ol$  существенно обогащен микроэлементами. Об этом свидетельствуют сравнение коэффициентов разделения  $D$  микроэлементов между  $Ol$  и  $Grt$ ,  $Cpx$ ,  $Orx$  в экспериментах при до и сверхкритических  $P$  и  $T$ . При сверхкритических  $P$ - $T$  они больше.

ЩЕЛОЧНО-КАРБОНАТНЫЙ МЕТАСОМАТОЗ И ПЛАВЛЕНИЕ ЭКЛОГИТА:  
ФОРМИРОВАНИЕ КАРБОНАТНАТИТОВОГО И ВЫСОКО-К ЩЕЛОЧНОГО  
РАСПЛАВОВ

**Горбачев Н.С., Некрасов А.И., Султанов Д.М. (ИЭМ РАН)**

ALKALINE-CARBONATIC METASOMATOSE AND MELTING OF ECLOGITE: ORIGIN OF  
CARBONATITE AND K-RICH ALCALINE SILICATE MELTS

**Gorbachev N.S., Nekrasov A.N., Sultanov D.M. (IEM RAS)**

[gog@iem.ac.ru](mailto:gog@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 524 44 25

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-00777- а*

Мантийный метасоматоз приводит к обогащению несовместимыми элементами мантийных резервуаров, стимулирует плавление и формирование щелочных магм, карбонатитов. Как правило, щелочные породы обогащены Na. Приводятся результаты экспериментального моделирования щелочно-карбонатного метасоматоза и плавления эклогита при  $P=4$  ГПа, в интервале  $T=1100-1200^{\circ}\text{C}$  с формированием обогащенных K щелочных пород и карбонатита. Опыты проводились на аппарате типа НЛ в ИЭМ РАН с использованием стандартной закалочной методики. Продукты экспериментов анализировались на микрозонде. При  $T=1100^{\circ}\text{C}$  межзерновые карбонатные и силикатные расплавы сосуществовали с клинопироксеном  $\text{Cpx}$ , гранатом  $\text{Grt} \pm$  апатит  $\text{Apt}$ . Особенности текстуры и соотношения фаз в экспериментальных образцах свидетельствует о небольшой (3–5%) степени плавления эклогита.  $\text{Grt}$  состава  $\text{Ca}_{2.8}\text{Mg}_{0.9}\text{Fe}_{2.4}\text{Al}_{3.4}\text{Ti}_{0.4}\text{Si}_{5.9}\text{O}_{24}$  обогащен  $\text{TiO}_2$  (до 4 мас.%),  $\text{Cpx}$  состава  $\text{Na}_{1.0}\text{Ca}_{2.8}\text{Mg}_{1.9}\text{Fe}_{1.0}\text{Al}_{1.7}\text{Si}_{7.4}\text{O}_{24}$ . Карбонат существенно кальцитового состава, примеси (до 1 мас.%) –  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ . Силикатный расплав состава  $\text{K}_{1.7}\text{Na}_{1.2}\text{Ca}_{0.2}\text{Al}_{3.1}\text{Si}_{6.0}\text{O}_{24}$ , примеси – (до 1.5%)  $\text{CaO}$  и  $\text{FeO}$ . При повышении  $T$  до  $1200^{\circ}\text{C}$  исчезает  $\text{Grt}$ , появляется флогопит  $\text{Flog}$ . Степень плавления возрастает до 20%, наблюдается разделение образца на кумулос с межзерновым силикатным и карбонатным расплавами и карбонатитовый расплав, при закалке образующий смесь карбонатной и силикатной фаз. Составы карбонатного и силикатного расплавов изменяются незначительно.

**ПЕТРОХИМИЯ ЛАВ ТОЛБАЧИНСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 2012–2013 ГОДА**

**Горбачев Н.С. (ИЭМ РАН), Округин В.М. (ИВиС ДВО РАН), Шаповалов Ю.Б. (ИЭМ РАН), Гвоздецкая И.М. (НМСГ), Ананьев В.В., Округина А.М.,**

**Чирков С.А. (ИВиС ДВО РАН), Султанов Д.М. (ИЭМ РАН)**

**PETROCHEMISTRY OF LAVAS ERUPTION OF TOLBACHIK 2012–2013 YEARS**

**Gorbachev N.S. (IEM RAS), Okrugin V.M. (IViS FEB RAS), Shapovalov Y.B. (IEM RAS), Gvodetskaya I.M. (NMSG), Ananiev V.V., Okrugina A.M., Chirkov S.A. (IViS FEB RAS), Sultanov D.M. (IEM RAS)**

[gor@iem.ac.ru](mailto:gor@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 524 44 25

Толбачик входит в состав Ключевской группы вулканов Камчатки. Предыдущее извержение 1975–1976 гг (БТТИ) проходило в две стадии Северный прорыв СП, с преобладающим магнезиальным типом лав; Южный прорыв ЮП, преимущественно эффузивного характера гавайского типа. Главный тип лав ЮП – щелочной глиноземистый (Большое трещинное Толбачинское извержение, 1984):. Характер извержения 2012–2013 гг (ТИ-2) сходен с извержением ЮП. Образцы лав ТИ-2 были отобраны в декабре 2012-январе 2013 (В. Ананьев, В. Округин, С. Чирков). По содержанию главных породообразующих оксидов, распределению РЗЭ лавы ТИ-2 сходны с субщелочными глиноземистыми базальтами ЮП. Коэффициенты корреляции R концентраций РЗЭ в лавах ЮП и ТИ-2 – 0.98, а для 30 микроэлементов – 0.95. Тренды нормированных по ПМ концентраций РЗЭ отрицательные, с небольшим Eu минимумом, более пологие, чем тренд среднего андезита, сходны с трендом РЗЭ среднего толеитового базальта. Некоторые геохимические характеристики ТИ-2 и БТТИ: La/Sm: 2.62 и 3.4, Gd/Yb: 2.03 и 2.4, La/Yb: 5,4 и 4.1, Eu\*: -3.2 и -4.3, Zr/Y: 7.96 и 7.41, Ba/Sr: 1.84 и 2.6, Cu/Zr: 1.25 и 0.76.

Сходство химического состава лав ЮП БТТИ и ТИ-2 свидетельствует о сходном механизме выплавления и дифференциации первичной магмы, что предполагает длительное существование глубинных очагов магмообразования и промежуточных камер. Анализ данных наших высокотемпературных экспериментов, моделирующих магмообразование из различных источников свидетельствует в пользу формирования первичной магмы Толбачика при частичном плавлении перидотита.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ  $\text{MoO}_3$  В ВОДЕ ПРИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Дадзе Т.П., Каширцева Г.А., Новиков М.П., Плясунов А.В. (ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE SOLUBILITY OF  $\text{MoO}_3$  IN WATER UNDER HYDROTHERMAL CONDITIONS**

**Dadze T.P., Kashirtseva G.A., Novikov M.P., Plyasunov A.V. (IEM RAS)**

[dadze@iem.ac.ru](mailto:dadze@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 48

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 11-05-00786-а.*

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния температуры и давления на растворимость  $\text{MoO}_3$  в воде при гидротермальных параметрах. Для проведения опытов предварительно был получен кристаллический  $\text{MoO}_3$  реактивной чистоты прокаливанием молибденовокислого аммония (Корякин, 1974). Опыты проводились в титановых автоклавах из сплава ВТ-8. Давление в автоклавах задавалось коэффициентом заполнения по  $PVT$  – данным для воды. Точная навеска кристаллического  $\text{MoO}_3$  помещалась в титановый контейнер, который подвешивался на обтюратор в верхней части автоклава. Состав твердых фаз до и после опытов контролировался рентгеноструктурным анализом, который показал, что после опытов в твердой фазе присутствовал только кристаллический  $\text{MoO}_3$ . Во всех опытах использовалась бидистиллированная вода. Концентрацию молибдена в растворах после опыта определяли колориметрическим методом на приборе Spеcol-11 при  $\lambda=453$  нм и контролировали методом потери веса. Время достижения равновесия бралось в соответствии с литературными данными (Иванова и др., 1975). Полученные экспериментальные данные показывают увеличение растворимости  $\text{MoO}_3$  с ростом температуры. При повышении давления от 100 до 500 бар растворимость  $\text{MoO}_3$  увеличивается, при дальнейшем увеличении давления практически остается без изменения.

## **ВЕСЭМПГ-2013...031**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ЛЕТУЧИХ НА ЛУНЕ

**Дорофеева В.А., Базилевский А.Т. (ГЕОХИ РАН)**

EXPERIMENTAL DATA VOLATILES ON THE MOON

**Dorofeeva V.A., Bazilevskiy A.T. (GEOKHI RAS)**

[dorofeeva@geokhi.ru](mailto:dorofeeva@geokhi.ru) тел.: 8(495) 939 70 60

[atbas@geokhi.ru](mailto:atbas@geokhi.ru) тел.: 8(499) 137 49 95

*Работа частично поддержана Программой президиума РАН №22*

Обобщены экспериментальные данные последних лет о содержании и формах нахождения летучих на Луне – H<sub>2</sub>O, S, F, Cl. Рассмотрены возможные источники их происхождения. Особое внимание уделено анализу экспериментальных данных 2008-2013 гг, свидетельствующих о присутствии на спутнике Земли летучих эндогенного происхождения, в том числе и воды. В частности, летучие были обнаружены в стеклах разного состава, образовавшихся при извержении магматического расплава пикритового состава (образцы Apollo-15 и Apollo-17). Их содержания оказались весьма значительными, что позволило сделать вывод о близости количества летучих в магматических расплавах Луны и в базальтах срединно-океанических хребтов Земли.

Полученные оценки являются важными космохимическими ограничениями для моделей образования системы Земля–Луна.



**ПРОТОСПУТНИКОВЫЕ ТЕЛА ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ: ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА НА СТАДИИ ПЛАВЛЕНИЯ**

**Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН), Вагина О.В. (Ун-т «Дубна»),**

**Черкасова Е.В. (ГЕОХИ РАН)**

**PROTOSATELLITE BODY GIANT PLANETS: VARIATION PHASE COMPOSITION ON THE MELTING STAGE**

**Dorofeeva V.A. (GEOKHI RAS), Vagina O.V. (Dubna University),**

**Cherkasova E.V. (GEOKHI RAS)**

nano\_zibon@mail.ru, тел.:8(495) 939 70 60

*Работа частично поддержана Программой президиума РАН №22 и грантом РФФИ № 11-05-0113 .*

Методами равновесной термодинамики исследовалось влияния неопределенности в соотношениях различных форм С- и N-содержащих летучих компонентов ( $\text{CH}_4:\text{CO}:\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2:\text{NH}_3$ ) газопылевого околосолнечного диска на фазовый состав каменно-ледяных планетезималей, формировавшихся в его внешних регионах. Особое внимание уделялось исследованию влияния указанной неопределенности на состав водного раствора, образующегося при дифференциации каменно-ледяных тел. Рассматриваемая задача является составной частью проблемы образования тел внешней части Солнечной системы, таких как спутников планет-гигантов и объектов пояса Койпера.

**МОДЕЛИ ТИТАНА С ВНУТРЕННИМ ОКЕАНОМ И ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА  
ОТНОШЕНИЕ ЛЕД-ПОРОДА В КАМЕННО-ЛЕДЯНОЙ МАНТИИ**

**Дунаева А.Н., Кронрод В.А., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН)**

**TITAN'S MODELS WITH INTERNAL OCEAN AND WITH ICE/ROCK RESTRICTIONS IN  
THE ROCKY-ICE MANTLE**

**Dunaeva A.N., Kronrod V.A., Kuskov O.L. (GEOKHI RAS)**

[dunaeva@kmail.ru](mailto:dunaeva@kmail.ru)

*Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-00178, № 12-05-00033), а также программы Президиума РАН № 22.*

Наиболее значимая информация о крупнейшем спутнике Сатурна Титане, необходимая для построения моделей его внутреннего строения, была получена в результате космических исследований КА «Кассини». Одним из важнейших результатов работы станции в последние годы явилось обнаружение на Титане следов мощных гравитационных приливов, указывающих на возможное существование океана жидкой воды в недрах спутника (Jess, 2012).

В настоящей работе построены возможные модели внутреннего строения Титана с водяным океаном, состоящего из следующих основных структурных слоев: внешней водно-ледяной оболочки с океаном жидкой воды, каменно-ледяной мантии и железокремнистого ядра. Предполагается существование одной конвективной зоны в каменно-ледяной мантии, что накладывает дополнительные ограничения по глубине на соотношение порода-лед.

При расчетах каменно-ледяная мантия Титана разделялась на отдельные слои – от двух до четырех, в зависимости от величины теплового потока спутника и мощности его водно-ледяной оболочки. Границы между слоями определялись по фазовым переходам в слагающих мантию водяных льдах. Для каждого мантийного резервуара были определены его мощность, плотность, концентрация льда и каменной компоненты, что позволило рассчитать распределение плотности в мантии спутника, количество  $H_2O$  в его оболочках, а также уточнить общее соотношение  $H_2O$ /порода в Титане.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И ТЕРМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ КНОРРИНГИТА  
ПРИ 0–18 ГПА И 298–1673 К

**Дымшиц А.М., Литасов К.Д., Шарыгин И.С., Шацкий А.Ф. (ИГМ СО РАН)**

EQUATIONS OF STATE AND THERMAL PARAMETERS OF KNORRINGITE

AT 0–18 GPA AND 298–1673 K

**Dymshits A.M., Litasov K.D., Sharygin I.S., Shatskiy A. (IGM SB RAS)**

[A.Dymshits@gmail.com](mailto:A.Dymshits@gmail.com), тел.: (913) 473 32 73

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-31351.*

*Интеграционный проект СО РАН (97, 2012-2014)*

При 0–18 ГПа и 300–1673 К для кноррингита проведены *in situ* измерения параметров элементарной ячейки с использованием синхротронного излучения с целью получения уравнения состояния (УС) и определения термических функций. Были использованы уравнения состояния Бирча-Мурнагана (УС ВТБМ) и Ми-Грюнайзена-Дебая (УС МГД), так как большинство термодинамических параметров, имеющих на сегодняшний день, рассчитаны с применением этих подходов. Совместно с кноррингитом в экспериментальных образцах присутствовал эсколаит, что позволило одновременно получить УС для двух минералов. Изначально были рассчитаны объем ( $V_0$ ), модуль сжатия ( $K_{0,300}$ ) и его производная на комнатной изотерме  $K'_{0,300}$ , которые составили  $1547 \text{ \AA}^3$ , 161 ГПа и 4.2, соответственно. Эти данные хорошо согласуются с моделью, полученной в теоретической работе (*Milman et al., 2001*), хотя нулевой объем у них немного выше  $V_0 = 1579.5 \text{ \AA}^3$ . Подгоночные термические параметры в УС ВТБМ при фиксированном значении  $K'_{0,300} = 4$  составили:  $V_0 = 1547.5 \text{ \AA}^3$ ;  $K_{0,300} = 160$  ГПа;  $a = 3.14 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ;  $b = 0.13 \times 10^{-8} \text{ K}^{-1}$ ;  $\partial K_{0,T} / \partial T = -0.011$ , где  $\alpha = a + bT$  – объемный коэффициент термического расширения. В случае, когда все параметры варьируют, было получено:  $V_0 = 1549.1 \text{ \AA}^3$ ;  $K_{0,300} = 149$  ГПа;  $K'_{0,300} = 5.7$ ,  $a = 3.27 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ;  $b = 0.11 \times 10^{-8} \text{ K}^{-1}$  и  $\partial K_{0,T} / \partial T = -0.009$ .  $P$ – $V$ – $T$  данные были также проанализированы с использованием УС МГД. Были получены:  $V_0 = 1548.3 \text{ \AA}^3$ ;  $K_{0,300} = 157$  ГПа;  $K'_{0,300} = 4.9$ ; термический параметр Грюнайзена,  $g = 1.4$  при фиксированном значении температуры Дебая  $\theta = 860$  К и параметра  $q = 1$ ;  
Полученные термические характеристики для кноррингита могут быть использованы для создания термодинамических моделей «мэйджоритовых термобарометров» для оценки давления в природных перидотитовых парагенезисах и экспериментальных образцах.

**ВЕСЭМПГ-2013...035**

**МОДЕЛЬ ГИДРОЛИЗА ПИРОКСЕНА В ПРИСУТСТВИИ КАРБОНАТОВ**

**Ерёмин О.В. (ИПРЭК СО РАН)**

**THE MODEL OF PIROXEN HYDROLYSIS IN PRESENCE OF CARBONATES**

**Yeromin O.V. (INREC SB RAS)**

yeroleg@yandex.ru, тел.: 8(924) 374 38 73

Проблему образования метана в первичной атмосфере Земли и Марса многие исследователи связывают с серпентинизацией мантийных пород (*Etioppe et al., 2011; Szponar et al., 2012*). Экспериментальными работами по гидролизу оливинов было подтверждено абиогенное образование метана (*Neubeck et al., 2011; Lazar et al., 2012*).

В настоящей работе рассмотрена термодинамическая модель гидролиза авгита (диопсид+геденбергит) с участием доломита при стандартных температуре и давлении. Расчёты проведены в ПК «Селектор» (*Чудненко, 2010*).

По результатам моделирования можно сказать, что в процессах серпентинизации пироксенов происходит восстановление присутствующих в системах карбонатов до углерода, водорода и метана. Это подтверждает теоретические и экспериментальные данные об абиогенном происхождении метана при гидролизе основных и ультраосновных пород.

ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ: РЕЗУЛЬТАТЫ  
ЛАБОРАТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И ОЦЕНКИ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И  
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

**Жариков А.В. (ИГЕМ РАН), Витовтова В.М. (ИЭМ РАН),**

**Лебедев Е.Б. (ГЕОХИ РАН), Родкин М.В. (МИТП РАН)**

TRANSPORT PROPERTIES OF CRYSTALLINE ROCKS: THE RESULTS OF LABORATORY  
MEASUREMENTS AND THE ESTIMATIONS ON THE BASIS OF GEOLOGICAL AND  
GEOPHYSICAL DATA

**Zharikov A.V. (IGEM RAS), Vitovtova V.M. (IEM RAS),**

**Lebedev E.B. (GEOKHI RAS), Rodkin M.V. (IEPT RAS)**

[vil@igem.ru](mailto:vil@igem.ru), тел.: 8(499) 230 84 40

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 11-05-00778), Программы 4 РАН и  
Программы 9 ОНЗ РАН*

Проведено сопоставление результатов лабораторных исследований транспортных свойств кристаллических пород при *PT*-параметрах, отвечающих условиям глубинных зон земной коры и метаморфических преобразований, с геологическими и сейсмическими данными. В ходе экспериментов установлено, что при одновременном увеличении температуры и давления, имитирующем увеличение глубины залегания в условиях континентальной коры, влияние последнего превалирует, что, как правило, приводит к уменьшению проницаемости и пористости пород. При *PT*-параметрах прогрессивного метаморфизма, напротив, обычно превалирует влияние высоких температур, приводя к увеличению проницаемости. Результаты петрологических исследований могут свидетельствовать о длительных периодах низкой проницаемости горных пород, которые могли прерываться короткими отрезками высокой. Концепция смены длинных периодов низкой проницаемости короткими высокой поддерживается сейсмическими данными. Однако механизмы увеличения проницаемости в средней коре до сих пор не ясны. Мы предполагаем, что некоторые эпизоды резкого увеличения проницаемости могут быть вызваны развитием положительной обратной связи между образованием микротрещин в процессе метаморфических преобразований пород, что приводит к росту проницаемости и активизируют движение глубинных флюидов, что в свою очередь приводит к ускорению течения процессов метаморфизма.

СРАВНЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА ДЛЯ ОЛИВИНОВ ИЗ ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО РАССЛОЕННОГО ИНТРУЗИВА И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

**Жаркова Е.В.(ГЕОХИ РАН), Арискин А.А. (ГЕОХИ РАН, геол.ф-т МГУ), Фомин И.С. (ГЕОХИ РАН, геол.ф-т МГУ), Николаев Г.С. (ГЕОХИ РАН)**

THE COMPARISON OF THE EXPERIMENTAL DATA OF THE INTRINSIC OXYGEN FUGACITY FOR THE OLIVINES FROM THE IOKO-DOVYREN LAYERED INTRUSION AND THEORETICAL CALCULATIONS

**Zharkova E.V. (GEOKHI RAS), Ariskin A.A. (GEOKHI RAS, Geol.dep. MSU), Fomin I.S. (GEOKHI RAS, Geol.dep. MSU), Nikolaev G.S. (GEOKHI RAS)**

[ariskin@rambler.ru](mailto:ariskin@rambler.ru), [fomin@web.ru](mailto:fomin@web.ru)

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 11-05-00268-а.*

Для исследования были взяты пять оливинов из Йоко-Довыренского мафит-ультрамафитового массива. Проведены экспериментальные определения собственной летучести кислорода (intrinsic oxygen fugacity –  $f_{O_2}$ ) для выбранных объектов. Собственная летучесть кислорода изученных оливинов варьируется в широких пределах – от QFI при температуре 850°C и до WM–QFM при температуре 1100°C. Полученные данные при экстраполяции их на более высокие температуры хорошо совпадают с теоретическими расчетами для этих же образцов (Фомин И.С. и др., 2012).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИСЛОРОДНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАВНОВЕСНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА В МИНЕРАЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЯХ

**Жаркова Е.В., Кадик А.А. (ГЕОХИ РАН)**

USING OXYGEN ELECTROCHEMICAL CELL FOR THE DETERMINATION OF EQUILIBRIUM MEANINGS OF INTRINSIC OXYGEN FUGACITY IN MINERAL ASSOCIATIONS

**Zharkova E.V., Kadik A.A. (GEOKHI RAS)**

[kadik@geokhi.ru](mailto:kadik@geokhi.ru)

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 11-05-92600-а.*

Интересное применение методу прямого измерения собственной летучести кислорода предложил *M.Sato (1972)*. Мы применили этот метод при изучении различных минеральных ассоциаций. Так, например, полученные значения собственной летучести кислорода для оливина, ортопироксена, клинопироксена и шпинели каждого образца шпинелевых лерцолитов близки друг к другу в координатах  $\Delta \log f_{O_2}(\text{образец-QFM}) - 10^4/T^\circ\text{K}$  и располагаются между  $\Delta \log f_{O_2}(WM-QFM)$  и  $\Delta \log f_{O_2}(IW-QFM)$ . Величина собственной летучести минералов свидетельствует о равновесном характере фаз шпинелевых лерцолитов в отношении химического потенциала кислорода. Зависимость  $\Delta \log f_{O_2}(\text{образец-QFM}) - 10^4/T^\circ\text{K}$  для кристаллов оливинов, пироксенов и шпинели отражают специфику химического состояния каждого из них, концентрацию элементов переменной валентности и дефектов в структуре. Вместе с этим, при температурах, которые соответствуют равновесному сосуществованию кристаллов должно быть соблюдено равенство химического потенциала кислорода в них. Это необходимое условие и может быть использовано в качестве одного из геотермометров.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВОГО ПЕРЕНОСА  
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

**Загртденов Н.Р., Николаева И.Ю., Бычков А.Ю. (геол.ф-т МГУ)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF RARE EARTH ELEMENTS SPECIATION IN THE GAS PHASE**

**Zagrtdenov N.R., Nikolaeva I.Y., Bychkov A.Y. (geol.dep. MSU)**

nailzag@yandex.ru, тел.:8(903) 276 39 63

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 13-05-00954*

В последнее время на природных объектах были выявлены свидетельства переноса редкоземельных элементов в газовой фазе (Möller *et al.*, 2003; Gilbert, Williams-Jones, 2008). Настоящая работа направлена на экспериментальное изучение растворимости лантаноидов в системе  $\text{Ln}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ .

Изучена растворимость устойчивых твердых фаз  $\text{La}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Nd}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  и гидроксида смеси лантаноидов. Твердые фазы получены гидротермальным синтезом в автоклавах при 150–350°C. Эксперимент производится в титановых автоклавах, давление задавалось ниже насыщения по жидкой воде. Твердая фаза была заложена в открытую ампулу. Продолжительность опытов составляла 7–9 дней. Контроль температуры осуществлялся предварительно откалиброванной термопарой. После закалки ампулы изымались, смывы проводились азотной кислотой при нагревании и анализировались методом ICP-MS на приборе Element-2.

Наличие аналитически значимых концентраций РЗЭ в конденсатах подтверждает явление переноса редкоземельных элементов в паре, который для La и Nd составляет первые ppb в конденсатах. Отсутствие зависимости растворимости гидроксидных фаз от давления воды говорит о протекании реакции растворения вида:  $\text{Ln}(\text{OH})_3 (\text{тв}) = \text{Ln}(\text{OH})_3 (\text{г})$ .

Для  $\text{Lu}_2\text{O}_3$  растворимость составляет 0.1 ppb, зависимость от давления воды не установлена. Опыты с гидроксидом смеси лантаноидов позволило показать относительную летучесть лантаноидов.



## **ВЕСЭМПГ-2013...040**

### **О НАСЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ ЛИСТОВЫХ ТИТАНОСИЛИКАТОВ**

**Зайцев В.А. (ГЕОХИ РАН)**

**ABOUT STRUCTURE ELEMENTS INHERITANCE DURING THE TITANOSILICATE MELTING**

**Zaitsev V.A. (GEOKHI RAS)**

[alkaline@geokhi.ru](mailto:alkaline@geokhi.ru), тел.: 8(495) 939 70 63

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-31254.*

В последние годы большое внимание привлекает явление трансформации минералов, в которых образование новой фазы происходит с сохранением устойчивых фрагментов структуры. Такие преобразования обсуждаются как возможные этапы жизни минералов с гетерополиэдрическими каркасами на низкотемпературных стадиях формирования щелочных массивов (*Хомяков, 1990, Пеков, 2005, Селиванова, 2012, и др.*)

Автором изучалось инконгруэнтное плавление распространенных листовых титаносиликатов. Плавление лампрофиллита происходит с образованием таусонита, фрейденбергита и рутила. Плавление ломоносавита сопровождается кристаллизацией луешита и фрейденбергита. Плавление астрофиллита сопровождается образованием ильменита.

Проведенное сопоставление структур исходных титаносиликатов со структурами образующихся оксидов показало, что ни в одном из трех случаев невозможно выделить какие-либо наследуемые мотивы. Следовательно, во всех трех случаях сначала происходит плавление, при котором исходная структура «разбирается» на элементы не крупнее отдельного полиэдра, а затем из расплава происходит кристаллизация оксидных фаз.

Можно сделать вывод, что трансформационный механизм преобразования имеет верхний температурный предел реализации, и для титаносиликатов этот предел не превышает 735°C (температура инконгруэнтного плавления астрофиллита).

## **ВЕСЭМПГ-2013...041**

**ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О КР-СПЕКТРАХ ПРОДУКТОВ КИСЛОТНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ СИЛИКАТОВ**

**Зайцев В.А. (ГЕОХИ РАН)**

**PRELIMINARY RAMAN DATA ABOUT PRODUCTS OF SOME SILICATES ACID DECOMPOSITION**

**Zaitsev V.A. (GEOKHI RAS),**

[alkaline@geokhi.ru](mailto:alkaline@geokhi.ru), тел.: 8(495) 939 70 63

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-31254, с использованием оборудования, приобретенного за счет средств Программы развития Московского университета.*

Известно, что при кислотном разложении некоторых силикатов (в т.ч. эвдиалита и нефелина) кремнезем переходит в раствор, а затем, в зависимости от условий процесса происходит коагуляция с образованием кремнеземистого геля или осадка (*Захаров и др., 2002*).

Получены КР-спектры высушенных гелей и осадков, полученных при выщелачивании эвдиалита холодной и горячей азотной кислотой, исходного эвдиалита, реликтов и эвдиалитовых зерен, а также высушенного осадка, полученного при разложении нефелина горячей азотной кислотой. Прослежена постепенная эволюция КР-спектров от исходного эвдиалита через спектры частично-измененных зерен к спектрам гелей, полученных в низкотемпературных условиях. Спектры осадков, полученных при разложении эвдиалита горячей кислотой невозможно параллелизовать со спектрами продуктов холодного разложения. Они близки, но не идентичны спектрам кремнеземистого геля, полученного при разложении нефелина.

Можно сделать вывод, что при кислотном разложении минералов некоторые элементы структуры (вероятно, кремнекислородные кольца) без разрушения переходят в раствор, а затем наследуются коллоидными образованиями.

## ВЕСЭМПГ-2013...042

СИНТЕЗ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ  
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ УДАРНЫХ ПРОЦЕССАХ

**Зайцев М.А., Герасимов М.В., Сафонова Э.Н. (ИКИ РАН),**

**Иванова М.А., Лоренц К.А., Корочанцев А.В. (ГЕОХИ РАН)**

SYNTHESIS AND PROCESSING OF ORGANICS DURING THE HYPERVELOCITY  
IMPACTS

**Zaitsev M.A., Gerasimov M.V., Safonova E.N. (IKI RAS),**

**Ivanova M.A., Lorenz C.A., Korochantsev A.V. (GEOKHI RAS)**

[mzaitsev@iki.rssi.ru](mailto:mzaitsev@iki.rssi.ru), тел.: 8(495) 333 35 12

*Грант РФФИ № 12-05-01161-а и программы Президиума РАН №22 и 28*

В твёрдых конденсатах – продуктах ударно-испарительного преобразования перидотита в экспериментах с импульсным лазером в газовой среде, моделирующей состав атмосферы Титана, с помощью метода пиролитической газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией (ПГХ/МС) обнаружено большое число различных летучих органических соединений (нитрилов, производных фурана, карбонильных соединений, предельных и непредельных алифатических, алициклических и ароматических углеводородов). Групповой состав органики в данных экспериментах схож с таковым (кроме серосодержащих соединений) для углистых хондритов Murchison (СМ2) и Каинсаз (СО3) и продуктов их ударно-испарительного преобразования в инертной атмосфере, также исследованных методом ПГХ/МС.

В результате высокоскоростных ударных процессов может происходить как первичный синтез, так и химическая модификация органического вещества с образованием новых соединений, главным образом – гетероатомных, с вовлечением в качестве источника строительного материала, как компонентов газовой атмосферы, так и минеральных компонентов импактных тел. Таким образом, ударные процессы играют важную роль в накоплении и модификации органического вещества в составе больших и малых тел Солнечной системы.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> В ПАРОВОЙ ФАЗЕ СИСТЕМЫ H<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ**  
**Закиров И.В., Суворова В.А., (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЕМ РАН)**

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SOLUBILITY OF Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> IN THE STEAM PHASE OF H<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> SYSTEM AT INCREASED TEMPERATURES AND PRESSURE**

**Zakirov I.V., Suvorova V.A., (IEM RAS), Aranovich L.Ja. (IGEM RAS)**

lera@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 25 54

Взаимодействие растворов хлоридов щелочей с карбонатными породами при повышенных температуре и давлении может приводить к появлению в гидротермальном растворе значительных количеств карбонатов щелочных металлов по схеме: CaCO<sub>3</sub> + 2NaCl (раствор) = Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (раствор) + CaCl<sub>2</sub> (раствор). В связи с этим информация о термодинамических свойствах щелочно-карбонатных растворов представляет значительный интерес для геохимии гидротермальных систем.

Проведена серия опытов по определению состава пара на кривой кипения в бинарной системе H<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в широком диапазоне состава исходного раствора в интервале температуры 300÷500°C и давления 10.36÷48.28 МПа. Опыты выполнялись на оригинальной установке (Закиров, Сретенская, 1994), позволяющей отбирать пробу пара в режиме эксперимента. Использована модифицированная установка, в которой применена комбинация материалов реактора и внутренней ампулы для отбора пробы паровой фазы, а также по коэффициентам термического расширения подобраны новые материалы узлов и уплотнений установки, обеспечивающие её герметичность и устойчивость в сильнощелочных средах.

Содержание Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в конденсате пара во внутреннем сосуде и в растворе, оставшемся в объеме автоклава, после опытов определяли методом эмиссионно-пламенной фотометрии. Помимо содержания Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в паре и в растворе, также измеряли рН закалочных фаз. Границы области гомогенности системы H<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> установлены определенно для низкоконцентрированных (0,01÷0,005 М) растворов. Достаточно хорошо прослеживается рост растворимости Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> с давлением при температурах 300, 350, 400, 450 и 500°C, особенно для концентрированных составов исходного раствора.

**КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ДИОКСИДА СЕРЫ ВНУТРИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ КУПОЛОВ**

**Зеленский М.Е. (ИЭМ РАН), Galle B. (Chalmers University, Sweden),**

**Таран Ю.А. (UNAM, Mexico), Мельников Д.В. (ИВУС ДВО РАН),**

**Ушаков С.В. (ИВУС ДВО РАН)**

**CATALYTIC OXIDATION OF SULFUR DIOXIDE INSIDE VOLCANIC DOMES**

**Zelenski, M.E. (IEM RAS), Galle B. (Chalmers University, Sweden),**

**Taran Yu.A. (UNAM, Mexico), Melnikov D.V. (IVS FED RAS),**

**Ushakov S.V. (IVS FED RAS)**

[zelen@iem.ac.ru](mailto:zelen@iem.ac.ru), тел.: 8(926) 255 59 48

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-00936.*

Дистанционные измерения эмиссии  $\text{SO}_2$  на вулканах посредством УФ спектроскопии широко используются во всем мире. Остальные компоненты газов ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ) измеряются средствами ИК спектроскопии, либо определяются при помощи пробоотбора на вулкане. Присутствие S(VI) в вулканических газах до сих пор считалось нехарактерным.

В настоящем докладе мы сообщаем, что S(VI) в форме газообразных  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{SO}_3$  может присутствовать в значительных количествах или даже преобладать над S(IV) в фумарольных газах, разгружающихся на андезитовых куполах. Это происходит за счет каталитического окисления  $\text{SO}_2$  кислородом воздуха внутри купола в присутствии пород, покрытых кристаллами  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Другим фактором окисления служит высокое содержание воздуха в фумарольных газах благодаря проницаемой блоковой структуре андезитовых куполов. Гомогенное окисление  $\text{SO}_2$  кислородом не происходит с заметной скоростью ниже  $1000^\circ\text{C}$ .

Высокие концентрации S(VI) были выявлены в 2012 году в газах вулкана Безымянный, Камчатка, где сумма  $\text{SO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  составила до 45 mol % в общем балансе серы и достигала 86 mol % в некоторых фумаролах. При средней измеренной эмиссии  $\text{SO}_2$  ~212 тонн/сут на Безымянном это соответствует добавочной эмиссии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  около ~265 тонн/сут.

Эксперименты показали, что при взаимодействии породы (андезит) с газом, в состав которого входят  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{HCl}$ , на поверхности породы происходит образование смеси сульфатов, содержащих  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Данная смесь обладает высокой каталитической активностью и аналогична по составу промышленным железоксидным катализаторам, применяемым в сернокислотном производстве. При обработке пород газами без  $\text{HCl}$ , оксид железа не образуется и порода не приобретает каталитические свойства.

Описанное явление имеет большое значение для химии атмосферы и оценки глобальной эмиссии серы на вулканах. Дело в том, что подавляющее большинство измерений вулканических эмиссий в мире производится в настоящее время дистанционными методами УФ и ИК спектроскопии, которые не регистрируют соединения шестивалентной серы. В результате оценки эмиссии серы на вулканических куполах и в целом в атмосферу планеты могут оказаться сильно заниженными, поскольку вулканические купола являются одним из наиболее распространенных типов наземных вулканов.

**ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В СВЕЖЕВЫПАВШИХ ХОНДРИТАХ ASH CREEK И TAMDAKHT**

**Ивлиев А.И., Куюнко Н.С. (ГЕОХИ РАН)**

**THE THERMOLUMINESCENCE IN THE FRESH-FALLEN ASH CREEK AND TAMDAKHT CHONDRITES**

**Ivliev A.I., Kuyunko N.S. (GEOKHI RAS)**

[cosmo@geokhi.ru](mailto:cosmo@geokhi.ru) тел.: 8(499)137 83 14

*Работа частично поддержана Программой № 22 фундаментальных исследований Президиума РАН и Программой № 4 ОНЗ РАН.*

Проведено исследование термолюминесценции в свежевypавших хондритах Ash Creek (L6) и Tamdakht (H5). Исследуемые в данной статье метеориты принадлежат к двум наиболее распространённым H- и L-группам обыкновенных хондритов. На их долю приходится около 70% падений метеоритов.

Хондрит Ash Creek выпал утром 15 февраля 2009 г. недалеко от города West в округе McLennan County, штат Техас, США. Плотность рассеяния выпавшего вещества небольшая; длина эллипса рассеяния превышает 25 км. По углу наклона, длине эллипса рассеяния и количеству найденного материала можно сделать вывод, что скорость болида была высокой, около 25 км/с, и большая часть вещества не долетела до поверхности Земли. Хондрит классифицирован как обыкновенный хондрит группы L6, ударный класс – S3 (Weisberg, 2009).

Метеорит Tamdakht выпал 20 декабря 2008 г. в Марокко в гористом районе между городами Marrakesh и Ouarzazate, недалеко от посёлка Tamdakht. Размер эллипса рассеяния составил ~25×2 км. Наиболее вероятно, что падение было высокоскоростным и неповрежденных индивидуальных экземпляров очень мало. Хондрит классифицирован как обыкновенный хондрит группы H5, ударный класс – S3 (Weisberg, 2009).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ НАПЛАВЫ КВАРЦЕВЫХ СТЕКОЛ ИЗ КВАРЦИТОВ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУРАЛ-САРЬДАГ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)**

**Игуменцева М.А., Лебедев А.С. (ИМ УрО РАН, Муасс)**

**EXPERIMENTAL NAPLAVA OF QUARTZ GLASSES FROM QUARTZITES OF THE FIELD  
OF BURAL-SARDAG (EAST SAYAN MOUNTAINS)**

**Igumentseva M. A., Lebedev A.S. (IM UB RAS)**

[maria@ilmeny.ac.ru](mailto:maria@ilmeny.ac.ru), тел.: 3(513)57 04 08

*Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН № 27, Программы фундаментальных исследований, выполняемых совместно с организациями СО и ДВО РАН, гранта молодых ученых УрО РАН*

Месторождение кварцитов Бурал-Сарьдаг (Восточный Саян) является возможным источником для получения особо чистого кварцевого стекла, используемого в высокотехнологичных отраслях производства. По результатам оптических исследований на месторождении распространены три основных минеральных типа вторичных кварцитов: монокварцит, диккитовый кварцит и графитовый кварцит (Кабанова, 2012). В данной работе при проведении тестовых наплавов использовались два типа кварцитов: монокварцит и диккитовый кварцит. Глубокое обогащение кварцевых концентратов было проведено по схеме дробление, магнитная сепарация и травление в кислотах. Эксперименты по наплаву кварцевых стекол были проведены на модернизированной вакуумной высокотемпературной печи СНВЭ 1.3.1/16. Измерения качественных характеристик полученных стекол были проведены в Южно-Уральском центре коллективного пользования по исследованию минерального вещества (государственная аккредитация № РОСС ту. 0001. 514536 в Государственном реестре), действующим на базе Института минералогии Уральского отделения РАН. В результате проведенных измерений были получены: спектры пропускания в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной области, а также двулучепреломление, оптическая однородность, мелкозернистая неоднородность, содержание гидроксильных групп, которые являются важнейшими характеристиками качества кварцевого стекла.

**РАСТВОРИМОСТЬ ВОССТАНОВЛЕННЫХ N-C-O-H ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ В ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ И ТЕМПЕРАТУРЕ И НИЗКОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА**

**Кадик А.А., Крюкова Е.Б. (ГЕОХИ РАН), Колташев В.В. (ИЦВО РАН), Цехоня Т.И. (ГЕОХИ РАН)**

**SOLUBILITY OF REDUCED N-C-O-H VOLATILES IN Fe-BEARING SILICATE MELTS AT HIGH PRESSURE AND TEMPERATURE AND LOW OXYGEN FUGACITY**

**Kadik A.A., Kryukova E.B. (GEOKHI RAS), Koltashev V.V. (FORC RAS), Tsekhonya T.I. (GEOKHI RAS)**

[elena@fo.gpi.ru](mailto:elena@fo.gpi.ru); тел.: 8(499) 503 81 81

*Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 11-05-00926а.*

*Программа Президиума РАН 28, ОНЗ-9.*

Крупномасштабное плавление ранней мантии Земли под действием гигантских импактных процессов сопровождалось образованием летучих компонентов, состав которых во многом определялся взаимодействием основных газообразующих элементов N, C, O, H с силикатными и металлическими расплавами при низкой летучести кислорода  $fO_2$ , преобладающей в процессе металлической сегрегации и самоокисления магматического океана. Данная работа посвящена растворимости восстановленных N–C–O–H летучих в Fe-содержащих силикатных расплавах при высоком давлении 4 ГПа и температуре 1550–1600°C и летучести кислорода ниже буферного равновесия железо–вюстит ( $\Delta \log fO_2(IW)$ ).

Для выяснения механизмов совместного растворения и относительной концентрации N, C, O и H в магмах как функции  $fO_2$  методами комбинационного рассеяния (КР) и инфракрасной (ИК) Фурье-спектроскопии изучены стекла - продукты закалки восстановленных модельных силикатных расплавов (Kadik et al., 2004, Javoy et al., 2010). Экспериментально установлено, что силикатный расплав содержит комплексы с N–H связями ( $NH_3$ ,  $NH_4^+$ ,  $NH_2^-$ ), молекулы  $N_2$  и  $H_2$ , C–H связи вида ( $CH_4$ ), а также окисленные формы H (гидроксил  $OH^-$  и молекулярную воду  $H_2O$ ). В области значений  $fO_2$  от -2 до -5 растворимость N, C and H колеблется от 0.4 до 1.9 вес. %, от 0.4 до 0.3 вес. %, и от 0.2 and 0.3 вес. %, соответственно.



**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ Pt, W ФОЛЬГИ, УГЛЕРОДА И КОМПОНЕНТОВ Fe–СОДЕРЖАЩЕГО СИЛИКАТНОГО РАСПЛАВА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ЗАДАННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ ВОДОРОДА ( $f_{H_2}$ )**

**Кадик А.А., Куровская Н.А., Игнатьев Ю.А., Кононкова Н.Н., Крюкова Е.Б. (ГЕОХИ РАН), Колташев В.В. (ИЦВО РАН)**

**STUDY OF THE INTERACTION OF Pt, W FOIL, CARBON AND Fe–RICH SILICATE MELT COMPONENTS IN EXPERIMENTS AT HIGH PRESSURES AND FIXED HYDROGEN FUGACITY ( $f_{H_2}$ )**

**Kadik A.A., Kurovskaya N.A., Ignatjev Yu.A., Kononkova N.N., Krjukova E.B. (GEOHI RAS), Koltashev V.V. (FORC, RAS)**

[Kadik@geokhi.ru](mailto:Kadik@geokhi.ru), тел.: 8(495) 939 78 67

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-05-00926.*

*Программы ОНЗ РАН №8*

Принципиальной трудностью при проведении экспериментов с использованием Pt капсул является взаимодействие Fe–содержащего силикатного расплава и сплавов Fe с Pt, что является предметом нашего исследования. В данной работе авторы провели более детальный анализ взаимодействия между Pt, W фольгой, используемой для футеровки стенок Pt капсул, углеродом и компонентами Fe–содержащего силикатного расплава на примере исследования равновесия «железосодержащий силикатный расплав (ферробазальт) + (расплав Fe–C) + C(графит) +H» при 1400°C, 1.5ГПа и  $f_{H_2}$ , регулируемой путем использования метода двойных Pt капсул с исследуемым веществом и графитовым диском в верхней камере и кислородным буфером с добавкой воды (Fe–FeO+H<sub>2</sub>O) в нижней камере. Результаты анализа продуктов эксперимента методом электронного микрозонда показывают ограниченную растворимость Fe в W фольге, Fe и W в Pt стенках верхней камеры (до 0.2–0.3 мас.%). Содержание углерода в W фольге и Pt, продуктах эксперимента в нижней камере (до 0.8 мас.%), несмотря на его отсутствие в исходной буферной смеси, свидетельствует о диффузии углерода из верхней камеры в нижнюю через Pt разделительный диск, что подтверждает наблюдения предыдущих исследователей. Данные анализа ферробазальтового стекла методами электронного микрозонда и ИК спектроскопии подтверждают наличие диффузии водорода, генерируемого буферной смесью  $W+H_2O$ , из нижней камеры в верхнюю с образованием в ферробазальтовом расплаве (H<sub>2</sub>O+OH).

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В ЧАСТИЧНО-РАСПЛАВЛЕННЫХ  
ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПРИ УСЛОВИИ ИНВЕРСИИ ПЛОТНОСТИ**

**Каракин А.В., Покаташкин П.А. (ВНИИГеосистем)**

**PARTIALLY MOLTEN ROCK DIFFERENTIATION UNDER CONDITIONS OF DENSITY  
INVERSION: AN ANALYSIS**

**Karakin A.V., Pokatashkin P.A. (VNIIGeosystems)**

p.a.pokatashkin@gmail.com, тел.: 8(963) 928 19 91

В данной работе рассматривается проблема интерпретации геохимических лабораторных экспериментов, направленных на исследование дифференциации частично расплавленных пород. Дифференциация вещества происходит в планетах земной группы на определенной стадии их эволюции. В поле силы тяжести тяжелые и легкие частицы движутся в расплаве в разных направлениях. В результате в лабораторных экспериментах, а также в недрах планет образуются слои с разным химическим и петрологическим составом. В определенных условиях в этих слоях возникает инверсия плотности. Предполагается, что существуют следующие стадии процесса: 1) разделение частиц, не связанных сильной гидродинамической связью («смазочным слоем»); 2) постепенное обеднение легкими частицами верхней части слоя, состоящего из частиц связанных сильной гидродинамической связью и тяжелыми частицами нижней части этого слоя; 3) возникновение неустойчивости Релея-Тейлора для слоя с инверсной плотностью; 4) дифференциация разрушенного неустойчивостью инверсного слоя.

В работе рассматриваются вторая и третья стадии. Оценено время существования сильной гидродинамической связи для пары частиц, а также время развития неустойчивости Релея-Тейлора.

**ОТЖИГ ТРЕКОВ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В МИНЕРАЛАХ СИЛИКАТОВ И ФОСФАТОВ В ПРИМЕНЕНИИ К ИССЛЕДОВАНИЮ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ МЕТЕОРИТОВ**

**Кашкаров Л.Л., Калинина Г.В., Павлова Т.А. (ГЕОХИ РАН)**

**THERMAL ANNEALING OF CHARGE PARTICLE TRACKS IN SILICATE AND PHOSPHATE MINERALS FOR INVESTIGATION OF THE RADIATION-THERMAL METEORITE HISTORY**

**Kashkarov L.L., Kalinina G.V., Pavlova T.A. (GEOKHI RAS)**

[leokash@mail.ru](mailto:leokash@mail.ru), тел.: 8(496) 522 19 88

*Работа поддержана Программой №22 Фундаментальных Исследований РАН*

Вещество метеоритов характеризуется степенью их ударной и термической переработки. Основными характеристиками, используемыми для описания степени этого воздействия, являются структурные и петролого-химические признаки. Вместе с тем, такие радиационные эффекты, как образование треков вдоль следов торможения тяжелых заряженных частиц, могут оказаться крайне полезными при рассмотрении истории формирования вещества метеоритов. В частности, для вещества обыкновенных хондритов могут наблюдаться следы радиационного воздействия, относящиеся к ранней истории формирования их родительских тел, начиная с доаккреционного этапа. Основными положениями при этом являются следующие: 1) Наличие разного рода заряженных частиц, среди которых основными являются ядра группы железа солнечных космических лучей (СКЛ) и осколки деления U, входящего в состав обогащенных этим элементом фосфатов; 2) Разная способность сохранности треков для различных минералов. В настоящей работе, исходя из сопоставления данных трекового анализа кристаллов фосфатов и силикатов, проводится количественная оценка верхней пороговой величины температуры нагрева вещества метеорита в течение всего интервала времени, прошедшего с момента начала накопления треков. При этом, треки в кристаллах фосфатов накапливаются, начиная со времени остывания родительского тела данного метеорита до температуры сохранности следов торможения осколков деления  $^{238}\text{U}$ . Треки от ядер тяжелых элементов космических лучей, облучение которыми происходит в незащищенном состоянии на доаккреционной стадии или в условиях реголита на поверхности родительского тела метеорита, в отсутствие последующего сильного нагрева вещества сохраняются с момента их формирования. При этом, обнаружение таких треков в кристаллах силикатов рассматривается как неоспоримый факт облучения части вещества на доаккреционном, или реголитном этапе формирования родительского тела данного метеорита.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ КРИСТАЛЛОВ ОЛИВИНА ОТ  
ДОАТМОСФЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МЕТЕОРИТА ИГЛ СТЭЙШН**

**Кашкаров Л.Л., Калинина Г.В., Павлова Т.А. (ГЕОХИ РАН), Багуля А.В., Гончарова  
Л.А., Коновалова Н.С., Окатьева Н.М., Полухина Н.Г., Старков Н.И. (ФИАИ)**

**DETERMINATION OF THE OLIVINE CRYSTALS PREATMOSPHERIC DEPTH POSITION  
IN THE EAGLE STATION METEORITE**

**Kashkarov L.L., Kalinina G.V., Pavlova T.A. (GEOKHI RAS), Bagulya A.V., Goncharova  
L.A., Konovalova N.S., Okateva N.M., Polukhina N.G., Starkov N.I. (LPI RAS)**

[leokash@mail.ru](mailto:leokash@mail.ru), тел.: 8(496) 522 19 88

*Исследования выполнены при поддержке РФФИ грант №10-02-00375-а и Программы №22  
Фундаментальных Исследований РАН*

Образец палласита Игл Стэйшн, кристаллы оливина из которого используются в качестве природного трекового детектора ядер сверхтяжелых (SH) элементов галактических космических лучей (ГКЛ), представляет собой отдельный фрагмент метеорита размером около  $3 \times 4$  см. Исследования проводятся в рамках проекта ОЛИМПИЯ (*Ginzburg et al., 2004*). Одной из характеристик каждого кристалла оливина, необходимых для оценки как потока регистрируемых по трекам ядер сверхтяжелых элементов ГКЛ, так и их энергии, является глубина залегания используемых кристаллов в доатмосферном теле метеороида. Для определения этих параметров в настоящей работе применен способ, основанный на измерении плотности треков ядер VH-группы (группа железа) ГКЛ. Сравнительно небольшой размер исследуемого образца Игл Стэйшн не позволяет получить глубинное распределение изученных кристаллов оливина в теле метеороида по величине регистрируемой в них плотности треков. Однако среднее значение последней дает возможность оценить эффективную глубину залегания этих кристаллов от доатмосферной поверхности метеороида. На основании полученных для ~90 кристаллов оливина данных, а также, исходя из возраста космического облучения метеороида Игл Стэйшн, равного ~300 млн. лет, определена глубина залегания исследуемого фрагмента метеорита, равная  $(4 \pm 2)$  см. Для изученных кристаллов приводится сопоставление величин наблюдаемой в них плотности треков от ядер VH-группы и числа фиксируемых в каждом кристалле треков от ядер SH-элементов ГКЛ.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ В ЯДРЕ ЗЕМЛИ**

**Киркинский В. А. (ИГМ СО РАН)**

**THEORETICAL AND EXPERIMENTAL MODELING  
OF NUCLEAR REACTIONS IN THE EARTH'S CORE**

**Kirkinskii V. A. (IGM SB RAS)**

[kirkinsk@igm.nsc.ru](mailto:kirkinsk@igm.nsc.ru)

На основе проведенного компьютерного моделирования методом молекулярной динамики были рассчитаны скорости ядерных реакций синтеза в кристаллических структурах Pd, Ti,  $\alpha$  и  $\gamma$  модификаций Fe при низких энергиях. В экспериментах с Pd под давлением газообразного дейтерия до 50 бар при температурах до 500°C был доказан выход избыточной энергии, согласующийся с расчетом. Разработана теоретическая модель преодоления кулоновского барьера в среде свободных электронов металлов, проведено компьютерное моделирование ядерных реакций изотопов водорода в металлах, что позволило объяснить расхождения между стандартной теорией и результатами экспериментов. В опытах итальянских физиков в системе Ni-H при температурах 150–600°C и давлениях до 50 бар были обнаружены трансмутации элементов и выделение избыточной энергии порядка 1Вт/г никеля. Все эти результаты, а также изотопный состав гелия и других элементов в породах глубинных плюмов, подтверждают высказанную нами ранее гипотезу о возможности ядерных реакций синтеза и трансмутаций в ядре Земли. Обсуждается их роль в геохимии, геоэнергетике и геодинамике.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД ГАРЦА  
(ГЕРМАНИЯ)

**Клиш И., Геворкян Р.Г. (фак. географии и геологии, ЕГУ, Армения)**

DINAMICAL MODEL OF FORMATION OF MAGMATIC ROCKS OF HARZ (GERMANY)

**Klisch I., Gevorkyan R.G. (Fac. geography and geology, YSU, Armenia)**

[rgev@ysu.am](mailto:rgev@ysu.am), тел.: (+37410) 57 81 35

Модель формирования комплекса пород Гарца основана на тектонических, петрологических и геохимических данных реконструкций.

С **петрологической** точки зрения магматические породы Гарца образовались из первичной щелочно-земельной (толеитовой) магмы в условиях повышения щелочности. Первичный состав отвечает габбро-норитам. На примере гранитов массива Брокен показано развитие защелачивания расплава в связи с калиевым метасоматозом. Этот процесс сопровождается образованием мирмекита, причем это связано как с калиевым так и с натрий-кальциевым метасоматозом.

В силу кислотно-основного взаимодействия компонентов в расплавах возрастание щелочности ведет к повышению потенциалов оснований в порядке понижения их электроотрицательности, т.е. в порядке:  $K_2O, Na_2O > CaO > MgO > FeO > Fe_2O_3, Al_2O_3 > SiO_2 > P_2O_5, V_2O_5$ .

С **геохимической** точки зрения, рассмотрение статистических данных по геохимическим особенностям, поведение K, Na, Ce, Y, Zr, Li, Rb, Cs, Sr, Pb, Cu, Mg, Fe, Ba, Nb и др. металлов в Гарце подтвердило действие механизма влияния колеблющейся щелочности на кристаллизацию магматических расплавов. При этом установлено, что такая кристаллизация приводила аналогично петрогенным элементам к дискретности поведения содержания редких элементов и металлов. Одновременно установлена специализация серий гранитов Гарца в отношении ряда элементов (например, Pb и Cu), а также редких элементов ( $\Sigma TR, Li, Rb$ ).

Рассмотрение петролого-геохимических особенностей палеозойского магматического комплекса и выдвинутая комплексная **динамическая модель** формирования постколлизийных гранитоидов Гарца по совокупности всех данных приводит к мнению, что все магматиты могут быть отнесены к континентальной стадии формирования. Это подтверждается также данными по изохроне отношения  $^{87}Sr/^{86}Sr$ : граниты Брокена, Окера –  $0.714 \pm 0.003$ , аплиты –  $0.722 \pm 0.003$ .

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МИНЕРАЛОВ СЕРИИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ЭПИДОТ–«Ga-ЭПИДОТ»

**Ковальская Т.Н., Варламов Д.А., Котельников А.Р., Калинин Г.М. (ИЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF CRYSTALLIZATION FOR MINERALS OF EPIDOTE – «Ga-EPIDOTE» SOLID SOLUTIONS SERIA

**Kovalskaya T.N., Varlamov D.A., Kotelnikov A.R., Kalinin G.M. (IEM RAS)**

[tatiana76@iem.ac.ru](mailto:tatiana76@iem.ac.ru), [dima@iem.ac.ru](mailto:dima@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 57

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 11-05-01087-а*

Синтез фаз, отвечающих составам твердых растворов в ряду эпидот – «Ga-эпидот» (с заменой в позиции M2 трехвалентного железа на галлий) проведен в два этапа: синтез стекол соответствующего состава и последующая их раскристаллизация для получения кристаллических индивидов с необходимой стехиометрией. В опытах использовались как высокотемпературная газовая установка (платиновые ампулы,  $T=1250^{\circ}\text{C}$ ,  $P=4$  кбар, длительность 6 часов), так и высокотемпературная печь –  $T=1500^{\circ}\text{C}$  при атмосферном давлении, платиновые ампулы (длительность 3 часа). В качестве стартовых компонентов использованы стехиометричные смеси гелей  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ; в качестве флюидной фазы – дистиллированная вода, соотношение навеска/флюид – 10:1. В экспериментах изучались два типа изоморфизма в эпидотах: (а) отвечающий природным наблюдениям вариант  $\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Ga}^{3+}$  (составы с шагом 25 ат. %); и (б) одновременное замещение  $\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Ga}^{3+}$  и  $\text{Al}^{3+} \leftrightarrow \text{Ga}^{3+}$  в различных позициях в условиях пересыщения системы галлием для оценки возможности вхождения Ga в позицию M3 на место  $\text{Al}^{3+}$  с образованием дважды замещенной эпидотоподобной фазы состава  $\text{Ca}_2\text{Ga}_2\text{Ga}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$ .

В результате опытов по плавлению стекол с 25% и более Ga –эпидота получились гомогенные стекла необходимых  $Er - (\text{Ga})-Er$  составов, в опыте по синтезу чисто железистого эпидота вместе со стеклом выпало несколько кристаллов магнетита. Контроль гомогенности и стекловатости проводился на микронзонде и дифрактометрией. Впоследствии стекла были раскристаллизованы с образованием микрокристаллитов размером до 50-60 мк. Порошковой дифрактометрией определены параметры кристаллической решетки полученных фаз.

**ВЕСЭМПГ-2013...055**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ  
ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЛАРНИТ-НОРМАТИВНЫХ КИМБЕРЛИТОПОДОБНЫХ  
РАСПЛАВОВ. СОСТАВ КЛИНОПИРОКСЕНОВ**

**Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF HIGH-TEMPERATURE DIFFERENTIATION OF LARNITE-  
NORMATIVE KIMBERLITE MELTS. CLINOPYROXENE COMPOSITION**

**Kogarko L.N. (GEOKHI RAS)**

kogarko@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 3116

Проведены экспериментальные исследования фазовых равновесий в процессе кристаллизации кимберлитоподобного ларнит-нормативного высококальциевого расплава. Главными минералами в процессе кристаллизации являются оливин, клинопироксен, мелилит, шпинель. В области высоких давлений на ликвидусе появляется гранат. В процессе кристаллизации происходит изменение состава пироксена.

С ростом температуры в пироксенах возрастают содержания алюминия и натрия в то время как концентрации кремния, магния и железа имеют тенденцию к уменьшению. В связи с тем, что концентрации алюминия с увеличением давления возрастают более значимо по сравнению с натрием-дифференциация в области повышенных температур будет способствовать появлению в остаточных расплавах агпаитового характера.

Таким образом, высокотемпературная дифференциация магматических высококальциевых расплавов будет приводить к очень быстрому обеднению остаточных жидкостей алюминием и возникновению пересыщенных щелочами жидкостей.



ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ  $H_3PO_4$ , pH И  $T-P-X$  ПАРАМЕТРОВ ФЛЮИДА НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ РЗЭ-СОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ

**Колонин Г.Р., Широносова Г.П. (ИГМ СО РАН)**

THERMODYNAMIC MODEL OF  $H_3PO_4$  CONCENTRATION, pH AND  $T-P-X$  PARAMETERS OF FLUID INFLUENCE ON QUANTITY RELATIONSHIPS OF REE-BEARING MINERALS

**Kolonin G.R., Shironosova G.P. (IGM SB RAS)**

[shiron@igm.nsc.ru](mailto:shiron@igm.nsc.ru), тел.: (383) 333 3026

*Работа выполняется при поддержке РФФИ, грант № 11-05-00662*

Проведено термодинамическое моделирование влияния концентрации фосфора на количественные соотношения РЗЭ-фторапатита, монацита, РЗЭ-флюорита и кальцита в интервале температур 500–100°C, давлений 2000–125 бар и концентраций HF 0.01–0.002 *m* (г-моль/кг  $H_2O$ ) с помощью программного комплекса HCh (Шваров, 1999). Воздействию близонейтральных и слабощелочных карбонатно-хлоридно-фторидных растворов подвергался монацит в присутствии кальцита. Концентрация фосфора в системе варьировалась от 0.01 до 0.0001 *m*, который вводился в виде  $H_3PO_4$ .

В концентрированных по  $H_3PO_4$  (0.01 *m*) близонейтральных растворах при всех температурах устойчивыми оказываются преобладающий РЗЭ-фторапатит и монацит в количествах, не зависящих от концентрации HF. В процессе снижения концентрации фосфорной кислоты до 0.001 *m* количество РЗЭ-фторапатита в ассоциации уменьшается в близонейтральных растворах примерно на порядок при всех температурах, тогда как монацит остается почти на исходном уровне. При этом с понижением температуры в возрастающих количествах становится устойчивым РЗЭ-флюорит, который при понижении концентрации фтора в системе уступает место кальциту. Уменьшение концентрации  $H_3PO_4$  до 0.0001 *m* в близонейтральном растворе приводит к последующему уменьшению количества РЗЭ-фторапатита еще на порядок, а монацит остается устойчивым в максимально возможном количестве. К преобладанию РЗЭ-фторапатита над монацитом в 0.001 *m* по фосфору флюиде приводит увеличение его щелочности, при этом рост pH ведет еще к исчезновению РЗЭ-флюорита и повышению устойчивости кальцита.

ТЕСТИРОВАНИЕ ЛИКВИДУСНЫХ ТЕРМОБАРОМЕТРОВ ДЛЯ ОЛИВИНА, ПЛАГИОКЛАЗА И АВГИТА КАК ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ КРИМИНАЛ

**Коптев-Дворников Е.В., Бычков Д.А. (геол. ф-т МГУ)**

TESTING OF LIQUIDUS THERMOBAROMETERS FOR OLIVINE, PLAGIOCLASE AND AUGITE USING THE SOFTWARE CRIMINAL

**Koptev-Dvornikov E.V., Bychkov D.A. (geol.dep. MSU)**

[ekoptev@geol.msu.ru](mailto:ekoptev@geol.msu.ru), тел.: 8(495) 939 49 62

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (инициативный проект 11-05-01027-а).*

С использованием программы КриМинал выполнено несколько сотен численных экспериментов, моделирующих около 20 серий закалочных опытов в диапазоне давлений от 1 атмосферы до 20 кбар. Программа КриМинал предназначена для расчёта равновесной Кри'сталлизации с использованием суммы минеральных Минал'ов в качестве целевой функции.

Показано, что решение задачи равновесия с применением разработанных ранее систем ликвидусных термобарометров для оливина, плагиоклаза и авгита позволило детально и с высокой точностью воспроизвести экспериментальные данные. Общеизвестно, что в «сухих» системах с увеличением давления температуры ликвидуса ( $T_L$ ) минералов растут. Поэтому мы были весьма озадачены тем, что зависимости  $T_L$  от давления для многих серий являются не только не линейными, но и не монотонными и проходят через максимумы и минимумы. Поскольку для каждого эксперимента валовой состав, температура и давление детерминированы, то единственным параметром, который в высокобарных экспериментах часто не фиксируется, остаётся режим летучести кислорода. Неожиданным результатом для нас оказалось существенное влияние  $fO_2$  на  $T_L$  не только оливина и авгита, но и плагиоклаза. Проведённое исследование показало, что программа КриМинал и система ликвидусных термобарометров для оливина, плагиоклаза и авгита являются высокоточным инструментом для численного моделирования начальных и средних этапов кристаллизации базитовых магм (кроме бонинитов).

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ТЕРМОДИНАМИКЕ ТВЕРДОГО РАСТВОРА  $Ag_xAu_{1-x}$  В ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАПАЗОНЕ 323–673 К

**Корепанов Я.И. (ИЭМ РАН), Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ), Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)**

NEW DATA ON THE THERMODYNAMICS OF SOLID SOLUTION  $Ag_xAu_{1-x}$  IN THE TEMPERATURE RANGE OF 323 K–673 K

**Korepanov Ya.I. (IEM RAS), Osadchii V.O. (geol.dep. MSU), Osadchii E.G. (IEM RAS)**

[yakoff@iem.ac.ru](mailto:yakoff@iem.ac.ru), тел.: 8 (496) 522 58 49

Активности серебра в сплавах  $Ag_xAu_{1-x}$  с составами  $Ag_{0.05}Au_{0.95}$ ,  $Ag_{0.1}Au_{0.9}$  с шагом  $x=0.1$  до  $Ag_{0.9}Au_{0.1}$  и  $Ag_{0.95}Au_{0.05}$  определены методом твердотельной гальванической ячейки с  $AgCl$  твердым электролитом в температурном диапазоне 323К–673К и атмосферном давлении аргона. В области составов с высоким содержанием серебра установлено положительное отклонение от идеальности. Математическое описание прямых экспериментальных данных дало следующие эмпирические уравнения для зависимостей активности серебра и золота в сплаве как функции температуры и состава:

$$\ln a_{Ag} = -F \cdot 10^{-3} \cdot (Ax^2 + Bx + C(T)) \cdot (1-x)^2 / (RT)$$

Активность золота в твердом растворе рассчитывалась по уравнению Гиббса-Дюгема (при описании термодинамических данных нашим методом решение интеграла не вызывает затруднений, т.к. не возникает неопределенностей в 0 и 1).

$$d(\ln a_{Ag}) = ((1-x)^2 \cdot (2Ax + B) - 2(1-x) \cdot (Ax^2 + Bx + C(T))) dx$$

При дифференцировании  $\ln a_{Ag}$  мы можем выделить множитель  $(1-x)$ , это позволяет избежать деления на 0. Интегрируя получаем следующую формулу для активности золота:

$$\ln a_{Au} = -F \cdot 10^{-3} \cdot (Ax^2 + ((3B - 2A)/3)x + C(T) + B/2) \cdot x^2 / (RT)$$

где  $F = 96485.3383$ ,  $R = 8.314472$ ,  $A = 813$ ,  $B = -510$ ,  $C = 223.6 + 0.16786T$  коэффициенты полученные эмпирическим путем из экспериментальных данных,  $x$  – мольная доля серебра в твердом растворе  $Ag_xAu_{1-x}$ .

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРА НА РАСТВОРИМОСТЬ ПИРОХЛОРА  
ПРИ  $T = 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  БАР**

**Коржинская В.С. (ИЭМ РАН)**

**THE INFLUENCE OF CHLORIDE CONCENTRATION ON PYROCHLORE SOLUBILITY  
AT  $T = 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  BAR**

**Korzhinskaya V.S. (IEM RAS)**

[vkor@iem.ac.ru](mailto:vkor@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 61

*Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН №2*

Представлены экспериментальные результаты поведения природного пирохлора  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$  в хлоридных растворах  $\text{HCl}$ ,  $\text{KCl}$  и  $\text{NaCl}$  при  $T = 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  бар в присутствии кислородного буфера  $\text{Co-CoO}$ . Концентрация исходных хлоридных растворов варьировала в пределах  $0.01\text{m} - 2\text{m}$ . Длительность опытов составляла 15 суток. Для экспериментов брали монокристаллы пирохлора  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$  из кор выветривания карбонатитового месторождения Татарка следующего состава:  $\text{Na}_2\text{O}-7.61\%$ ;  $\text{CaO}-14.28\%$ ;  $\text{Nb}_2\text{O}_5-71.61\%$ ;  $\text{F}-5.18\%$ ;  $\text{TiO}_2-0.83\%$ ;  $\text{Ta}_2\text{O}_5 \leq 1\%$  вес.

Установлено, что во всех выбранных хлоридных растворах пирохлор растворяется инконгруэнтно. *Для ниобия*: увеличение исходной концентрации  $\text{HCl}$  от  $0.01\text{m}$  до  $2\text{m}$  ведет к незначительному увеличению содержания ниобия в растворе, всего на порядок. При этом  $m_{\text{Nb}}$  для  $0.01\text{m}$   $\text{HCl}$  составляет  $2.75 \cdot 10^{-4}$ , а для  $2\text{m}$   $\text{HCl}$  –  $2.63 \cdot 10^{-3}$  моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$ . В исходных растворах  $\text{KCl}$  и  $\text{NaCl}$  равновесное содержание  $\text{Nb}$  незначительное и составляет  $n \cdot 10^{-7}$  -  $n \cdot 10^{-6}$  моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$ . *Для натрия и кальция*: наблюдается значительная положительная зависимость растворимости  $\text{Na}$  и  $\text{Ca}$  от концентрации хлоридов. Особенно высокое содержание  $\text{Na}$  и  $\text{Ca}$  устанавливается в растворах  $\text{NaCl}$ , где оно достигает значений  $0.1 - 0.395$  моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$  при концентрации  $\text{NaCl}$   $0.01$  и  $2.0\text{m}$  соответственно. В  $\text{KCl}$  растворах концентрации  $\text{Na}$  и  $\text{Ca}$  ниже, чем во фторидных растворах. Полученные соотношения однозначно доказывают инконгруэнтную растворимость пирохлора в хлоридных растворах с преимущественным переходом в раствор натрия и кальция по сравнению с ниобием. На этом основании можно сделать заключение, что в хлоридных растворах произведение растворимости (насыщение) по пирохлору достигается за счет очень высокой концентрации натрия и кальция в растворе при низкой растворимости ниобия.

## ВЕСЭМПГ-2013...060

СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ ПО РАСТВОРИМОСТИ ТАНТАЛИТА И ОКСИДА Ta В ХЛОРИДНЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ  $T = 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  БАР (БУФЕР Co–CoO)

**Коржинская В.С., Котова Н.П. (ИЭМ РАН)**

COMPARATIVE ANALYSIS OF TANTALITE AND Ta OXIDE SOLUBILITY IN THE CHLORIDE AQUEOUS SOLUTIONS AT  $T = 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  BAR (Co–CoO BUFFER)

**Korzhinskaya V.S., Kotova N.P. (IEM RAS)**

[vkor@iem.ac.ru](mailto:vkor@iem.ac.ru), [kotova@iem.ac.ru](mailto:kotova@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 61

*Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН №2*

Представлены экспериментальные результаты поведения синтетического танталита ( $\text{MnTa}_2\text{O}_6$ ) и оксида тантала  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  в хлоридных растворах HCl, KCl, NaCl и LiCl с концентрациями от 0.01m до 2 m при  $T = 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  бар в присутствии кислородного буфера Co–CoO. Длительность опытов составляла 15 суток. Установлено, что содержание тантала в хлоридных растворах при всех изученных условиях составляет  $n \cdot 10^{-7.5} - n \cdot 10^{-5.5}$ , что существенно ниже содержания тантала по сравнению с фторидными растворами. В то же время содержание марганца в хлоридных растворах составляет  $n \cdot 10^{-2} - n \cdot 10^{-1}\text{m}$ , что значительно выше содержания марганца во фторидных растворах. Это можно объяснить тем, что в хлоридных растворах произведение растворимости (насыщение) по  $\text{MnTa}_2\text{O}_6$  достигается за счет очень высокой концентрации Mn в растворе при низкой концентрации тантала. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что гидротермальный перенос тантала хлоридными растворами в количествах ( $n \cdot 10^{-4} - n \cdot 10^{-2}$  m), достаточных для образования его промышленных месторождений, является менее вероятным, чем фторидными растворами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КООРДИНАЦИИ ТИТАНА В  
НАТРИЕВОТИТАНОСИЛИКАТНЫХ СТЕКЛАХ СОСТАВА  $\text{XTiO}_2 \cdot (100-X) [2\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2]$   
( $X=35; 40$ ): КР СПЕКТРОСКОПИЯ

**Кориневская Г.Г. (ИМИН УРО РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF TI COORDINATION IN  $\text{TiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$  GLASSES OF  
 $\text{XTiO}_2 \cdot (100-X) [2\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2]$  ( $X=35; 40$ ) COMPOSITION: RAMAN SPECTROSCOPY

**Korinevskaya G.G. (IMIN UB RAS)**

[galkor@yandex.ru](mailto:galkor@yandex.ru), тел.: (3513) 57 04 08

При исследовании натриевотитаносиликатных трехкомпонентных стекол состава  $35\text{TiO}_2 \cdot 65[2\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2]$  и  $40\text{TiO}_2 \cdot 60[2\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2]$  установлено, что в спектрах стекол данных составов наблюдается характерная доминирующая полоса (титанатная составляющая) в высокочастотной области спектра КР ( $890\text{--}896 \text{ см}^{-1}$ ). Титансодержащие структурные единицы в данной области представляют собой структуру со смешанным тетраэдрически-полуоктаэдрическим каркасом с преобладанием тетрагональных пирамид с одним немостиковым атомом кислорода в вершине (двойная титаноокислородная связь).

С увеличением концентрации оксида титана ( $40\% \text{TiO}_2$ ) наблюдается увеличение интенсивности широкой ассиметричной полосы в области  $610\text{--}750 \text{ см}^{-1}$ , которую можно интерпретировать как свидетельство образования в структуре стекла шестикоординированных атомов титана. При этом наблюдается раскристаллизация стекла с выделением фазы рутила, что подтверждается появлением на спектрах КР характерных линий рутила ( $446, 610, 236, 696, 138 \text{ см}^{-1}$ ). В природных соединениях  $\text{TiO}_2$  (рутиле, анатазе, бруките) титан находится в октаэдрической координации по кислороду.

**МИГРАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ РОДИЯ(III) В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ  
ОБСТАНОВКАХ**

**Корсакова Н.В., Никулин А.В., Тютюнник О.А., Кошечева И.Я.,**

**Кубракова И.В. (ГЕОХИ РАН)**

**MIGRATION OF RHODIUM IN NATURAL AND TECHNOGENEOUS ENVIRONMENTS**

**Korsakova N.V., Nikulin A.V., Tyutyunnik O.A., Koshcheeva I.Ya.,**

**Kubrakova I.V. (GEOKHI RAS)**

kubrakova@geokgi.ru, NMlab@geokhi.ru, тел.: 8(499)137 83 97

Впервые изучены содержания гидроксосоединений родия в околонеutralных средах, получены данные о его взаимодействии с органическими гумусовыми веществами природных вод и сорбционном поведении при контакте с компонентами геохимических барьеров. В частности, синтезированы различные формы гидроксида родия(III) и методом растворимости исследовано их поведение в системах  $Rh(OH)_x-H_2O$  и  $Rh(OH)_x-H_2O-ФК$  (фульвокислоты). Определены содержания неорганических форм родия и его комплексных соединений с органическими лигандами гумусовой природы в диапазоне pH, характерном для поверхностных вод. Отмечено резкое увеличение (на полтора порядка) растворимости родия при pH 7.0 в присутствии органических веществ, обусловленное образованием комплексных соединений родия с ФК. С учетом полученных нами ранее экспериментальных данных показано, что миграционная способность растворимых форм ЭПГ уменьшается в ряду  $Pd > Pt > Rh$ . Исследовано сорбционное поведение растворимых форм родия в присутствии ферригидрита как одного из основных компонентов геохимических барьеров. Установлено, что в течение нескольких часов происходит количественное связывание форм родия ферригидритом, что указывает на сильно выраженное сорбционное средство родия к этому природному сорбенту. Следовательно, основной формой переноса родия может быть коллоидный транспорт взвешенным веществом вод с последующим накоплением донными осадками.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ Ni В СУЛЬФИДНО-СИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ**

**Костюк А.В., Горбачев Н.С. (ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY DISTRIBUTION OF Ni IN SULPHIDE-SILICATE SYSTEMS**

**Kostyuk A.V., Gorbachev N.S. (IEM RAS)**

nastya@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 58 80

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-05-31113*

В связи с проблемой формирования сульфидоносных магм продолжено экспериментальное изучение сульфидно-силикатных систем при высоких давлениях. Наряду с физико-химическими условиями сульфидно-силикатного расслоения базитовых магм, изучение геохимии этого процесса будет способствовать дальнейшему развитию наших представлений об условиях формирования магматических сульфидных месторождений.

Экспериментально изучено распределение никеля между сосуществующими фазами в системе перидотит–базальт–сульфид–флюид при  $P=1.5$  ГПа,  $T=1350^\circ\text{C}$ . Летучесть серы и кислорода буферировалась внутренней ассоциацией  $Ol-Opx-Sp-Pt-PtS$ . Опыты проводили на аппарате типа цилиндр-поршень (ЦП); использовали методику двойных Pt-перидотитовых ампул; анализ образцов проводили на микронзонде.

Получены новые данные по коэффициентам распределения Ni между сульфидным ( $L_{Sulph}$ ) и силикатным ( $L_{Sil}$ ) расплавами, оливином ( $Ol$ ) и ортопироксом ( $Opx$ ). Концентрация Ni в оливине равна 1–3 ат.%, в силикатном расплаве 0.05–0.3 ат.%, в сульфидном расплаве 10–60 ат.%. Коэффициент разделения  $D$  Ni между  $Ol$  и  $L_{Sulph} \sim 20$ , между  $L_{Sulph}$  и  $L_{Sil} \sim 200$ .

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при частичном плавлении сульфидсодержащей верхней мантии, независимо от давления Ni концентрируется в сульфидном расплаве. Концентрации Ni в силикатных фазах увеличиваются в последовательности  $L_{Sil}-Opx-Ol$ .



## ВЕСЭМПГ-2013...064

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ СЕРЫ В СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ ПРИ  $P=0.1-0.5$  ГПа,  $T=1300^{\circ}\text{C}$ .

**Костюк А.В., Горбачев Н.С., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY SOLUBILITY OF SULPHUR IN SILICATE MELTS

AT  $P=0.1-0.5$  GPa,  $T=1300^{\circ}\text{C}$ .

**Kostyuk A.V., Gorbachev N.S., Nekrasov A.N. (IEM RAS)**

[nastyu@iem.ac.ru](mailto:nastyu@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 80

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-05-31113*

Продолжено экспериментальное изучение физико-химических условий сульфидно-силикатного расслоения базитовых магм. Существенное и сложное влияние на концентрацию серы в силикатных расплавах оказывает давление. Для подтверждения выдвинутой ранее гипотезы об экстремальном характере барической зависимости растворимости серы (Горбачев и др., 2004) экспериментально изучена система перидотит-андезит-сульфид- $\text{H}_2\text{O}$  в области  $P=0.1-0.5$  ГПа,  $T=1300^{\circ}\text{C}$ .

Опыты проводили на установке высокого газового давления (УВГД). В качестве стартовых составов использовали андезит и синтетический сульфид (FeS) в отношении 3:1. Эксперименты проводили в двойных платиновых ампулах с использованием перидотитового контейнера. Внутренняя ассоциация Ol-Opx-Sp-Pt-PtS-силикатный-сульфидный расплавы ( $[\text{Fe}_2\text{SiO}_4]^{\text{Ol}} + \frac{1}{2} \text{S}_2(\text{g}) = [\text{FeSiO}_3]^{\text{Opx}} + \text{FeS}(\text{Ms}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$ ) контролировала летучесть серы и кислорода.

При  $T=1300^{\circ}\text{C}$  с увеличением давления концентрация серы в водосодержащих андезитовых расплавах (6–7 мас.% MgO, 56–58 мас.%  $\text{SiO}_2$ ) увеличивается от  $0.09 \pm 0.04$  при 0.1 ГПа до  $0.32 \pm 0.04$  мас.% при 0.5 ГПа соответственно.

Положительная зависимость концентраций серы в области низких давлений подтверждает наше предположение об экстремальном характере барической зависимости растворимости серы с максимумом растворимости в области 1.5–2.0 ГПа.

## ВЕСЭМПГ-2013...065

СИНТЕЗ МЫШЬЯК- СОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ (ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ, НЕФЕЛИНА И КАЛЬСИЛИТА) И ИХ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ

**Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Готтлишер Й. (Ин-т Технологии Карлсруэ), Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Ананьев В.В. (ИВ ДВО РАН)**

SYNTHESIS OF ARSENIC-BEARING MINERALS (FELDSPARS, NEPHELINE AND KALSILITE) AND THEIR X-ray STUDY

**Kotelnikov A.R. (IEM RAS), Goettlicher J. (KIT), Suk N.I. (IEM RAS), Ananiev V.V. (IV FED RAS)**

[kotelnik@iem.ac.ru](mailto:kotelnik@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 57

Синтез мышьяк-содержащих натриевых полевых шпатов проводился в гидротермальных условиях при  $T=600-700^{\circ}\text{C}$ ,  $P=1-1.5$  кбар. Исходными веществами служили смеси солей и гелей:  $\text{Na}_3\text{AsO}_4$ ,  $\text{NaAsO}_3$ ,  $\text{KAsO}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_5 + \text{Al}_2\text{SiO}_5$  (гель). Анализ синтезированных фаз выполняли методами микронзондового и рентгеновского анализа. Показано, что синтезированные фазы по составу и рентгеновским свойствам могут быть отнесены к полевым шпатам. Методом XANES определено валентное состояние мышьяка в полевых шпатах. Показано, что доминирующей формой является пентавалентный мышьяк. Изоморфизм в синтезированных полевых шпатах осуществляется по схеме замещения двух атомов кремния на алюминий и фосфор (мышьяк):  $2\text{Si}^{4+} \leftrightarrow \text{Al}^{3+} + \text{P}^{5+}(\text{As}^{5+})$ . Уточнены параметры синтетических As-содержащих полевых шпатов и фельдшпатоидов. Рассчитаны зависимости параметров элементарных ячеек полевых шпатов от среднего размера тетраэдрических катионов.

**ФТОРСОДЕРЖАЩИЕ ФЛЮИДЫ при 700–800°C и  $P=2000$  БАР: СИСТЕМЫ I и II ТИПА ПО ДАННЫМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ**

**Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

**F-CONTAINED FLUIDS UNDER 700–800°C and  $P=2000$  bar: SYSTEMS I and II TYPES FROM SYNTHETIC FLUID INCLUSIONS STUDY**

**Kotelnikova Z.A. (IGEM RAS), Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

kotelnik@igem.ru, тел.: 8(499) 230 82 17

Изучение NaF-содержащих водно-солевых растворов (система II типа) показало наличие активного химического взаимодействия флюида с кварцем при изучаемых параметрах. Целью работы было провести сравнение их с растворами KF (система I типа). Из 0.5M раствора KF при указанных  $PT$  условиях методом залечивания трещин синтезированы флюидные включения в кварце. Оптическое и микротермометрическое изучение полученных включений показало, что при 700 и 750°C в условиях опытов флюид находился в гомогенном, а при 800°C – гетерогенном состоянии и при 750–800°C не был инертен относительно кварца: во включениях фиксировалась стеклоподобная фаза, изменялись их криометрические характеристики. В некоторых включениях при нагревании происходило расслоение жидкости.

Дополнительное присутствие во флюиде KCl вызывает расширение поля несмесимости: при мольной доле хлора во флюиде 0.5 она наступает уже при 750°C. Образующаяся при этом стеклообразная фаза может выделять воду при нагревании, как это имело место в случае присутствия в растворе NaF.

Полученные результаты свидетельствуют о нарушении химического равновесия флюид-минерал при изменении  $PT$  условий.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ РАСТВОРИМОСТИ ОКСИДА НИОБИЯ ВО ФТОРИДНЫХ РАСТВОРАХ В СВЯЗИ С ГЕНЕЗИСОМ ТАНТАЛОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Котова Н.П. (ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF TEMPERATURE DEPENDENCE OF NIOBIUM OXIDE SOLUBILITY IN FLUORIDE SOLUTIONS IN CONNECTION WITH GENESIS OF TANTALUM DEPOSITS**

**Kotova N.P. (IEM RAS)**

[kotova@iem.ac.ru](mailto:kotova@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 61

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-05-01185-а и Программы ОНЗ РАН №2.*

Изучена температурная зависимость растворимости оксида ниобия при  $T=300, 400, 500, 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P=1000$  бар во фторидных растворах HF и KF с концентрацией 0,1 и 1,0м в присутствии кислородного буфера Co–CoO. Продолжительность опытов при  $T=300^{\circ}\text{C}$  составляла 30 суток, при  $T=400$  и  $500^{\circ}\text{C}$  – 21 сутки, при  $T=550^{\circ}\text{C}$  – 15 суток. Опыты проводились на гидротермальных установках высокого давления в заваренных платиновых ампулах с последующей закалкой по методике, используемой ранее при изучении концентрационной зависимости растворимости  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ . Установлено, что во фторидных растворах различного катионного состава (HF и KF) температурная зависимость растворимости  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  в интервале температур  $300\text{--}550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  бар, буфер Co–CoO слабо выражена, в то время, как зависимость растворимости  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  от концентрации фторидов-сильная, положительная, что согласуется с ранее проведенными экспериментальными исследованиями концентрационной зависимости растворимости  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ .

**ВЕСЭМПГ-2013...068**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СУЛЬФИДОВ ПЛАТИНЫ И ПАЛЛАДИЯ В  
ФАЗОВЫХ АССОЦИАЦИЯХ СИСТЕМЫ CU–FE–S**

**Кравченко Т.А. (ИГМ СО РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE PLATINUM AND PALLADIUM SULFIDES IN THE  
PHASE ASSOCIATIONS OF THE CU–FE–S SYSTEM**

**Kravchenko T.A. (IGM SB RAS)**

tanyuk@uiggm.nsc.ru, тел: 8(913) 738 94 88

Методом охлаждения расплавов центральной части системы Cu–Fe–S с примесями Pt и Pd (1 мас.%) синтезированы сульфиды платины и палладия – аналоги природных минералов: маланита  $\text{Cu}(\text{Pt},\text{Fe})_2\text{S}_4$ , куперита PtS, высокоцита PdS, брэггита  $(\text{Pt},\text{Pd})\text{S}$  и неназванного сульфида палладия  $(\text{Pd},\text{Cu})_{16}\text{S}_7$ . Область их кристаллизации в изученной области системы Cu–Fe–S: 50 ат.% S, Cu/Fe = 1.22 – 0.25 и 45 ат.% S, Cu/Fe = 1.44 – 0.38 соответствует области кристаллизации фазовых ассоциаций с халькопиритом  $\text{CuFeS}_2$ . Линия равновесия борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  – моихукит  $\text{Cu}_9\text{Fe}_9\text{S}_{16}$  – кубанит  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  разделяет области кристаллизации Pt–Pd сульфидов и Pt–Pd металлидов.

ТОРМОЖЕНИЕ И АБЛЯЦИЯ И ГИПЕРЗВУКОВОГО БОЛИДА В АККРЕЦИОННОМ ДИСКЕ ЮПИТЕРА

**Кронрод В.А. (ГЕОХИ РАН), Макалкин А.Б. (ИФЗ РАН)**

AEROBRAKING AND ABLATION OF A HYPERSONIC PROJECTILE IN PROTOSATELLITE JOVIAN ACCRETION DISK

**Kronrod V.A. (GEOKHI RAS), Makalkin A.B. (IFE RAS)**

[va\\_kronrod@mail.ru](mailto:va_kronrod@mail.ru)

*Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-00178, № 12-05-00033), а также программ Президиума РАН № 18, 22.*

Рассматривается модель маломассивного аккреционного протоспутникового диска. В маломассивной модели аккреционного диска масса всех спутников определяется полной массой вещества, протекающего через диск на стадии образования спутников, поэтому условия существования мало массивного аккреционного диска подразумевают существование постоянного притока массы в диск в виде пылевых частиц и малых космических тел, захваченных гравитационным полем центральной планеты. При вхождении МКТ в диск на эти тела действуют аэродинамические силы взаимодействия МКТ с газовой средой диска. В зависимости от размеров и плотности МКТ, величины и направления его скорости входа в диск, расстояния от центрального тела и плотности газовой среды в диске, поведение МКТ в диске будет различным. МКТ бóльших размеров могут пройти через диск без существенного торможения и не вернуться в него, в то время как МКТ малых размеров уменьшат скорость и останутся в диске. Вместе с процессами торможения следует учитывать абляцию МКТ в диске. Многопараметрическая задача торможения и абляции МКТ решается методами численного моделирования с помощью модифицированных подходов метеорной физики.

## **ВЕСЭМПГ-2013...070**

**ПРОФИЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ В МАНТИИ ЛУНЫ: СОГЛАСОВАНИЕ С  
СЕЙСМИЧЕСКИМИ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ**

**Кронрод Е.В., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН)**

**TEMPERATURE PROFILE OF THE LUNAR MANTLE CONSISTENT WITH SEISMIC AND  
THERMAL MODELS**

**Kronrod E.V., Kuskov O.L. (GEOKHI RAS)**

[kendr\\_ka@bk.ru](mailto:kendr_ka@bk.ru)

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты, 12-05-00178, 12-05-00033),  
программа Президиума РАН № 22, 28.*

Обсуждается модель температурного поля в мантии Луны, состоящей из коры, верхней и нижней мантии и ядра. Используется гипотеза магматического океана. Рассматривается одномерная стационарная модель теплопроводности в приближении сферической симметрии. Профиль температуры восстанавливается по мощности радиогенных источников в каждой зоне мантии. В качестве ограничений используется распределение температуры, полученное инверсией сейсмических данных (Кусков, 2009) и вероятная температура на границе мантия–ядро (Weber, 2011). Определены вероятные профили температуры и соответствующие им мощности радиогенных источников в коре и мантии. Проведены оценки валовых концентраций радиогенных элементов и поверхностных тепловых потоков.

**ЭКОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТЕСТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Кубракова И.В., Кошечева И.Я., Тютюнник О.А. (ГЕОХИ РАН)**

**ECOGEOCHEMICAL TESTS FOR THE ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL POLLUTION  
UNDER SULPHIDE DEPOSIT MINING**

**Kubrakova I.V., Koshcheeva I.Ya., Tyutyunnik O.A. (GEOKHI RAS)**

Kubrakova@geokhi.ru, NMLab@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 7526

Для изучения форм нахождения и миграции элементов в водных системах, прилегающих к зонам разработки рудных месторождений, исследовали состав техногенных растворов, образующихся при дренировании вскрышных и отвальных пород атмосферными осадками. Процессы выщелачивания в лабораторных условиях моделировали в специальных ячейках, с чередующейся подачей воды и воздуха, имитирующих природные условия. Эксперимент выполняли в течение 20—40 недель на основе недельного рабочего цикла.

Формы нахождения элементов изучены методом последовательной экстракции, определяющей их миграционную способность и биодоступность. Показано, что, в зависимости от природы элемента и типа породы, металлы извлекаются различными элюирующими агентами и, следовательно, обладают разной подвижностью. Приведены примеры распределения элементов в растворимых фракциях, а также их баланс с учетом полного разложения пород. Оценена степень выщелачивания элементов при использовании различных агентов и возможность существенного изменения состава поверхностных вод.



**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АМФИБОЛИЗАЦИИ И ЧАСТИЧНОГО ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАГАББРОНОРИТА ПРИ  $P$ - $T$  УСЛОВИЯХ ЭКЛОГИТОВОЙ ФАЦИИ МЕТАМОРФИЗМА**

**Кудимов В.В. (геол.ф-т МГУ), Перчук А.Л. (геол.ф-т МГУ, ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL MODELING OF AMPHIBOLIZATION AND PARTIAL MELTING OF METAGABBROHORITE UNDER ECLOGITE FACIES  $P$ - $T$  CONDITIONS**

**Kudimov V.V. (geol.dep. MSU), Perchuk A.L. (geol.dep. MSU, IEM RAS)**

venusselbst@mail.ru, тел.: 8(963) 654 77 28

*РФФИ № 12-05-01093*

Согласно современным геологическим данным габброиды океанической коры находятся либо в окружении серпентинизированных перидотитов, либо подстилаются ими. Нарастание температуры и давления в субдуцирующей плите должно приводить к разложению серпентина и выделению в габбро значительных объемов водного флюида. В данной работе приводится результат эксперимента, раскрывающего особенности взаимодействия серпентинита и габбронорита при условиях  $T = 750^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 20$  кбар, отвечающих "горячей" зоне субдукции. Эксперимент длительностью 72 часа проводился на установке типа цилиндр-поршень (ЦП). В ячейку высокого давления помещалась платиновая ампула с порошком серпентинита, выше которого находился порошок габбронорита. Верхняя часть ампулы не запаивалась в целях моделирования открытой системы. В ходе эксперимента исходные породы были практически полностью замещены: серпентинит разложился с образованием энстатита и оливина, а на месте габбронорита образовались амфибол, гранат, клиноцоизит и кислый расплав. Возможность магмагенерации в габброидном субстрате показывает, что метагабброиды могут рассматриваться как источник адакитового вулканизма, наряду с метабазальтами и метаосадками.

## ВЕСЭМПГ-2013...073

РЕДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ОЧАГАХ АЛМАЗООБРАЗУЮЩИХ РАСПЛАВОВ,  
ОБРАЗОВАННЫХ В МАНТИЙНОМ ПЕРИДОТИТЕ (ОЦЕНКИ ПО  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ  $K_D^{PЭ}$  МИНЕРАЛ-РАСПЛАВ ПРИ 7.0–8.5 ГПа)

**Кузюра А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)**

RARE ELEMENTS OF DIAMOND-FORMING MELT CHAMBERS FORMED IN THE  
MANTLE PERIDOTITE (AS ESTIMATED WITH THE USE OF EXPERIMENTAL  $K_D^{RE}$   
MINERAL-MELT AT 7.0–8.5 GPa)

**Kuzyura A.V., Litvin Yu.A. (IEM RAS)**

[shushkanova@iem.ac.ru](mailto:shushkanova@iem.ac.ru), тел. 8(496) 522 58 76

*При поддержке грантов Президента РФ № МК-1386.2013.5, Мин-ва образования и науки  
(соглашения 8317, 8378) и РФФИ 12-05-33044, 11-05-00401*

Редкие элементы (РЭ) в алмазообразующих мантийных системах перидотит-карбонатит и эклогит-карбонатит характеризуется близкими коэффициентами распределения  $K_D^{PЭ}$  минерал-расплав по экспериментальным данным при 7.0–8.5 ГПа (Кузюра и др., 2011, 2012). Они также близко сопоставимы со значениями для силикатных и карбонатитовых расплавов, равновесных с силикатными минералами мантийных пород (Litvin, 2011).

Известны расчетные оценки валовых содержаний РЭ в примитивном гранатовом лерцолите верхней мантии (Lyubetskaya & Korenaga, 2007). Можно допустить, что резервуары силикат-карбонатитовых алмазообразующих расплавов образовались во вмещающей гранат-лерцолитовой мантии в результате ее первичной карбонатизации при воздействии на нее химически активного «метасоматического агента» (Litvin, 2011, 2012). Это означает, что химический состав материнских расплавов алмазов и первичных фаз-включений формировался компонентами как мантийного перидотита, так и «метасоматического агента». Представляет интерес идентифицировать в алмазообразующих расплавах те РЭ, которые поступили в них вместе с мантийными компонентами, так и те, которые независимо привнесены «метасоматическим агентом».

По реальным содержаниям РЭ в минералах перидотитового и эклогитового парагенезисов во включениях в алмазах и в алмазоносных ксенолитах ряда кимберлитовых трубок (Harte & Kirkley, 1997; Ionov, 2004; Stachel & Harris, 1997) и экспериментальным  $K_D^{PЭ}$  минерал-расплав подсчитаны содержания РЭ в очагах алмазообразующих карбонатитовых расплавов. Основной вклад РЭ в них, вероятно, сделан мантийными компонентами. Материнские расплавы алмазов и фаз-включений существенно обеднены средними (Sm, Eu, Gd) и тяжелыми РЭ (Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Hf) по сравнению с примитивным перидотитом. В то же время они обогащены легкими (Sc, Rb, Sr, Ba, La, Ce, Pr, Nd) РЭ и Nb, но их содержания на 1-2 порядка ниже, чем в примитивном мантийном перидотите. Повышенное содержание Sr можно связать с участием «метасоматического агента».

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИИ ОБРАЗОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАНКРИНИТА  
МЕТОДОМ РАСПЛАВНОЙ КАЛОРИМЕТРИИ РАСТВОРЕНИЯ**

**Курдакова С.В. (ФНМ МГУ), Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ),**

**Грищенко Р.О. (хим. ф-т МГУ)**

**DETERMINATION OF ENTHALPY OF FORMATION OF SYNTHETIC CANCRINITE BY  
MELT SOLUTION CALORIMETRY**

**Kurdakova S.V. (FMS MSU), Ogorodova L.P. (geol. dep. MSU),**

**Grishchenko R.O. (chem. dep. MSU)**

[kurdakova@gmail.com](mailto:kurdakova@gmail.com), тел. 8(495) 939 22 80

*Работа выполнена на оборудовании ЦКП МГУ им. М.В.Ломоносова при финансовой поддержке РФФИ (грант 13-03-00328).*

Натрий- и натрий-кальциевые карбонатсодержащие канкриниты являются наиболее распространенными фазами красных шламов, основных отходов при производстве алюминия по методу Байера. Однако термодинамические свойства данных соединений в литературе отражены неполно, что обуславливает необходимость в экспериментальных данных. Канкринит состава  $\text{Na}_{8.28}[\text{Al}_{5.93}\text{Si}_{6.07}\text{O}_{24}](\text{CO}_3)_{0.92}(\text{OH})_{0.49} \cdot 3.64\text{H}_2\text{O}$  синтезировали в гидротермальных условиях по методике (Buhl, 1991). Идентификацию продукта проводили методами рентгеновской порошковой дифрактометрии, инфракрасной спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии с энерго-дисперсионным анализатором. По результатам термогравиметрического анализа с инфракрасной спектроскопией отходящих газов определили содержание карбонат-ионов и молекул воды в образце. Методом высокотемпературной расплавной калориметрии растворения на микрокалориметре Кальве определили энтальпию образования канкринита из элементов  $\Delta_f H_{\text{el}}^\circ(298.15 \text{ K}) = -14760 \pm 23$  кДж/моль. Растворение канкринита осуществляли методом «сброса» образца в расплав  $2\text{PbO} \cdot \text{V}_2\text{O}_3$ . Провели оценку термодинамических функций  $S^\circ(298.15 \text{ K})$  и  $\Delta_f G_{\text{el}}^\circ(298.15 \text{ K})$ .

**ВЛИЯНИЕ МАГНИЯ НА СЖИМАЕМОСТЬ СИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ**

**Куряева Р.Г. (ИГМ СО РАН)**

**INFLUENCE OF MAGNESIUM ON THE COMPRESSIBILITY OF SILICATE GLASSES**

**Kuryaeva R.G. (IGM SD RAS)**

rufina@igm.nsc.ru, тел.: (383)333-08-99

Измерен показатель преломления стекол составов  $\text{Na}_2\text{MgSi}_4\text{O}_{10}$  и  $\text{Na}_2\text{MgSi}_6\text{O}_{14}$  в интервале давлений до 6.0 ГПа с использованием поляризационно-интерференционного микроскопа и аппарата с алмазными наковальнями-окнами. Изменение относительной плотности  $(d-d_0)/d$ , характеризующее сжимаемость стекол, оценено в исследованном интервале давлений на основании измеренных показателей преломления с использованием теории фотоупругости. Рассчитаны также значения начального модуля объемной упругости  $K_{t,0}$  и производной по давлению модуля объемной упругости  $K_t'$ . Результаты сопоставлены с данными, полученными ранее для алюмосиликатных стекол подобных составов. Показано, что замена алюминия на магний в силикатных стеклах не дает существенного уменьшения сжимаемости, как следовало бы ожидать при замене ионов-сеткообразователей на ионы-модификаторы. Оцененные различными способами величины степени деполимеризации  $NBO/T \cong 0.2$  и  $0.28$  соответственно для стекол  $\text{Na}_2\text{MgSi}_6\text{O}_{14}$  и  $\text{Na}_2\text{MgSi}_4\text{O}_{10}$  также были сопоставлены с соответствующими величинами для алюмосиликатных стекол. Увеличение сжимаемости в ряду  $\text{Na}_2\text{MgSi}_4\text{O}_{10}$ ,  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ ,  $\text{Na}_2\text{MgSi}_6\text{O}_{14}$ ,  $\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$  и  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  согласуется с уменьшением степени деполимеризации в том же ряду, что подтверждает правильность расчета  $NBO/T$  для магний-силикатных стекол и дает возможность рассчитывать сжимаемость стекол и расплавов (без эксперимента) из полученных ранее уравнений.

## ВЕСЭМПГ-2013...076

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СУЛЬФИДООБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ  
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ КРАСНОВ И АШАДЗЕ ПО ДАННЫМ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ РАЧЕТОВ

**Лаптев Ю. В. (ИГМ СО РАН)**

THE PHYSICAL-CHEMICAL CONDITIONS OF SULPHIDE FORMATION FOR THE  
KRASNOV AND ASHADZE HYDROTHERMAL SYSTEMS ACCORDING TO COMPUTER  
MODELING

**Laptev Yu.V. (IGM SB RAS)**

[laptev@igm.nsc.ru](mailto:laptev@igm.nsc.ru), тел.: (383) 333 30 26

Гранты РФФИ 09-05-00862, 10-05-00747

Для исследованных образцов объектов субмаринных систем в области Срединного Атлантического Хребта (Краснов - 16° с. ш., Ашадзе - 13° с. ш.) проведена реконструкция физико-химических условий их образования на основе компьютерных расчетов с использованием равновесно-термодинамического подхода. В первом случае в учет была принята сфалерит-пирит-баритовая ассоциация, во втором – сфалерит-пиритовая. При проведенном расчетном моделировании сфалеритовый твердый раствор, отвечающий модели не идеального смешения ZnS и FeS, участвовал как параметр взаимосвязи его состава с общим составом гидротермальной системы Fe–Zn–Ba–S–H<sub>2</sub>O–NaCl–HCl в зависимости от температуры (200–300°C) и заданном давлении 100 бар. По результатам расчетов прогнозируется, что при содержании железа в сфалерите на уровне 0.17–0.26 % масс температура образования равновесной ассоциации сфалерит–пирит–барит не должна быть меньшей, чем 300°C (объект Краснов). При повышении содержаний железа в сфалерите до 4.15–13.28 % масс существование барита в исследованных системах становится невозможным, а температуры образования сфалерит-пиритовой ассоциации оказываются равными или выше 300°C (объект Ашадзе). Рассчитанные отношения  $m_{H_2(aq)} / m_{H_2S(aq)}$ , отвечающие степени восстановления рудообразующих флюидов для выбранных объектов, не противоречат данным для других субмаринных систем по результатам натурных исследований (Вент 4, Марк 1).

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОСУЛЬФИДНЫХ ФАЗ И СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ ПРИ ЧАСТИЧНОМ ПЛАВЛЕНИИ**

**Лебедев Е.Б., Рощина И. А., Кононкова Н. Н., Зевакин Е.А. (ГЕОХИ РАН); Аверин В.В. (ИМЕТ РАН)**

**INFLUENCE OF PHYSICO-CHEMICAL CONDITIONS ON DIVISION OF THE IRON-SULFIDE AND SILICATE PHASES IN PARTIAL MOLTEN MELT**

**Lebedev E.B. ., Roschina I. A., Kononkova N. N., Zevakin E.A. (GEOKHI RAS); Averin V. V. (IMET RAS)**

[leb@geokhi.ru](mailto:leb@geokhi.ru), тел.:8(495) 939 78 40

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранта 07-05-00630) и гранта по Программы Президиума РАН 24.*

При экспериментальном изучении возможных механизмов образования металлических ядер планетных тел (Луны) наибольшие сложности возникают при аккумуляции малых количеств металлических фаз в частично расплавленном модельном планетарном веществе, особенно при максимальном извлечении металлической фазы. Экспериментальные данные показывают, что аккумуляция и сегрегация металлических фаз происходили при высокой температуре и низкой летучести кислорода, на несколько порядков ниже значений буфера железо-вюстит ( $IW$ ),  $\Delta \log fO_2(IW) \approx -(4.5-5.5)$ . Моделирование проводится на высокотемпературной центрифуге при температурах 1440–1460°C и при регулируемом потенциале кислорода. Существенное значение имеют небольшие добавки к Fe малых количеств (P, Si, C), улучшающих литейные и физические свойства сплава (текучесть, межфазное натяжение, вязкость). При высокой степени извлечения железа 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.

## ВЕСЭМПГ-2013...078

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МЕТЕОРИТА «ЧЕЛЯБИНСК»: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ ЛОКАЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ

**Лебедева С.М. (ИМ УрО РАН), Еремяшев В.Е. (ИМ УрО РАН, ЮУрГУ)**

FEATURES STRUCTURE OF METEORITE “CHELYABINSK”: LOCAL RAMAN SPECTROSCOPY STUDIES

**Lebedeva S.M. (IM UB RAS), Eremiashev V.E. (IM UB RAS, SUSU)**

[lebedeva@mineralogy.ru](mailto:lebedeva@mineralogy.ru), тел.: (3513) 57 04 08

[vee-zlat@mineralogy.ru](mailto:vee-zlat@mineralogy.ru), тел.: (3513) 57 04 08

Одним из аспектов изучения вещества метеорита «Челябинск» является исследование структуры оптически изотропных зон алюмосиликатного состава, присутствующих в значительном количестве во всех обломках этого метеорита. При исследовании методом локальной спектроскопии КР установлено, что вещество этих зон находится в раскристаллизованном состоянии. Этот результат соответствует положениям теории о стеклообразовании, согласно которым охлаждение расплава с низким содержанием  $\text{SiO}_2$  не сопровождается образованием стекла, а длительная выдержка закалочных стекол с высоким содержанием  $\text{SiO}_2$ , как правило, приводит к их раскристаллизации.

Спектры КР вещества изученных оптически изотропных зон отличаются от эталонных спектров минералов земного происхождения, что было интерпретировано как проявление большего совершенства кристаллической структуры минералов метеорита. Это обусловлено идеальными условиями их образования в результате очень медленного охлаждения расплава в отсутствие статического давления.

**ОБРАЗОВАНИЕ КАРБОНАТИТОВЫХ ДИАПИРОВ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ  
СУБДУКЦИОННЫХ ПЛИТ В МАНТИИ ЗЕМЛИ**

**Литасов К.Д., Шацкий А.Ф., (ИГМ СО РАН, НГУ), Охани Е. (Ун-т Тохоку, Япония)**

**GENERATION OF CARBONATITE DIAPIRS BY MELTING OF SUBDUCTION SLABS IN  
THE DEEP EARTH'S MANTLE**

**Litasov K.D., Shatskiy A.F., (IGM SB RAS, NSU), Ohtani, E. (Tohoku Univ., Japan)**

[klitasov@igm.nsc.ru](mailto:klitasov@igm.nsc.ru), тел: (383) 330 27 15

*Поддержка: РФФИ (12-05-33008), Грант Президента РФ (MD-500.2013.5), Грант  
Минобрнауки (14.В37.21.0601).*

Проведены эксперименты по плавлению щелочных карбонатитов при давлениях от 3 до 21 ГПа и температурах 750–1500°C с целью определения реальных солидусов карбонатсодержащих перидотитов и эклогитов в мантии. Исходные материалы для экспериментов представляли смесь карбонатов и оксидов. Были выбраны два состава, обогащенный Na<sub>2</sub>O (мас.%): SiO<sub>2</sub>=4; FeO=4; MgO=14; CaO=27; Na<sub>2</sub>O=7; K<sub>2</sub>O=2; и обогащенный K<sub>2</sub>O (мас.%): SiO<sub>2</sub>=4; FeO=4; MgO=20.2; CaO=20.2; Na<sub>2</sub>O=2, K<sub>2</sub>O=7. В экспериментах были установлены несколько новых щелочных карбонатов. Арагонит содержит до 8–10 мас.% Na<sub>2</sub>O. Новая фаза K<sub>2</sub>Mg(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> обнаружена в ряде опытов при 6.5–21 ГПа. Она образует ряд составов, смещенных в сторону другого карбоната K<sub>2</sub>Mg<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Новая фаза K<sub>2</sub>Ca<sub>4</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>5</sub> образует ряд составов в сторону арагонита. Солидусы систем выполаживаются при давлении выше 6–8 ГПа и располагаются при T=1100–1150°C. Составы расплавов малых степеней плавления обогащены щелочами и кальцием вследствие того, что доломит (при низких давлениях) и магнезит являются ликвидусными фазами.

В результате экспериментов сделан вывод о плавлении карбонатов субдукционных плит на уровне переходного слоя. Длительная субдукция карбонатов в переходный слой и их плавление может иметь следующие следствия: а) сегрегация карбонатитового диапира и его всплытие к границе литосфера-астеносфера, б) просачивание карбонатитового расплава вверх по разрезу, в) восстановление карбонатита при реакции с окружающей мантией. Сценарий, который реализуется в природных условиях, зависит от баланса поступающих в переходный слой карбонатов и буферной емкости окислительно-восстановительных резервуаров. Согласно нашим расчетам наиболее вероятным является первый механизм – подъем карбонатитовых диапиров по принципу растворения-осаждения. Подъем карбонатитовых диапиров к границе литосферы, где процесс переноса расплавов может меняться на движение по разрывным трещинам или просачивание, вполне подходит для заложения зоны магмогенерации кимберлитов и других щелочных пород, а также является эффективным механизмом образования глубоководных алмазов.



**ТЕРМИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СИДЕРИТА ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 33 ГПа**  
**Литасов К.Д., Шацкий А.Ф., Гаврюшкин П.Н., Шарыгин И.С. (ИГМ СО РАН, НГУ),**  
**Дорогокупец П.И. (ИЗК СО РАН), Отани Е. (Ун-т Тохоку, Япония)**

**THERMAL EQUATIONS OF STATE OF SIDERITE AT PRESSURES UP TO 33 GPa**

**Litasov K.D., Shatskiy A., Gavryushkin P.N., Sharygin I.S. (IGM SB RAS, NSU),**  
**Dorogokupets P.I. (IEC SB RAS), Ohtani, E. (Tohoku Univ., Japan)**

[klitasov@igm.nsc.ru](mailto:klitasov@igm.nsc.ru), тел: (383) 330 27 15

*Поддержка: РФФИ (12-05-33008), Грант Президента РФ (MD-500.2013.5), Грант Минобрнауки (14.B37.21.0601).*

*P-V-T* данные для сидерита ( $\text{Fe}_{0.95}\text{Mn}_{0.05}\text{CO}_3$ ) измерены при параметрах до 33 ГПа и 1673 К с использованием многопуансонной техники, рентгеновской дифрактометрии и синхротронного излучения на установке ‘SPring-8’ (Япония). Параметры уравнения состояния Бирча-Мурнагана, полученные для изотермы 298 К с помощью регрессии методом наименьших квадратов, составляют  $K_0 = 120 \pm 1$  ГПа и  $K' = 3.57 \pm 0.09$ , при  $V_0 = 293.4 \pm 0.1 \text{ \AA}^3$ . Анализ высокотемпературных данных позволил получить следующие параметры:  $(\partial K_T / \partial T)_P = -0.015 \pm 0.001$  ГПа/К и коэффициент термического расширения при 1 бар:  $\alpha = a_0 + a_1 T$ , где  $a_0 = 3.57 (9) \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  и  $a_1 = 0.06 (14) \times 10^{-8} \text{ K}^{-2}$ . Анализ сжимаемости сидерита по кристаллографическим осям показал большую сжимаемость по оси *c* ( $K_{Tc} = 59 \pm 1$  ГПа и  $K' = 2.7 \pm 0.1$ ), чем по оси *a* ( $K_{Ta} = 166 \pm 2$  ГПа и  $K' = 14.0 \pm 0.8$ ). Полученное уравнение состояния позволяет проводить расчет субсолидусных реакций с участием сидерита, а также реакций его декарбонатизации типа  $\text{FeCO}_3 = \text{FeO} + \text{CO}_2$ ,  $\text{FeCO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$ . При этом следует учитывать, что при давлениях выше примерно 4-6 ГПа эти реакции становятся реакциями плавления, а не декарбонатизации. Уравнение состояния применимо до давлений электронного перехода в сидерите от высокоспинового к низкоспиновому состоянию, который наблюдается при 45 ГПа и сопровождается уменьшением объема ячейки на 10% (Lavina et al., 2009; 2010).

**СТИШОВИТОВЫЙ ПАРАДОКС В ГЕНЕЗИСЕ СВЕРХГЛУБИННОГО АЛМАЗА**

**Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)**

**STISHOVITE PARADOX IN GENESIS OF SUPERDEEP DIAMOND**

**Litvin Yu.A. (IEM RAS)**

[litvin@iem.ac.ru](mailto:litvin@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 76

*Программа П-02 Президиума РАН и грант РФФИ № 11-05-00401*

Стишовит (*Стишов, Попова, 1961; Chao, et al., 1962*) отсутствует в модельных составах ультрабазитовой нижней мантии (*Акаоги, 2007*), оцененных по данным экспериментального изучения пиролита до 50 ГПа. Это обусловлено тем, что устойчива ультрабазитовая ассоциация магнезиовюстит + Mg-перовскит + Са-перовскит. Вместе с тем эксперименты с базальтами показали, что стишовит образуется в базитовой ассоциации стишовит + Са-перовскит + Mg-перовскит + Al-содержащие фазы. Однако при этом он рассматривается не как *in situ* ниже-мантийный минерал, а как продукт базальтовой океанической коры, субдуцированной в нижнюю мантию. Между тем, во включениях в сверхглубинных алмазах стишовит систематически встречается с магнезиовюститом (*Kaminsky, 2012*). Эти факты можно обозначить как «стишовитовый парадокс» на фоне того, что для условий более низких давлений парагенезис MgO и SiO<sub>2</sub> запрещен в случаях кварца и коэсита. Во включениях в сублитосферных алмазах и стишовит и магнезиовюстит являются *in situ* минералами, парагенными с алмазом (на основании критерия сингенезиса алмаза и включений (*Litvin, 2007*) в одной и той же ниже-мантийной карбонатно–оксидно–силикатной материнской среде). В настоящей работе выполнен физико-химический анализ фазовых диаграмм магнезиовюстит–перовскит–коэситовых систем нижней мантии, построенных на основе экспериментальных данных. В результате раскрыт новый механизм *in situ* формирования стишовита при фракционной кристаллизации ультрабазит–базитовых магматических систем нижней мантии. Ключевая роль принадлежит перитектической реакции (Mg,Fe)-перовскита с образованием ассоциации стишовита и магнезиовюstitа. Это позволяет установить значение стишовита как возможного породообразующего *in situ* минерала базитовых ниже-мантийных пород. Перитектический механизм образования стишовита в оксидно-силикатных породах нижней мантии можно распространить на происхождение его включений в сверхглубинных алмазах в рамках мантийно-карбонатитовой теории генезиса алмаза (*Litvin, 2007; Литвин, 2012*).

**СТРУКТУРА И СОСТАВ ХРОМИТ-ПИРОКСЕНОВЫХ СИМПЛЕКТИТОВ  
В МЕТЕОРИТАХ**

**Лоренц К.А. (ГЕОХИ РАН), Хаблер Г., Абарт Р. (Венский ун-т, Австрия),  
Хисина Н.Р. (ГЕОХИ РАН)**

**THE TEXTURE AND COMPOSITION OF CHROMITE-PYROXENE SYMPLECTITES  
IN METEORITES**

**Lorenz C.A. (ГЕОКНИ РАС), G.Habler, R.Abart (Vienna univ., Austria),  
Khisina N.R. (ГЕОКНИ РАС)**

[c-lorenz@yandex.ru](mailto:c-lorenz@yandex.ru), тел.: 8(495) 939 70 71

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 12-05-00160)*

Симплектитовые сростания хромита и пироксена обнаружены в образцах лунного грунта (*Khisina et al., 2013*), в лунных и дифференцированных метеоритах (ахондритах), образовавшихся в различных окислительно-восстановительных условиях. В докладе представлены предварительные результаты изучения симплектитов хромита и пироксена в говардите Dhofar 018 (ахондрите группы HED), и в мезосидерите Будулан. В метеорите Dhofar 018 симплектиты обнаружены в обломках ультраосновных пород на контактах оливина и пироксена. Пироксен здесь представлен высоко- и (или) низко-кальциевыми разновидностями. В мезосидерите Будулан симплектиты наблюдаются в дунитовых включениях и представлены двумя типами: 1) структурно-обусловленными выделениями агрегата хромита и диопсида в оливине; 2) выделениями хромита в ассоциации с низко- и высоко-кальциевым пироксенами на контакте зерен оливина. Симплектиты на границах минеральных зерен возможно образуются при кристаллизации остаточного расплава. Структурно-обусловленные симплектиты в оливине наиболее вероятно являются результатом субсолидусного диффузионного перераспределения микропримесей, и составы сосуществующих фаз в этом случае могут быть использованы для реконструкции постмагматической истории родительских тел ахондритов.

ЦИНК И СВИНЕЦ В ВОДНО-ХЛОРИДНЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ФЛЮИДАХ (В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭТИХ МЕТАЛЛОВ МЕЖДУ ФЛЮИДНОЙ ФАЗОЙ И ГРАНИТНЫМ РАСПЛАВОМ)

**Луканин О.А., Рыженко Б.Н., Куровская Н.А. (ГЕОХИ РАН)**

ZINC AND LEAD IN THE WATER-CHLORIDE MAGMATIC FLUIDS (TO THE PROBLEM OF THE DISTRIBUTIONS OF THESE METALS BETWEEN FLUID PHASE AND GRANITIC MELT)

**Lukanin O.A., Ryzhenko B.N., Kurovskaya N.A. (GEOKHI RAS)**

[lukanin@geokhi.ru](mailto:lukanin@geokhi.ru), тел.: 8(499) 137 30 55

*Грант РФФИ (№ 08-05-00022), программа ОНЗ РАН (№2, 2011 г.).*

Результаты термодинамического моделирования в системах  $ZnO(PbO)-Na(K)Cl-HCl-H_2O$  в интервале температур 600–900°C и давлений 0.7–5 кбар свидетельствуют о доминировании хлоридных комплексов цинка и свинца в водно-хлоридных флюидах при  $T-P-C_{Cl}-pH$  параметрах, соответствующих условиям формирования магматических флюидов. Они хорошо согласуются с имеющимися экспериментальными данными по коэффициентам распределения  $Zn$  и  $Pb$  между водно-хлоридными флюидами и гранитными расплавами ( $D(Zn)^{f/m}$  и  $D(Pb)^{f/m}$ ), полученными при 800°C и давлениях 1–5 кбар, которые демонстрируют: 1) увеличение  $D(Zn)^{f/m}$  и  $D(Pb)^{f/m}$  с повышением в водном флюиде концентрации хлоридов  $Na$  и  $K$ ; 2) резкое увеличение  $D(Zn)^{f/m}$  и  $D(Pb)^{f/m}$  при добавлении к флюидной фазе  $HCl$ ; 3) более высокие значения  $D(Zn)^{f/m}$  по сравнению  $D(Pb)^{f/m}$  при данных  $T-P-X$  условиях. Предполагается, что экспериментально установленный эффект уменьшения  $D(Zn)^{f/m}$  и  $D(Pb)^{f/m}$  с давлением обусловлен увеличением щелочности водно-хлоридного флюида, находящегося в равновесии с гранитным расплавом.

ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РФ И ИСЧЕРПАНИЕ УПРУГОЁМКОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕДР

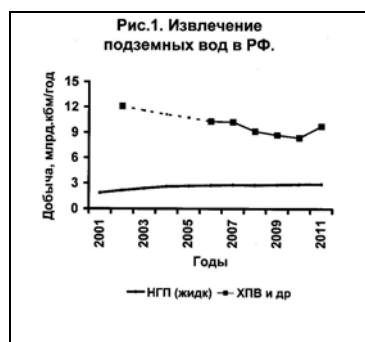
Магидов С.Х. (ИГ ДНЦ РАН)

ECONOMIC USE OF UNDERGROUND WATERS IN RF AND EXHAUSTION ELASTIC POTENTIAL OF THE EARTH'S BOWELS

Maghidov S.Kh. (Inst. Geol. DSC RAS)

salavmag@yandex.ru

Разработка нефтегазовых месторождений приводит к истощению упругоёмкого потенциала недр (УПН), о чём имеется ряд публикаций. Этому же способствует использование подземных вод (ПВ) для других хозяйственных целей. Если сопоставить объёмы ПВ, извлекаемых нефтегазовой промышленностью (НГП) и добычу их на другие нужды, то окажется, что на хозяйственно-питьевое водопотребление (ХПВ) и другие нужды добывается больший объём воды, чем извлекается НГП (рис.1.)



В связи с этим, стоит задача оценить вклад, который вносит водное хозяйство на УПН. Положение усугубляет и тенденция повышения со временем доли ПВ, для ХПВ, добываемой из зоны замедленного, а не интенсивного водообмена. Если учесть, что скорость восполнения запасов в этих двух зонах может отличаться на два-три математических порядка, то становится понятной вся опасность подобного развития событий. При этом существует не только вероятность скорого истощения ресурса подземных вод, используемых для ХПВ, но и возможность значительного сокращения УПН, что может стать причиной

геоэкологических катастроф как регионального, так и глобального масштаба. Расчеты, проведенные за последнее пятилетие (2006–2010 гг.), свидетельствуют о том, что уже сейчас доля добычи подземных вод в РФ составила 27.3% от величины эксплуатационных запасов (среднее).

Необходимо проведение достоверных прогнозов для принятия действенных мероприятий, препятствующих неблагоприятному сценарию. А их трудно дать без чётких научных данных по базовым показателям гидрогеологии. Ведь даже по такому важному показателю как скорость движения вод в зоне интенсивного водообмена, существуют разногласия. У разных групп авторитетных учёных РФ, даже в справочной литературе, данные могут различаться на порядки.

МОДЕЛИ ПРОТОСПУТНИКОВЫХ ДИСКОВ ЮПИТЕРА И САТУРНА: ОГРАНИЧЕНИЯ  
НА ОБРАЗОВАНИЕ КАЛЛИСТО И ТИТАНА

**Макалкин А.Б. (ИФЗ РАН), Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН)**

MODELS OF PROTOSATELLITARY DISKS OF JUPITER AND SATURN:  
CONSTRAINTS FOR ACCRETION OF CALLISTO AND TITAN

**Makalkin A.B. (IFZ RAS), Dorofeeva V.A. (GEOKHI RAS)**

[makalkin@ifz.ru](mailto:makalkin@ifz.ru), тел.: 8(499) 254 90 06

Грант РФФИ № 11-05-01137

Построены новые модели аккреционных протоспутниковых дисков Юпитера и Сатурна. Рассмотрен нагрев дисков вязкой диссипацией турбулентных движений, падением на диски вещества из окружающей зоны солнечной небулы, излучением центральных молодых планет. С учетом лучистого переноса энергии рассчитано распределение температуры в средней плоскости дисков. Исследовано, как влияют на параметры дисков вариации потока массы вещества, падающего на диск, турбулентной вязкости и непрозрачности вещества диска. Из набора построенных моделей выбраны такие, которые лучше других удовлетворяют имеющимся ограничениям по химическому составу спутников и ряду физических ограничений. Для построенных моделей дисков оценены два характерных времени аккреции спутников: время аккумуляции спутника из более мелких тел и частиц, находящихся в диске  $t_{ai}$ , и время аккреционного поступления и переноса через диск массы твердого вещества  $t_a$ , необходимой для аккреции регулярных спутников. Время  $t_{ai}$  зависит только от внутренних параметров диска, а время  $t_a$  – от темпа аккреции вещества на диск. Для образования того или иного спутника, необходимо, чтобы выполнялось неравенство  $t_{ai}/t_a \leq 1$ . Из сравнения этих времен получено, что Каллисто и Титан не могли образоваться на значительно больших расстояниях от своих планет. Неполная дифференциация этих спутников, требующая большой длительности их образования (~1 млн. лет), вместе с соотношением указанных времен  $t_{ai}/t_a \leq 1$  накладывают ограничение сверху на величины потоков массы, падающих на протоспутниковые диски:  $\dot{M} \leq 10^{-7} M_p/\text{год}$ , где  $M_p$  – масса планеты.

**ИЗУЧЕНИЕ МИГРАЦИИ, АДСОРБЦИИ И ОСАЖДЕНИЯ МИКРОКОМПОНЕНТОВ В  
ЛАТЕРИТНЫХ КОРАХ ВЫВЕТРИВАНИЯ**

**Макарова М.А. (геол.ф-т МГУ), Карасева О.Н. (ИЭМ РАН), Пухов В.В. (геол.ф-т МГУ)**

**STUDY THE MIGRATION, ADSORPTION AND PRECIPITATION OF  
MICROCOMPONENTS IN LATERITIC WEATHERING CRUSTS**

**Makarova M.A. (geol.dep. MSU), Karaseva O.N. (IEM RAS), Poukhov (geol.dep. MSU)**

frolikovam@gmail.com, тел.: 8(916) 306 15 03

*грант РФФИ № 12-05-00509, 11-05-00638*

В вертикальном разрезе бокситоносных латеритных кор выветривания обычно наблюдается литологическая и минералого-геохимическая зональность определенной последовательности, причины которых в отношении микроэлементов недостаточно изучены. Перед экспериментами предварительно был определен микроэлементный состав бокситоносного профиля. При латеритном гипергенезе тенденция к выносу характерна для абсолютного большинства элементов примесей. Устойчивую тенденцию к накоплению в латеритном покрове обнаруживает ряд редких элементов, в частности: Ta, Nb, Ga, Ge. Образцы пород бокситоносного профиля были использованы в экспериментальных работах по изучению динамических адсорбционно-осадительных процессов. Изучение относительной подвижности микроэлементов проводилось методом фильтрации полиэлементного раствора с одинаковыми концентрациями всех элементов (на уровне) при рН 3 и 6 через тонкослойную мембрану с размером частиц от 1 до 5 микрон, сформированную из взвеси бокситоносных пород. С помощью расчетов коэффициентов межфазного взаимодействия раствора и материала мембраны и коэффициентов экстракции исходных элементов из мембраны демонстрируются ряды дифференциальной подвижности элементов, как степень участия каждого из них в адсорбционно-десорбционных процессах. Увеличение кислотности подаваемых растворов во всех случаях интенсифицирует ионный обмен Me-H. Показано, что при нормировании рядов подвижности на содержания элементов в мембране при рН 3 наблюдается существенный вынос Mg, Fe, Ni; при фильтровании нейтральных растворов, характерных для случая поступления метеорных осадков, отмечается задержка Mg, Be, Pb, Bi, Th, U, Sc, V, Cr, Cu, Ga с хорошими взаимными корреляциями их содержаний в пробах фильтратов.

РЕАКЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖЕЛЕЗА С  $MgCO_3$  И  $CaCO_3$   
ПРИ 6.5 ГПа и 1273–1873 К

**Мартirosян Н.С., Литасов К.Д., Шацкий А.Ф., Лобанов С.С. (ИГМ СО РАН, НГУ),  
Отани Е. (Ун-т Тохоку, Япония)**

IRON REACTIONS WITH  $MgCO_3$  AND  $CaCO_3$  AT 6.5 GPa AND 1273–1873 K

**Martirosyan N.S., Litasov K.D., Shatskiy A.F., Lobanov S.S. (IGM SB RAS, NSU),  
Ohtani E. (Tohoku Univ., Japan)**

[klitasov@igm.nsc.ru](mailto:klitasov@igm.nsc.ru), тел: (383) 330 27 15

Поддержка: РФФИ (12-05-33008), Грант Президента РФ (MD-500.2013.5).

Реакции между  $MgCO_3$ ,  $CaCO_3$  и железом изучены при давлении 6.5 ГПа и температурах 1273–1873 К с целью моделирования взаимодействия карбонатов с восстановленной мантией Земли в упрощенной системе. Исследования проводились с помощью многопуансонной техники в капсулах из Fe, MgO и BN с мультизагрузкой образцов.

В Fe-капсулах (обеспечивающих избыток железа) наблюдалось формирование  $Fe_3C$  по реакции  $MgCO_3 + 5 Fe = Fe_3C + 3(Fe_{0.67}Mg_{0.33})O$ . В Ca-системе наблюдалась такая же реакция с образованием  $Fe_3C$  и Ca-вюститита. Эксперименты проводились при 1273–1673 К в субсолидусной области. В MgO- и BN-капсулах при 1673–1873 К наблюдались реакции типа:  $MgCO_3 + Fe = (Mg,Fe)O + (Mg,Fe)CO_3 (L) + Fe_7C_3 (Fe-C, L) + C$  и  $CaCO_3 + Fe = (Ca,Fe)O + CaCO_3 (L) + Fe_7C_3 (Fe-C, L) + C$  (здесь L = расплав). Небольшая разница в MgO капсулах для Ca-карбоната заключалась в формировании Ca-магнезиевюститита за счет контаминации MgO. Результаты исследований позволяют сделать несколько важных выводов относительно поведения углерода в мантии Земли. Взаимодействие карбонатов с железом всегда ведет к формированию  $Fe_3C$ , что согласуется с термодинамическим расчетом. Это заключение может быть ошибочным только при давлениях выше 100 ГПа, где возможно формирование альтернативных структурных соединений из карбонатов и область их  $fO_2$ -стабильности может перекрываться с буфером IW. Образование алмаза в мантии невозможно в присутствии металлического железа. Соответственно,  $fO_2$  среды алмазообразования должна быть либо на 1–2 лог. единицы выше, либо существенно ниже уровня буфера IW (в области стабильности силицидов железа).



**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАСТВОРОВ НА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ПЛУТОНИЯ ИЗ АЛЮМОФОСФАТНОГО СТЕКЛА**

**Мартьянов К.В., Константинова Л.И., Прошин И.М., Захарова Е.В. (ИФХЭ РАН)**

**SOLUTIONS COMPOSITION EFFECT ON PLUTONIUM LEACHING FROM THE ALUMINOPHOSPHATE GLASS**

**Martynov K.V., Konstantinova L.I., Proshin I.M., Zakharova E.V. (IPCE RAS)**

mark0s@mail.ru, тел.: 8(495) 335 20 30

В статическом режиме при нормальных условиях изучено выщелачивание плутония из модельного алюмофосфатного стекла соответствующего по составу остеклованным РАО ПО «Маяк» и содержащего  $1 \cdot 10^4$  Бк/г Pu-239. Растворы для выщелачивания представляли собой модельную грунтовую воду, выдержанную в течение суток в контакте с бентонитовой или каолининовой глинами. Благодаря этому растворы приобрели специфические составы, определившие скорости выщелачивания Pu, которые со временем убывали в обоих случаях. Прогноз по квазидиффузионной модели показал, что соответствующее ГОСТ Р50926-96 значение допустимой скорости выщелачивания Pu:  $1 \cdot 10^{-7}$  г/(см<sup>2</sup>·сут), в «бентонитовой» воде будет достигнуто только через 11.9 млн. лет. За это время глубина выщелачивания стекла составит 2.89 м, а вынос Pu –  $5.78 \cdot 10^6$  Бк/см<sup>2</sup>. Для «каолининовой» воды эти показатели составляют соответственно 690 суток, 1.05 мкм и 2.1 Бк/см<sup>2</sup>. Таким образом, использование бентонита для создания инженерных защитных барьеров хранилищ представляет потенциальную опасность для захоронения РАО в форме алюмофосфатного стекла.

## **ВЕСЭМПГ-2013...089**

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ КАТИОНОВ (Na, K, Cs) МЕЖДУ КОСНАРИТОМ И ВОДНЫМИ РАСТВОРАМИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

**Мартынов К.В., Тананаев И.Г. (ИФХЭ РАН),**

**Ахмеджанова Г.М., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

**DISTRIBUTION OF ALKALINE CATIONS (Na, K, Cs) BETWEEN KOSNARITE AND WATER ELECTROLYTE SOLUTIONS AT ELEVATED TEMPERATURES**

**Martynov K.V., Tananaev I.G. (IPCE RAS),**

**Akhmedjanova G.M., Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

mark0s@mail.ru, тел.: 8(495) 335 20 30

Успехи в гидротермальном синтезе кристаллических соединений со структурой минерала коснарита при умеренных температурах (от 90°C) открывают возможность извлекать методом катионного обмена щелочные и щелочноземельные продукты деления (прежде всего <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr) непосредственно из технологических растворов. Особенное значение этот метод приобретает для отходов пирохимического процесса переработки ОЯТ, представляющих собой концентрированные электролиты. Нами проведены новые экспериментальные исследования и обобщены с использованием термодинамических расчетов полученные ранее данные по распределению Na, K, Cs между твердыми растворами титановых и циркониевых коснаритов и хлоридными и нитратными водными растворами в широком температурном диапазоне (200–700°C). Выявлена специфика межфазного распределения щелочных катионов в зависимости от типа твердого раствора (Ti vs Zr) и температуры. Приведены объяснения обнаруженных закономерностей с позиций кристаллохимии.

**ВЕСЭМПГ-2013...090**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТЕШЕМАХЕРИТА В СИСТЕМЕ Н–О–N**

**Марчук М.В., Иванова Л.А., Медведев В.Я. (ИЗК СО РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF FORMATION OF TESCHEMACHERITE IN H-O-N SYSTEM**

**Marchuk M.V., Ivanova L.A., Medvedev V.Y. (IEC SD RAS)**

marin@crust.irk.ru, тел.: (3952) 42 71 91

Введение в систему азота при синтезировании путем пиролиза  $C_2H_5OH$  углеродистого вещества в области  $T=500-800^{\circ}C$  и  $P=500-1000$  атм во флюиде состава Н–О–N отмечено образование тешемахерита ( $NH_4HCO_3$ ). Данный минерал встречается в отложениях скважин и осадках. Известно, что условия образования тешемахерита требуют высокого содержания газов. В природе образование природного тешемахерита происходит при низких (до  $60^{\circ}C$ ) температурах. Находки минерала отмечены в Аргентине, Азербайджане, Новой Зеландии, Перу и Южной Африке.

В наших экспериментах исследовались газовые системы с мольной долей расчетного  $NH_4OH$  от 12 до 20%. Тешемахерит образуется во всем интервале исследуемых температур и давлений. С увеличением концентрации азота в системе количество тешемахерита пропорционально увеличивается. По полученным экспериментальным данным установлено: тешемахерит при  $P=1000$  атм устойчив до  $T=500^{\circ}C$ .

**ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ  
СИЛЛЕНИТОВ РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ НА ИХ  
ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКИХ КЕРАМИК**

**Марьяна Е.А., Махина И.Б., Балицкий В.С. (ИЭМ РАН)**

**HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF MICRO-SIZED SILLENITE POWDERS WITH  
DIFFERENT CHEMICAL COMPOSITION FOR CREATION OF OPTICAL CERAMICS ON  
THEIR BASIS**

**Marina E.A., Mahina I.B., Balitsky V.S (IEM RAS)**

marina@iem.ac.ru, тел.: 8 (496) 522 58 47

Силленит ( $\text{Bi}_{12}\text{M}_x\text{O}_{20+\delta}$ , где М – элементы II–VIII групп) является перспективным материалом для создания новых электрооптических, нелинейных оптических и акустических систем. Введение различных элементов в структуру силленита оказывает существенное влияние на его свойства и морфологию, поэтому получение кристаллов различного состава и их изучение является весьма востребованным. Тонкокristаллический порошок силленитов может быть использован для получения высококачественной оптической керамики. Это особенно актуально в случае инконгруэнтно плавящихся силленитов.

Экспериментальные исследования проводились в гидротермальных растворах различного состава ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Наилучшие результаты получены в щелочных растворах. Методом спонтанной кристаллизации синтезированы цинк-, галлий-, железо-, кремний-, фосфор- и хром- содержащие кристаллы силленитов размером 0.1–0.7 мм. Эксперименты проводились при температуре 260°C и давлении порядка 50 МПа.

Кроме того, нами изучена морфология полученных кристаллов силленита. Для цинк-, галлий-, железо- и хром- содержащих кристаллов характерно образование тетраэдров. Для кремниевых и фосфорных – кубов.

ГЛАУКОНИТ: ТЕРМИЧЕСКОЕ, РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ  
И ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ

**Мельчакова Л.В., Вигасина М.Ф. (геол. ф-т МГУ), Крупская В.В. (ИГЕМ РАН)**

GLAUCONITE: THERMAL, X-RAY AND IR-SPECTROSCOPIC STUDY

**Melchakova L.V. (geol. dep. MSU), Vigasina M.F. (geol. dep. MSU),**

**Krupskaya V.V. (IGEM RAS)**

[lmelchak@geol.msu.ru](mailto:lmelchak@geol.msu.ru), тел.: 8(495) 939 13 49

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00211).*

Глауконит – железистая диоктаэдрическая слюда, аутигенный минерал осадочных пород. Был исследован природный образец из месторождения Маарду (Эстония), представленный микроконкрециями из округлых зерен неправильной формы (глобулей) темно-зеленого цвета. Термическое поведение глауконита изучено в интервале 20–1000°C. На кривой ДТА зафиксированы два эндотермических эффекта, соответствующие двум этапам потери массы: в интервале 80–200°C ( $t_{\max}=100^\circ\text{C}$ ) – удаление низкотемпературной воды (1.7%) и в интервале 400-700°C ( $t_{\max}=570^\circ\text{C}$ ) –дегидроксилизация минерала (4.7%). Рентгенофазовый анализ показал монофазность образца и принадлежность его к группе селадонит–глауконит. Спектр ИК-поглощения исследованного образца совпадает со спектрами глауконитов из различных месторождений мира, приведенными в (*Van der Marel & Beutelspacher, 1976*), основное отличие которых от спектра селадонита состоит в присутствии широких неразрешенных полос поглощения в областях 1000 и 3200-3800  $\text{cm}^{-1}$ , что обусловлено менее совершенной структурой глауконита по сравнению со структурой селадонита (*Moretto et al, 2011*). В высокочастотной области спектра зарегистрирована широкая полоса поглощения сложной формы, включающая как полосу, соответствующую валентным колебаниям ОН-групп, ассоциированных в молекулы воды, так и две полосы гидроксильных, связанных с октаэдрическими катионами. Присутствие в минерале молекул воды подтверждено также и наличием полосы поглощения в области соответствующих деформационных колебаний.

РАСЧЕТ РАВНОВЕСИЙ В CO<sub>2</sub>-СОДЕРЖАЩИХ ВОДНО-СОЛЕВЫХ СИСТЕМАХ.  
РАСШИРЕНИЕ МОДЕЛИ FREZCHEM

**Мироненко М.В. (ГЕОХИ РАН), Поляков В.Б. (ИЭМ РАН), Marion G. (DRI)**

CALCULATION OF EQUILIBRIA IN CO<sub>2</sub>-CONTAINING WATER-SALT SYSTEMS.  
EXTANSION OF FREZCHEM MODEL

**Mironenko M.V. (GEOKHI RAS), Polyakov V.B. (IEM RAS), Marion G. (DRI)**

[mironenko@geokhi.ru](mailto:mironenko@geokhi.ru), тел.: 8(499) 137 50 40

грант РФФИ 11-05-00780

Модель FREZCHEM (*Marion et al., 2011*) позволяет рассчитывать равновесный состав многокомпонентных газосодержащих водно-солевых систем в интервале температур -100–25°C и широком диапазоне давлений. Коэффициенты активности компонентов растворов электролитов и активность воды вычисляются с помощью модели плотных электролитов Питцера, коэффициенты летучести компонентов газовых смесей – по уравнению Пенга-Робинсона. Ранее в результате аппроксимации уравнением Кричевского экспериментальных межфазных кривых в системе CO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O в широком интервале температур и давлений была получена температурная зависимость константы образования CO<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O(кр), что, наряду с точным расчетом активности воды, дало возможность моделировать образование газгидрата в равновесии с растворами электролитов и газами (*Marion et al., 2006*).

Нами в программу расчета равновесий имплантирован модуль, реализующий для текущих  $T$  и  $P$  расчет фазового состояния и термодинамических свойств CO<sub>2</sub> по уравнению состояния для углекислоты (*Span and Wagner, 1996*). Если текущие  $T$  и  $P$  соответствуют полю устойчивости жидкой углекислоты, модуль вычисляет  $G_{CO_2, T, P}^{Liquid}$ ,  $G_{CO_2, T, 1}^{0, IdealGas}$  и  $V_{CO_2, N, P}^{Liquid}$ .

Свободная энергия идеальной газообразной CO<sub>2</sub> при текущем  $P$  вычисляется как  $G_{CO_2, T, P}^{IdealGas} = G_{CO_2, T, 1}^{0, IdealGas} + RT \ln P$ . Это позволяет вычислить константу реакции

$$CO_2(Gas)=CO_2(Liquid) \ln K = G_{CO_2, T, P}^{IdealGas} - G_{CO_2, T, P}^{Liquid} = \ln(f_{CO_2}) = \ln\left(\frac{n_{CO_2}}{n_{CO_2} + n_{H_2O}} \cdot \gamma_{CO_2}\right)$$

и перейти к форматам термодинамической базы данных FREZCHEM. Коэффициент летучести  $\gamma_{CO_2}$  углекислоты в газовой смеси рассчитывается по уравнению Пенга-Робинсона. Приведены расчеты фазового состава системы CO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O–NaCl при различных  $T$  и  $P$ , наложенные на фазовую диаграмму состояния системы из (*Akinfiev & Diamond, 2010*)

**КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РОСТА И ДРЕЙФА ТРЕЩИН**

**Никитин С.М., Буянова Д.С. (МГГУ)**

**KINEMATIC EFFECTS OF GROWTH AND DRIFT OF CRACKS**

**Nikitin S.M., Buyanova D.S. (MGGU)**

archont@mail.ru, fgpip@inbox.ru

С использованием высокоточного прессового оборудования Instron 300DX в режиме критического нагружения наблюдались процессы генерации и выброса микрочастиц из трещин. Образцы руды медноколчеданных месторождений Юга Урала (Учалинское, Молодежное, Узельгинское) испытывались при одноосном сжатии с использованием экранов-мишеней, позволяющих улавливать и фиксировать частицы на расстоянии 10–20 мм от поверхности образца по мере его разрушения. Фрактографический анализ формы треков выброса, размеров и структуры поверхности микрочастиц выполнялись с использованием методов оптической и электронной микроскопии с разрешением до 10µm. Реконструкция процессов раскрытия и перемещения трещин выполнялась на основе сравнительных испытаний трещиностойкости мрамора и серпентинита методом трехточечного изгиба балочек с боковым надрезом с возможностью наблюдений их управляемого роста.

Сравнительный анализ механизмов формирования вновь образуемой поверхности образцов и частиц выброса показывает, что разрушение руд носит гетерогенный преимущественно объемный зернограничный характер, причем соотношение форм хрупкого и пластического разрушения контролируется процессами ветвления, т.е. распада, трещин на гранях зерен.

Локальная кольматация трещинных каналов обломками сопровождается формированием эшелона отдельных трещин, что способствует их обособлению и миграции при дальнейшем росте исходной трещины в виде целого элемента дефектной структуры, т.е. их дрейфу.

При этом возникающие условия для твердофазного массопереноса микрочастиц внутри трещинных каналов обуславливаются трибологическими свойствами берегов формирующихся магистральных трещин.

Отмеченные эффекты требуют при попытках теоретического анализа механизмов разрушения горных пород и руд введения в модели процессов разрыва коллективных механизмов структурной активизации, объединяющих разные уровни строения вещества.

## ВЕСЭМПГ-2013...095

ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ТРИОКТАЭДРИЧЕСКОГО СМЕКТИТА – САПОНИТА

**Огородова Л. П., Киселева И. А., Мельчакова Л. В., Вигасина М.Ф. (геол.ф-т МГУ)**

**THERMOCHEMICAL STUDY OF NATURAL TRIOCTAHEDRAL SMECTITE –SAPONITE**

**Ogorodova L.P., Kiseleva I.A., Melchakova L.V., Vigasina M.F. (geol. dep. MSU)**

[logor@geol.msu.ru](mailto:logor@geol.msu.ru), тел.: 8(495) 939 1349

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00211).*

Проведено термохимическое изучение сапонита из массива Кукисвумчорр (Хибины, Кольский полуостров). Рассчитанная на 22 заряда кристаллохимическая формула минерала имеет вид:  $\text{Ca}_{0.4}(\text{Mg}_{2.6}\text{Al}_{0.2})[\text{Si}_{3.4}\text{Al}_{0.6}\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 2.8\text{H}_2\text{O}$ . Высокое содержание MgO позволяет классифицировать его как магнезиальный сапонит. По составу межслоевых катионов он может быть отнесен к кальциевым сапонитам. В связи с значительной зависимостью содержания воды в смектитах от влажности окружающей среды термохимическое изучение было выполнено на обезвоженной гидроксилсодержащей разновидности минерала  $\text{Ca}_{0.4}(\text{Mg}_{2.6}\text{Al}_{0.2})[\text{Si}_{3.4}\text{Al}_{0.6}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ . Методом высокотемпературной калориметрии растворения в расплаве  $2\text{PbO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$  при  $T=973$  К на микрокалориметре Кальве определена величина  $\Delta_f H_m^\circ(298.15 \text{ K}) = -5937.3 \pm 6.0$  кДж моль<sup>-1</sup>.



СИНТЕЗ И ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭГИРИНА  $\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$

**Огородова Л.П. (геол.ф-т МГУ), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

SYNTHESIS AND THERMOCHEMICAL STUDY OF AEGIRINE

**Ogorodova L.P. (geol.dept. MSU), Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

[logor@geol.msu.ru](mailto:logor@geol.msu.ru), тел.: 8(495) 939 1349

Эгирин синтезировали в гидротермальных условиях при температуре 700°C и давлении 1 кбар. В качестве исходных материалов применяли гелевые смеси состава  $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$  и небольшое количество (~1–2мас.%) природного эгирина из пегматитов Ловозерского щелочного массива (в качестве затравки). Опыты проводили в золотых ампулах в 2М растворах NaCl с добавками карбоната натрия в течение 30–45 суток. Продукты синтеза изучали методами микрозондового и рентгеновского анализов. Показано, что состав синтетических эгиринов хорошо соответствует теоретической формуле  $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$ , параметры элементарных ячеек - приведенным в базе данных PDF-2.

Термохимическое изучение эгирина проведено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Кальве методом расплавной калориметрии растворения. Энтальпия образования определялась с использованием термохимического цикла, учитывающего растворение эгирина и составляющих его оксидов. В экспериментах по растворению образцы минерала массой 3-9 ( $\pm 2 \cdot 10^{-3}$ ) мг сбрасывались от комнатной температуры в расплав - растворитель состава  $2\text{PbO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5$ , находящийся в калориметре при  $T = 973 \text{ K}$ , при этом измерялись совместно теплосодержание образца и теплота его растворения [ $H^\circ(973 \text{ K}) - H^\circ(298.15 \text{ K}) + \Delta_{\text{раств}} H^\circ(973 \text{ K})$ ]. Получено следующее значение энтальпии образования эгирина из элементов:  $-2563.9 \pm 5.9 \text{ кДж/моль}$ .

**ТЕРМИЧЕСКОЕ И ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГИДРАТАЦИИ ПАЛЫГОРСКИТА**

**Огородова Л. П., Мельчакова Л. В., Вигасина М.Ф., Киселева И. А. (геол. ф-т МГУ)**

**THERMAL AND THERMOCHEMICAL STUDY OF DEHYDRATION PROCESS OF PALYGORSKITE**

**Ogorodova L.P., Melchakova L.V., Vigasina M.F., Kiseleva I.A. (geol. dep. MSU)**

[logor@geol.msu.ru](mailto:logor@geol.msu.ru), тел.: 8(495) 939 1349

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00211).*

Палыгорскит – водный силикат магния и алюминия, по кристаллической структуре занимающий промежуточное положение между ленточными и слоистыми силикатами. Исследования процесса дегидратации проведены на образце палыгорскита состава  $Mg_2Al_2Si_8O_{20}(OH)_2 \cdot 9H_2O$  (Крым, Украина), белые крупные агрегаты которого по фактуре напоминают кожу. По данным термического анализа процесс его дегидратации происходит в два этапа: первый – удаление адсорбционной и цеолитной (располагающейся в каналах структуры) воды ( $50–200^{\circ}C$ ); второй – удаление координационной (связанной с октаэдрическими катионами) воды ( $200–350^{\circ}C$ ); при более высоких температурах (до  $750–800^{\circ}C$ ) происходит дегидроксилизация минерала (удаление конституционной воды). Термохимическое изучение процессов дегидратации, проведенное на высокотемпературном микрокалориметре Кальве, позволило получить следующие значения энтальпий дегидратации  $\Delta_{дегидрат.}H^{\circ}(298.15\text{ K})$ :  $76 \pm 20$  кДж при удалении 5.7 молей  $H_2O$  (первый этап), что соответствует энтальпии удаления 1 моля молекулярной воды, равной  $13.3 \pm 3.5$  кДж; и  $52 \pm 17$  кДж при удалении 1.3 молей  $H_2O$  (второй этап), что соответствует величине  $40 \pm 13$  кДж на 1 моль воды.

**КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПРИРОДНОГО АЛЮМИНИТА**

**Огородова Л.П., Нагорная Е. В., Мельчакова Л.В., Вигасина М.Ф.,**

**Бакшеев И.А. (геол. ф-т МГУ)**

**CALORIMETRIC STUDY OF ENTHALPY OF FORMATION OF NATURAL ALUMINITE**

**Ogorodova L.P., Nagornaya E.V., Melchakova L.V., Vigasina M.F.,**

**Baksheev I.A. (geol. dep. MSU)**

[logor@geol.msu.ru](mailto:logor@geol.msu.ru), тел.: 8(495) 939 13 49

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 11-05-00571, 12-05-31067).*

Алюминит, водный гидрокосульфат алюминия  $Al_2[(OH)_4SO_4] \cdot 7H_2O$ , является, распространенным минералом коры выветривания и встречается в современных и неоген-палеогеновых породах как продукт воздействия поверхностных сульфатных вод на глинистые минералы. Он используется в качестве покровного флюса для очистки и модифицирования алюминиевых сплавов. Термохимическое изучение алюминита (месторождение Находка, Зап. Чукотка, Россия) проведено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «Сетарам» (Франция). Выполнена рентгенографическая, оптическая и ИК-спектроскопическая диагностика, изучено термическое поведение. Методом расплавной калориметрии растворения определена энтальпия образования алюминита из элементов  $\Delta H^{\circ}(298.15 \text{ K}) = -4986 \pm 21$  кДж/моль. Полученная величина может быть рекомендована для термодинамического моделирования технологических процессов с участием алюминита и реакций природного минералообразования.

**ВЕСЭМПГ-2013...099**

РАМАНОВСКИЕ СПЕКТРЫ И МИКРОТВЕРДОСТЬ СФАЛЕРИТОВОГО ТВЕРДОГО РАСТВОРА  $ZnS \cdot FeS$

**Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН), Бондаренко Г.В., Чареев Д.А.,**

**Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ)**

RAMAN SPECTRA AND MICROHARDNESS OF SPHALERITE SOLID SOLUTIONS  $ZnS \cdot FeS$

**Osadchii E.G. (IEM RAS), Bondarenko G.V., Chareev D.A.,**

**Osadchii V.O. (geol.dep MSU)**

[euo@iem.ac.ru](mailto:euo@iem.ac.ru), тел.: 8 (496) 524 44 17

Серия образцов твердого раствора сфалерита  $ZnS \cdot FeS$  в диапазоне составов 0–5 моль % FeS (14 составов) с размерами кристаллов до 1.5 мм получена методом газового транспорта. Подтвержден резкий рост микротвердости сфалеритового твердого раствора в диапазоне составов 2–5 моль % FeS от 1.67 ГПа до 2.17 ГПа. Спектры КР на этих же образцах показывают закономерное изменение интенсивностей валентных колебательных мод Fe-S и Zn-S от состава в диапазоне 250–450  $cm^{-1}$ , а также присутствие мод 275  $cm^{-1}$  и 418  $cm^{-1}$ , характерных для составов меньше 2.6 моль % FeS. Наблюдаемые эффекты упрочнения кристаллической решетки в сфалеритах с низким содержанием железа, вероятно, обусловлено заполнением вакансий в структуре  $ZnS$ .

**ВЯЗКОСТЬ КИМБЕРЛИТОВОЙ И БАЗАЛЬТОВОЙ МАГМ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПОДЪЕМА ИЗ МАНТИИ В ЗЕМНУЮ КОРУ**

**Персиков Э.С., Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН)**

**VISCOSITY OF KIMBERLITE AND BASALTIC MAGMAS DURING THEIR ASCENT FROM MANTLE TO CRUST**

**Persikov E.S., Bukhtiyarov P.G. (IEM RAS)**

[persikov@iem.ac.ru](mailto:persikov@iem.ac.ru), [pavel@iem.ac.ru](mailto:pavel@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 5058

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 12-05-00164*

На основе экспериментальных данных (Персиков, 1998; Персиков, Бухтияров 2005, 2008) и теоретического анализа, с использованием структурно-химической модели прогноза вязкости магм (Персиков, 1998, 2008), впервые установлено, что кимберлитовая магма, выносящая из недр Земли алмазы, при подъеме из мантии в земную кору должна двигаться с существенным ускорением. Вязкость кимберлитовой магмы по мере ее эволюции и подъема из мантии в земную кору будет уменьшаться более чем на 1.5 порядка величины. И это несмотря на огромное снижение температуры поднимающейся кимберлитовой магмы ( $\approx 500$  °С по мере ее подъема из глубин мантии к поверхности), ее частичной кристаллизации и дегазации. Напротив, вязкость базальтовой магмы при подъеме из мантии Земли в земную кору при аналогичном изменении  $T$ ,  $P$  параметров будет возрастать на более чем 2 порядка величины.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАВЛЕНИЯ КАРБОНАТОВ (КАЛЬЦИТ, ДОЛОМИТ) ПОД ДАВЛЕНИЕМ ФЛЮИДА РАЗНОГО СОСТАВА**

**Персиков Э.С., Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН)**

**MELTING OF CARBONATES (CALCITE, DOLOMITE) UNDER PRESSURES OF DIFFERENT FLUID COMPOSITION. EXPERIMENTAL STUDY**

**Persikov E.S., Bukhtiyarov P.G. (IEM RAS)**

[persikov@iem.ac.ru](mailto:persikov@iem.ac.ru), [pavel@iem.ac.ru](mailto:pavel@iem.ac.ru), тел.: 8 (496)522 50 58

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 12-05-00164*

Выполнено экспериментальное исследование процесса плавления карбонатов (доломит, кальцит) при  $T$ ,  $P$  - параметрах становления кимберлитовых трубок, т.е. при давлениях флюида разного состава ( $Ar$ ,  $Ar + H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO_2+H_2O$ ) равном 1 кбар и в температурном диапазоне 510–1320°C. Эксперименты проведены с использованием уникальной установки высокого газового давления (Персиков, Бухтияров, 2008) с контролем баланса масс в каждом опыте. Установлено, что при указанном давлении безводного флюида ( $Ar$  или  $CO_2$ ), кальцит плавится инконгруэнтно при  $T = 1320^\circ C \pm 10^\circ C$  с выделением 5.27 мас. %  $CO_2$  во флюид и образованием карбонатитового расплава: 92.3Ca1 + 7.7 CaO (мас. %). Доломит в этих условиях разлагается на периклаз + кальцит +  $CO_2$  с последующим инконгруэнтным плавлением кальцита. Указанная реакция проходит до конца, т.к. потеря веса образца в опытах равна 23.92 мас. %, что хорошо соответствует стехиометрии этой реакции (23.9 мас. %).

Принципиально иные результаты по плавлению карбонатов получены впервые с водосодержащими флюидами ( $98CO_2+2H_2O$ ,  $97Ar + 3H_2O$ , мас.%). При этом не обнаружено различий в результатах опытов с водо-содержащим углекислотным и аргоновым флюидом, моделирующим литостатическое давление. Определяющее влияние оказывает присутствие воды во флюиде. Предложены механизмы образования карбонатитовых расплавов под давлением водосодержащих флюидов при температурах ( $\leq 1100^\circ C$ ), существенно меньших установленной температуры инконгруэнтного плавления кальцита.

**ОБРАЗОВАНИЕ ГРАНАТОВОГО ГАРЦБУРГИТА ПО ДУНИТУ В ПРОЦЕССЕ  
МАНТИЙНОГО МЕТАСОМАТОЗА: ЭКСПЕРИМЕНТ ПРИ P-T УСЛОВИЯХ ЗОНЫ  
СУБДУКЦИИ**

**Перчук А. Л. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН), Шур М. Ю., Япаскерт В. О.,**

**Подгорнова С. Т. (геол. ф-т МГУ)**

**GARNET HARZBURGITE GROWTH DURING MANTLE METASOMISM: EXPERIMENT  
UNDER P-T CONDITIONS OF SUBDUCTION ZONE.**

**Perchuk A.L. (geol.dep.MSU, IEM RAS), Shur M.Yu., Yapaskurt V.O.,**

**Podgornova S.T. (geol.dep.MSU)**

**[alp@geol.msu.ru](mailto:alp@geol.msu.ru), тел.: 8(495)939 13 05**

**грант РФФИ 12-05-01093**

Преобразования пород мантийного клина под воздействием флюидов и расплавов относятся к числу малоизученных процессов в зонах субдукции. Мы провели экспериментальное моделирование этого процесса с разными модельными аналогами коры (глаукофановый сланец, амфиболит) и мантии (оливин) при 800°C и 29 кбар, отвечающих *P-T* условиям "горячей" зоны субдукции. Сланец или амфиболит, помещенные в нижнюю часть ампулы, в ходе экспериментов подвергались частичной (10–90%) эклогитизации с образованием омфацита, граната и кварца, иногда вместе с Са–На амфиболом и ортопироксеном. Эклогитизация сопровождалась выделением водного флюида, в котором растворялись минералы и продукты частичного плавления сланца. Восходящие потоки флюида приносили в вышележащий перидотит петрогенные компоненты. В результате в основании перидотитового слоя возникала реакционная гранат–флогопит–ортопироксеновая зона. В оливиновом субстрате над реакционной зоной происходил рост граната, ортопироксена и магнезита. Соответствующее изменение минерального парагенезиса в природных условиях означало бы превращение дунита в гранатсодержащий гарцбургит, сложенный минералами, имеющими совершенно разный генезис.

**ТЕРМОМАГНИТНЫЕ ПРИЗНАКИ ПРИСУТСТВИЯ В ОСАДКАХ САМОРОДНОГО ЖЕЛЕЗА КОСМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

**Печерский Д.М. (ИФЗ РАН)**

**THERMOMAGNETIC EVIDENCE OF SPACE NATIVE IRON IN SEDIMENTS**

**Pechersky D.M. (IPE RAS)**

diamarmp@gmail.com, тел.: 8 (495) 454 94 65

Обобщены данные о распределении частиц самородного железа в осадочных породах, полученные с помощью термомагнитного анализа до 800°C (в сочетании с микронзондовым анализом). В результате выявлен ряд закономерностей, позволяющих однозначно говорить о космической природе частиц самородного железа. 1) Повсеместное распространение частиц. 2) Бимодальный характер распределения частиц с обязательной «нулевой» модой. 3) Отсутствие корреляции концентрации самородного железа с концентрацией земных минералов как, например, магнетит; 4) По составу частиц выделяются три независимых группы, аналогичные железным метеоритам – чистое железо, самородное железо с примесью никеля и др. (камасит) и Fe-Ni сплав (тэнит). 5) Обратная зависимость накопления в осадках частиц железа от скорости осадконакопления и частоты геомагнитных инверсий, прямая зависимость от величины геомагнитного поля. Благодаря применению термомагнитного анализа до 800°C можно быстро и просто получить количественную оценку распространения в осадках частиц самородного железа и других магнитных частиц космического происхождения. На сегодня термомагнитный анализ – единственный метод такой оценки.



**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЛАТИНЫ С УГЛЕРОДИСТЫМ ВЕЩЕСТВОМ И СЕРОЙ (200–400°C, 1 кбар)**

**Плюснина Л. П., Кузьмина Т. В., Лихойдов Г. Г. (ДВГИ ДВО РАН)**

**INTERACTION OF PLATINUM WITH CARBONACEOUS MATTER AND SULPHUR (200–400°C, 1 kb).**

**Plyusnina L.P., Kuz'mina T.V., Likhoidov G.G. (FEGI RAS)**

Макарово38@mail.ru, тел.: +7(423) 231 76 01

*Грант ДВО РАН 12-3-А-08-154*

В связи с проблемой анализа и обнаружения Pt в углеродсодержащих породах изучены системы Pt–C–H<sub>2</sub>O, Pt–S–C–H<sub>2</sub>O, Pt–Fe–S–C–H<sub>2</sub>O. Получены первые количественные сведения о сорбции Pt на углеродистое вещество (УВ) в присутствии серы и установлено ее ускоряющее влияние на ароматизацию УВ. Описан эффект «бронирования» поверхности Pt на стенках ампул и подложек многослойной углеродистой пленкой. Состав разных слоев пленки варьирует (% ат.): С – 83.09–96.0, Pt – 1.22–5.19, О – 2.25–2.41, S – 0–1.44. На поверхности верхних слоев «брони» формируются червеобразные тубулены длиной 500 нм–1 мкм и составом вещества (% ат.): С – 74, Pt – 26. Такой состав предполагает существование платинаорганических комплексов – протофаз кристаллизации металлической Pt. Углеродистая пленка на подложках содержит изометричные дискретные кристаллы платины (200 нм–1 мкм). Обращает внимание отсутствие серы в протокристаллах Pt–С и новообразований куперита. Это объясняет редкость находок куперита в черносланцевых комплексах, связанных обычно с наложенной сульфидизацией (*Гончаров и др., 2002, Плюснина и др., 2003*).

**ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУЛЬФИДА ПАЛЛАДИЯ**

**Полотнянко Н.А. (Ун-т «Дубна»), Гавричев К.С., Хорошилов А.В.,  
Тюрин А.В. (ИОНХ РАН)**

**HEAT CAPACITY AND THERMODYNAMIC PROPERTIES OF PALLADIUM SULFIDE**

**Polotnyanko N.A. (Dubna Univ.), Gavrichev K.S., Khoroshilov A.V., Tyurin A.V. (IGIC RAS)**  
polot.nat@gmail.com, тел.: (49621) 907 47

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 11-05-01034а)*

В литературе отсутствуют надежные данные о термодинамических свойствах моносulfида палладия (высоцкита), однако, нахождение достоверных термодинамических функций для PdS(к) представляется важной задачей, поскольку эти величины необходимы, например, для определения механизмов образования гидротермальных месторождений палладия в растворах, одним из компонентов которых является сульфидная сера. Целью настоящей работы являлось измерение теплоемкости сульфиды палладия методами адиабатической, релаксационной и дифференциальной сканирующей калориметрии в широком интервале температур с последующим расчетом стандартных термодинамических функций. При температуре 298.15 К для PdS(к) получены значения:  $C_p^\circ(298.15) = 43.65 \pm 0.09$  Дж/(моль К),  $S^\circ(298.15) = 51.98 \pm 0.10$  Дж/(моль К),  $H^\circ(298.15) - H^\circ(0) = 8.03 \pm 0.02$  кДж/моль,  $\Phi^\circ(298.15) = 25.03 \pm 0.05$  Дж/(моль К).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНЫХ ФАКТОРОВ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ СУЛЬФИДОВ МЕТОДОМ ЯДЕРНОГО НЕУПРУГОГО ГАММА-РЕЗОНАНСНОГО РАССЕЯНИЯ

**Поляков В.Б., Осадчий Е.Г., Чареев Д.А. (ИЭМ РАН), Чумаков А.И. (ESRF),  
Сергеев И.А. (Forschungszentrum Juelich GmbH)**

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF IRON ISOTOPE FACTORS FOR SULFIDES BY NUCLEAR INELASTIC X-RAY RESONANT SCATTERING.

**Polyakov V.B., Osadchii E.G., Chareev D.A. (IEM RAS), Chumakov A.I. (ESRF),  
Sergeev I.A. (Forschungszentrum Juelich GmbH)**

[polyakov@iem.ac.ru](mailto:polyakov@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 80

Гранты РФФИ 10-05-00948 А, РФФИ 13-05-01117 А.

Равновесные изотопные факторы ( $\beta$ -факторы) железа для ряда сульфидов (пирит, халькопирит, троилит, пирротин, сфалерит) определены в экспериментах по неупругому гамма-резонансному рассеянию на ядрах  $^{57}\text{Fe}$  на Европейском синхротроне третьего поколения в Гренобле.  $\beta$ -факторы пирротина оказались близкими к таковым для троилита и имеют значения значительно более низкие, чем  $\beta$ -факторы пирита и халькопирита, и несколько более низкие, чем  $\beta$ -факторы железа в сфалерите.  $\beta$ -факторы железа для халькопирита, полученные в нашем эксперименте, подтвердили значения  $\beta$ -факторов, представленных *Polyakov and Soultanov (2011)*. Критика этих результатов в работе *Dauphas et al. (2012)* оказалась несостоятельной. Наши эксперименты показали, что ангармонические эффекты вносят существенный вклад в спектры неупругого  $\gamma$ -резонансного рассеяния даже при комнатных температурах. Поэтому для точных определений  $\beta$ -факторов требуется проведение экспериментов при низких температурах.

ПОВЕДЕНИЕ РЗЭ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИУЛЬТИН, (ЧУКОТКА).

**Попова Ю.А., Бычков А.Ю., Матвеева С.С., (геол. ф-т МГУ),**

**Сущевская Т.М. (ГЕОХИ РАН)**

REE BEHAVIOR IN THE FORMATION OF DEPOSITS IULTIN (CHUKOTKA)

**Popova J.A., Bychkov A.Yu., Matveeva S.S. (geol.dep. MSU),**

**Sushevskaja T.M. (GEOKHI RAS)**

[julka\\_p@rambler.ru](mailto:julka_p@rambler.ru); тел.: 8(495) 939 12 39

*Проект РФФИ 13-05-00954*

Методом ICP-MS были определены содержания редкоземельных элементов в монофракциях минералов породах и вытяжках из включений в кварце месторождения Иультин. Концентрации РЗЭ в гидротермальных растворах равновесных с флюоритом, вольфрамитом и шеелитом были оценены с использованием коэффициентов распределения (*Raimbault, 1985*). Содержание РЗЭ в вольфрамитах месторождений Иультин и Светлое позволяет сделать вывод об образовании этого минерала при участии магматического флюида, для которого характерны минимум Eu, обогащение Sm, Gd, Tb, Dy. Концентрации РЗЭ в флюоритах показывают, что этот минерал образовывался в несколько стадий. Большая часть образцов отвечает рудной стадии и состав флюида, рассчитанный по таким флюоритам, соответствует расчету по вольфрамиту. Помимо этого, выделяются флюориты с другим характером распределения РЗЭ – обогащенные легкими лантаноидами и не имеющие минимума Eu. Концентрации РЗЭ во флюиде из кварца ниже, чем рассчитанные по составам минералов, но характер распределения также отвечает магматическому и экзогенному флюиду.

На основе термодинамической модели рудообразования на месторождении Иультин (*Сущевская, Бычков, 2010*) проведен расчет эволюции флюида. Результат расчетов показал, что изменения содержания РЗЭ во флюиде происходит из-за воздействия двух факторов: смешения флюидов различного генезиса и отложения минералов (вольфрамита и флюорита) и соответствует природным закономерностям.

**ВЕСЭМПГ-2013...108**

**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ПАРАМЕТР ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЯЧЕЙКИ  
ПИРОХЛОРОВ**

**Редькин А.Ф. (ИЭМ РАН)**

**CHEMICAL COMPOSITION INFLUENCE ON CRYSTAL LATTICE PARAMETER OF  
PYROCHLORES**

**Redkin A.F. (IEM RAS)**

redkin@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 524 44 25

*Грант РФФИ № 11-05-01185-а и программа ОНЗ РАН №2*

Накопленный материал по гидротермальному синтезу пироксенов, содержащих в своем составе Na, Ca, U, Nb, Ta, Ti, Sb, Zr, V, W, и данные рентгеновских анализов используются для анализа влияния кристаллических размеров катионов на ПЭЯ пироксенов. Рассматривается кристаллическая структура и обсуждается вопрос о катионном обмене в позициях А и В пироксенов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАСТВОРИМОСТИ  
МИКРОЛИТА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ NaF В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ПРИ 800°C, 230 МПа**

**Редькин А.Ф., Котова Н.П. (ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF MICROLYTE SOLUBILITY DEPENDENCE FROM NaF  
CONCENTRATION IN AQUEOUS SOLUTION AT 800°C, 230 MPa**

**Redkin A.F., Kotova N.P. (IEM RAS)**

redkin@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 524 44 25

*Грант РФФИ № 11-05-01185-а и программа ОНЗ РАН №2*

Цель экспериментов – получить данные по растворимости микролита  $(\text{CaNa})\text{Ta}_2\text{O}_6\text{F}$  в системе  $\text{NaF}-\text{H}_2\text{O}$  P-Q типа в широкой области концентраций фторида натрия и на основе полученных данных попытаться определить границы несмесимости водно-солевого раствора при указанных физико-химических параметрах. Особенность выбранной методики состоит в том, что микролит, обладая низкой растворимостью ( $<10^{-4}$  моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$ ), не может оказать заметного влияния на составы сосуществующих флюидных фаз ( $L_1$  и  $L_2$ ) в области несмесимости водно-солевой системы  $\text{NaF}-\text{H}_2\text{O}$ .

**НЕДЕСТРУКТИВНЫЙ РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕИЗВЕСТНЫХ  
ОБРАЗЦОВ**

**Рощина И.А., Кононкова Н.Н., Кузьмина Т.Г., Хохлова И.В. (ГЕОХИ РАН)**

**NON-DESTRUCTIVE X-RAY ANALYSIS OF UNKNOWN SAMPLES**

**Roschina I.A., Kononkova N.N., Kuzmina T.G., Hkohlolova I.V. (GEOKHI RAS)**

Roschina@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 70 58

Рентгеноспектральный метод анализа (РСА) благодаря экспрессности, высокой точности, возможности многокомпонентных определений из одной навески, хорошего аппаратурного и программного обеспечения несомненно имеет преимущество перед прочими методами анализа. Использование мощных математических приемов обработки измерений интенсивностей аналитических линий полного спектра характеристического излучения, возбуждаемого в пробе, позволяет определять элементный состав твердых веществ неизвестного состава и происхождения без тщательной подготовки их к анализу. Для рентгеновского спектрометра AXIOS Advanced (PANalytical B.V.) накоплен опыт исследования металлических нитей, мелких фрагментов стальных стружек, выделения метеоритов из массы объектов предполагаемого внеземного вещества и пр. Уточнение состава метеоритного вещества проводили с помощью микрозондового РСА на приборе SX 100 (Cameca, Франция). Показана хорошая сходимость результатов определения составов обеими рентгеноспектральными методами – рентгенофлуоресцентным и микрозондовым.

**ВЕСЭМПГ-2013...111**

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ЭМАНАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В  
ПРОБЛЕМЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

**Рудаков В.П. (ИФЗ РАН)**

**SPACE-TIME STRUCTURE OF THE EMANATION FIELDS IN THE RADIOECOLOGICAL  
MONITORING PROBLEME**

**Rudakov V.P. (EPI RAS)**

rudak45@mail.ru, тел.: 8(499) 254 90 06

Многолетний опыт мониторинга геодеформационных процессов в геодинамически (сейсмически) активных и платформенных регионах бывшего СССР с использованием эманационного метода позволил выявить некоторые пространственно-временные закономерности формирования эманационных полей, которые предлагается использовать при проведении радиоэкологических исследований. Эти закономерности, отображающие динамику флюидопереноса под воздействием геодеформационных процессов, определяют детерминированность формирования эманационных полей в каждом конкретном регионе, что позволяет априори определять места проведения радиоэкологических измерений.



**ВЕСЭМПГ-2013...1121**

**БАРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ВАРИАЦИЯХ ПОДПОЧВЕННОГО РАДОНА И ОБРАЗЦА ПОРОДЫ СОДЕРЖАЩЕЙ РАДИЙ**

**Рудаков В.П., Цыплаков В.В. (ИФЗ РАН)**

**BARIC EFFECTS IN VARIATIONS OF SUBSOIL RADON AND OF THE ROCK PIECE CONTAINING RADIUM**

**Rudakov V.P., Tsyplakov V.V. (EPI RAS)**

rudak45@mail.ru, тел.: 8(499)254 90 06

При изучении влияния вариаций атмосферного давления на изменение эманулирующей способности горных пород были проведены компарационные измерения вариаций подпочвенного радона в естественном залегании горных и вариаций излучений образца содержащей радий породы в помещении лаборатории. Измерения сопровождались измерениями вариаций атмосферного давления. Запись данных проводилась микропроцессорным запоминающим устройством

«Е-Клерк» с частотой опроса 1 минута. Затем данные переносились в персональный компьютер, где проводился их спектрально-корреляционный анализ. Результаты анализа позволили выявить некоторые общие закономерности вариаций радона и в естественном залегании и в радиоактивном образце, связанные с динамикой распада продуктов эманации. Кроме того, были выявлены составляющие вариаций радона, связанные с вариациями атмосферного давления, в том числе, обусловленные влиянием лунно-солнечных приливов. Причем, приливные составляющие выявлены и в спектре вариаций подпочвенного радона и в спектре вариаций радиоактивного образца. Более того, выявлены эффекты, которые для их объяснения требуют проведения более изощренных исследований.

**ПРОТОСПУТНИКОВЫЕ ТЕЛА ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ: ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
ТЕПЛОВОЙ ЭВОЛЮЦИИ**

**Русол А.В., Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН)**

**PROTOSATELLITE BODY GIANT PLANETS: DYNAMIC MODEL OF THERMAL  
EVOLUTION**

**Roussol A.V., Dorofeeva V.A. (GEOKHI RAS)**

FERMATA@INBOX.RU, тел.: 8(495) 939 70 60

*Работа частично поддержана Программой Президиума РАН № 22 и грантом РФФИ 11-05-0113.*

В работе представлены результаты моделирования тепловой эволюции каменно-ледяных тел, которые образовывались в дальних регионах околосолнечного диска в первые 1–2 млн. лет его эволюции. Источником тепла рассматривался распад радиоактивного  $^{26}\text{Al}$ , для которого в начальные моменты времени предполагалось равномерное распределение по всему объему тела. По мере плавления льда и образования жидкой фазы это распределение менялось в соответствии с происходившими в водном слое процессами осаждения пылевой компоненты. С помощью разработанной модели для тел диаметром от 50 до 300 км и  $\rho = 1.5 \text{ г/см}^3$ , каменная фракция которых могла содержать от 0 до 50% тугоплавких органических соединений типа CHON, было рассчитано время начала плавления льда  $\text{H}_2\text{O}$ , время дифференциации тел, а также время существования водной мантии. Полученные оценки изменения во времени внутренней структуры каменно-ледяных планетезималей, необходимы при исследовании процесса образования спутников планет-гигантов.

**ОБРАЗОВАНИЕ ВЫСОКО-ГЛИНОЗЕМИСТЫХ ТУГОПЛАВКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ХОНДРИТАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПАРЕНИЯ**

**Рязанцев К.М. (ГЕОХИ РАН)**

**FORMATION OF HIGH-ALUMINUM INCLUSIONS THROUGH EVAPORATION**

**Ryazantsev K.M. (GEOKHI RAS)**

*ryazan-konst@rambler.ru*, тел.: 8(495) 939 70 03

В настоящее время высоко-глиноземистые тугоплавкие включения рассматриваются как наиболее ранние продукты конденсации остывающей протосолнечной небулы. Для этого типа включений характерны алюминаты кальция – гибонит  $\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$ , гроссит  $\text{CaAl}_4\text{O}_7$ , дмитрийивановит  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  и корунд ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Конденсационная гипотеза подтверждается термодинамическими расчетами, которые показывают, что при конденсации газа солнечного состава могут образовываться корунд и гибонит. В особых физико-химических условиях конденсации появляются поля устойчивости гроссита и дмитрийивановита. Однако экспериментальные и расчетные данные показывают, что при интенсивном испарении системы CMAS образуются остатки, обогащенные глинозёмом, аналогичные как по химическому, так и минеральному составу наблюдаемым тугоплавким включениям. Испарительная модель для многих включений этого типа представляется нам более вероятной по многим параметрам. Согласно нашим экспериментальным данным в результате испарения легко получить минеральные ассоциации с гросситом и дмитрийивановитом. Многие включения имеют округлую форму, а взаимоотношения минералов указывают на кристаллизацию из расплава. Во многих включениях этого типа отсутствуют следы  $^{27}\text{Al}$ , которые характерны для большинства тугоплавких включений, что может указывать на более позднее их образование.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЧАСТИЧНОГО ПЛАВЛЕНИЯ СПИЛИТОВ ПРИ  
КОРОВЫХ ПАРАМЕТРАХ**

**Салова Т.П. (ИЭМ РАН), Симакин А.Г. (ИФЗ РАН, ИЭМ РАН).**

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE PARTIAL MELTING OF SPILITES AT THE CRUSTAL  
PARAMETERS**

**Salova T.P. (IEM RAS), Simakin A.G. (IEM RAS, IFZ RAS)**

Salova@iem.ac.ru, simakin@iem.ac.ru

*Работа поддержана грантом РФФИ №13-05-00397а*

Океанические базальты испытывают низкотемпературное метасоматическое изменение - спилитизацию при циркуляции морской воды в придонных геотермальных системах. Спилиты содержат повышенное содержание LREE, карбонаты и альбитизированы. Они являются кандидатами в протолиты для выплавления щелочных кислых породах в аккреционных комплексах. Ранее (*Simakin et al, 2011*) нами были проведены эксперименты по частичному плавлению спилитов в присутствии вводно-солевого флюида и карбонатов. В настоящем сообщении представлены новые результаты по плавлению при  $P=2$  и  $5$  кбар с водой высвобождающейся при разложении амфиболов и хлоритов из спилитов. В ряде опытов вводился дополнительный флюидный компонент состава  $CO-CO_2$  (соотношение  $CO+CO_2/H_2O>1$ ). Полученные частичные расплавы обладают меньшей исходной агпаитностью, чем ранее полученные в системе со сложным флюидом. Можно отметить повышенную пористость спилита спекшегося при  $P=5$  кбар в присутствии восстановленного углеродсодержащего флюида, что говорит о высокой растворимости силикатных компонентов в нем.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРТОПИРОКСЕНА С  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ПРИ 20 КБАР

**Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН)**

INTERACTION OF ORTHOPYROXENE WITH  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  AT 20 KBAR

**Safonov O.G. (IEM RAS)**

[oleg@iem.ac.ru](mailto:oleg@iem.ac.ru), тел.: 8(496)522 58 51

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант №13-05-00353. Грант Президента РФ для молодых ученых (МД-222.2012.5).*

Дж. К. Расселл и др. (*Russell et al.*, 2012; Nature, 481, 352–357) показали, что взаимодействие Орх с Na-карбонатным расплавом сопровождается активной декарбонатизацией последнего, что, возможно, является механизмом для быстрого подъема кимберлитовых расплавов к поверхности. Чем больше Орх, тем активнее декарбонатизация. Однако упомянутые эксперименты проводились при 1 атм., хотя известно, что быстрый подъем кимберлитовых магм начинается еще в сублитосферной мантии. Для проверки выводов Дж. К. Рассела и др. для более высоких давлений, проведены эксперименты по взаимодействию природного ортопироксена с  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  при 20 кбар и температурах 1000, 1050 и 1100°C. Массовые соотношения Орх: $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в экспериментах составляли 80:20. Согласно выводам Дж. К. Рассела и др. при таких соотношениях весь карбонатный расплав должен быть декарбонатизирован. Однако эксперименты показали, что при указанных температурах карбонатный расплав стабилен. При 1000°C он появляется за счет реакции  $5\text{Orx} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 1/4\text{NMS} + 5/4\text{Fo} + 1/2\text{Na}_2\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$  с образованием силиката со стехиометрией  $\text{Na}_4\text{Mg}_8\text{Si}_{15}\text{O}_{40}$  (NMS) (и, вероятно, со структурой энigmatита). Из этой реакции видно, что процесс не сопровождается выделением  $\text{CO}_2$ . При 1050°C наряду с карбонатным расплавом за счет плавления NMS появляется силикатный расплав, содержащий 42.2 мас. %  $\text{SiO}_2$ , 6.3 мас. %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 8.6 мас. %  $\text{MgO}$ , 17.2 мас. %  $\text{Na}_2\text{O}$  при сумме оксидов 75.4 мас. %, указывающей на значительную концентрацию карбонатной составляющей. При повышении температуры до 1100°C количество силикатного расплава увеличивается, но карбонатный расплав сохраняется в виде округлых глобулей. Состав силикатного расплава очень слабо изменяется: 40.27 мас. %  $\text{SiO}_2$ , 4.22 мас. %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 9.00 мас. %  $\text{MgO}$ , 18.11 мас. %  $\text{Na}_2\text{O}$ , сумма 73.39 мас. %. Близость содержаний  $\text{SiO}_2$  и сумм оксидов свидетельствует об отсутствии заметной потери  $\text{CO}_2$  в интервале 1050-1100°C. Полученные результаты позволяют усомниться в справедливости вывода Дж. К. Расселла и др. о роли Орх в декарбонатизации Na-карбонатного расплава, по крайней мере, для давления 20 кбар. Механизм, предложенный этими авторами, действителен, по-видимому, лишь в приповерхностных условиях и не имеет отношения к поведению карбонатных расплавов в верхней мантии.

ЧАСТИЧНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ ТОНАЛИТОВОГО ГНЕЙСА В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИД И  
КАРБОНАТСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ ПРИ 5.5 КБАР

**Сафонов О.Г.** (ИЭМ РАН), **Косова С.А.** (ИЭМ РАН), **Шапошников В.В.** (геол. ф-т МГУ)

PARTIAL MELTING OF TONALITIC GNEISS IN PRESENCE OF CHLORIDE AND  
CARBONATE-BEARING FLUIDS AT 5.5 KBAR

**Safonov O.G.** (IEM RAS), **Kosova S.A.** (IEM RAS), **Shaposhnikov V.V.** (geol. dep. MSU)

oleg@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 58 51

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант №13-05-00353. Грант  
Президента РФ для молодых ученых (МД-222.2012.5).

Плавление тоналит-грандьемитовых гнейсов (TTG) во многом определяло рост континентальной коры в докембрии. Хотя процессы дегидратационного плавления TTG в  $P$ - $T$  условиях нижней-средней коры хорошо исследованы экспериментально (напр. *Skjerlie, Johnston, 1993*), взаимодействие этих пород с флюидами изучено слабо. Цель экспериментов по взаимодействию биотит-амфиболового гнейса формации Сэнд Ривер (Ю. Африка) с флюидами  $H_2O-CO_2$ ,  $H_2O-CO_2-(K, Na)Cl$  и  $H_2O-CO_2-(K, Na)_2CO_3$  при 5.5 кбар и 750 и 800<sup>o</sup>C – проследить вариации минеральных парагенезисов и составов расплавов в зависимости от температуры, концентрации, анионного состава солей и K/Na отношения во флюидах. Водно-углекисло-солевые флюиды в целом интенсифицируют процесс плавления гнейса. Однако флюиды  $H_2O-CO_2-KCl$  приводят к плавлению лишь при 800<sup>o</sup>C с образованием расплавов, варьирующих с увеличением концентрации KCl по составу от дацитовых до калиевых риолитовых. Минеральные ассоциации, сосуществующие с этими расплавами, меняются в последовательности  $Opx+Amp+Ilm+Ti-Mt \rightarrow Opx+Cpx+Ilm \rightarrow Cpx+Kfs+Ilm$ . Благодаря большей растворимости  $CO_2$  и Cl в натровых расплавах по сравнению с калиевыми разностями, в присутствии NaCl трахиандезитовые расплавы в ассоциации  $Cpx$  с Na-Ca амфиболом появляются уже при 750<sup>o</sup>C. При 800<sup>o</sup>C с ростом концентрации NaCl во флюиде расплавы эволюционируют от  $Qtz$ -нормативных до Ne-нормативных разностей, сосуществующих с эгиринсодержащим  $Cpx$ . Расплавы, появляющиеся при участии флюидов  $H_2O-CO_2-(K, Na)_2CO_3$  при 800<sup>o</sup>C, похожи на расплавы, равновесные с флюидами  $H_2O-CO_2-(K, Na)Cl$ . Это значит, что состав расплавов мало зависит от анионного состава флюида, а определяется лишь концентрациями и соотношениями K и Na. Итак, взаимодействие TTG с водно-углекисло-солевыми флюидами знаменует формирование широкого спектра расплавов, от риолитовых до трахитовых и фonoлитовых. Возникая в ходе метаморфизма амфиболитовой и гранулитовой фации, эти расплавы формируют гранитные, чарнокитовые, сиенитовые и даже нефелинсиенитовые плутоны, обуславливая рост континентальной коры.

**СИНТЕЗ ГАЛЛИЙ-СОДЕРЖАЩЕГО ТУРМАЛИНА В БОРНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ**

**Сеткова Т.В., Балицкий В.С. (ИЭМ РАН)**

**SYNTHESIS OF GALLIUM-BEARING TOURMALINE IN BORIC HYDROTHERMAL SOLUTIONS**

**Setkova T.V., Balitsky V.S. (IEM RAS)**

[setkova@iem.ac.ru](mailto:setkova@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 47

*Работа поддержана Министерством науки и образования (ФЦП «Кадры», Соглашение 8612), и РФФИ (грант № 12-05-31030мол\_а)*

Выращивание кристаллов турмалина сопряжено с рядом трудностей (высокие температуры, низкие скорости роста и др.). В то же время, синтез структурных аналогов природных минералов, в которых алюминий и кремний полностью или частично замещены галлием и германием (галлий гадолиниевый, иттрий алюминиевый, железойттриевый и др. гранаты, оксид германия и др.), позволяет существенно понизить температуры и давления процесса, а также улучшить их функциональные свойства.

Для выяснения возможности синтеза галлий-содержащего турмалина были проведены опыты при температуре 600–650°C и давлении 100 МПа в автоклавах, изготовленных из Cr–Ni сплава (ЭИ-437Б). В качестве шихтового материала использовались монокристаллы кварцевые, корундовые стержни и добавка оксида галлия. Раствор, состоящий из борной кислоты и минерализаторов, заливался непосредственно в автоклав в соответствии с коэффициентом заполнения. Автоклав герметично закрывался и устанавливался в электрическую печь с двухсекционными нагревателями.

В результате на эльбаитовой заправке были впервые выращены эпитаксиальные пленки турмалина, в которых часть алюминия замещена галлием. Толщина такой пленки достигала 100 мкм, а содержание галлия составило 16 масс. %.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА ФАЗЫ  $\text{Cu}_{4+\delta}\text{Fe}_{5-\varepsilon}\text{S}_8$ 

Синякова Е.Ф. (ИГМ СО РАН), Косяков В.И., (ИНХ СО РАН),

Сереткин Ю.В., Карманов Н.С., Кох К.А. (ИГМ СО РАН)

STUDY OF STRUCTURE AND COMPOSITION OF  $\text{Cu}_{4+\delta}\text{Fe}_{5-\varepsilon}\text{S}_8$  PHASE

Sinyakova E.F. (IGM SB RAS), Kosyakov V.I. (NIIC SB RAS),

Seryotkin Yu. V., Karmanov N.S., Kokh K.A. (IGM SB RAS)

efsin@igm.nsc.ru, тел.: (383) 333 30 26

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-05-00099-а и программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН № 2*

В центральной части фазовой диаграммы системы Cu–Fe–S образуется большое число фаз, близких по структуре и составу. Предполагается, что эти минералы являются продуктами низкотемпературного распада промежуточного твердого раствора, образующегося при кристаллизации расплава. Для определения фазовых соотношений в системе Cu–Fe–S при различных температурах необходимо определить комплексы сосуществующих фаз и их составы, а также условия протекания фазовых реакций. В настоящее время имеется большой дефицит этой информации, из-за чего субсолидусная фазовая диаграмма, на которой отражены области сосуществования известных минералов, до сих пор не построена. Настоящая работа посвящена получению дополнительных данных о фазе хейкокитового состава, стехиометрическая формула которого имеет вид  $\text{Cu}_4\text{Fe}_5\text{S}_8$ . Исходный образец был получен направленной кристаллизацией расплава состава  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ . Состав средней части слитка отвечал стехиометрическому кубаниту. Из нее были вырезаны два монокристаллических образца, которые отжигали в вакуумированной ампуле при 910 и 940 °С в течение 7 дней, затем закачивали в смеси воды со льдом. Полученные образцы представляли собой сплошной массив, на его поверхности образовались хорошо ограненные кристаллы размером более 1 мм. Основание образцов и монокристаллы были изучены с помощью электронного микроскопа MIRA 3, оснащенного системой микроанализа INCA ENERGY 450. Монокристаллы были исследованы на монокристалльном рентгеновском дифрактометре Oxford Diffraction Xcalibur Gemini. Полученные монокристаллы по составу близки к стехиометрическому хейкокиту, но обогащены медью и обеднены железом. Образец, полученный при 910°С, характеризуется тригональной элементарной ячейкой:  $a = 15.0700(11)$ ,  $c = 9.2171(22)$  Å,  $V = 1812.8(3)$  Å<sup>3</sup>. Элементарная ячейка образца, полученного при 940°С, имеет вдвое меньший  $a$ -параметр при сходном  $c$ -периоде:  $a = 7.5440(7)$ ,  $c = 9.2368(10)$  Å,  $V = 455.25(8)$  Å<sup>3</sup>. Стандартная кубическая субъячейка с  $a = 5.34$  Å, характерная для минералов халькопиритовой серии (Hall, 1975), вписывается в гексагональную решетку для этого образца как ромбоэдр. Ранее (Cabri, 1973) указано, что хейкокит стабилен, по видимому, только при низких температурах и его невозможно синтезировать в лабораторных условиях. В работах (Rowland, Hall, 1975; Hall, 1975) были изучены состав и структура природного хейкокита. В настоящей работе были впервые получены синтетические монокристаллы и показана стабильность этой фазы при высоких температурах.



## ВЕСЭМПГ-2013...120

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ  $Mg_4Si_4O_{12}-Mg_3Cr_2Si_3O_{12}$   
ПРИ 12–25 ГПа И 1600°C

**Сироткина Е.А., Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ), Бинди Л. (Ун-т Флоренции, Италия),  
Ирифуне Т. (Ун-т Мацуямы, Япония)**

THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE SYSTEM  $Mg_4Si_4O_{12}-Mg_3Cr_2Si_3O_{12}$   
AT 12-25 GPa AND 1600°C

**Sirotkina E.A., Bobrov A.V. (geol. dep. MSU), Bindi L. (Univ. Firenze),  
Irifune T. (Matsuyama Univ.)**

[katty.ea@mail.ru](mailto:katty.ea@mail.ru), тел.: 8(495) 939 49 29

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (12-05-00426) и гранта Президента РФ (НШ-5877.2012.5).*

Среди включений в природных алмазах нередко встречаются гранаты с существенной долей кноррингитового  $Mg_3Cr_2Si_3O_{12}$  (*Knr*) и мэйджоритового  $(Mg,Fe,Ca)_4Si_4O_{12}$  (*Maj*) компонентов, каждый из которых является индикатором условий сублитосферной мантии. Несмотря на важное значение этих компонентов для барометрии мантийных минеральных ассоциаций, их совместное поведение в условиях высоких давлений и температур пока остается не изученным. В работе представлены первые результаты экспериментального изучения фазовых отношений в модельной системе  $Mg_4Si_4O_{12}-Mg_3Cr_2Si_3O_{12}$  при 12–25 ГПа, проведенного с целью установления условий образования, структурных особенностей и эволюции состава хромсодержащих мэйджоритовых гранатов.

Эксперименты проводились на многопуансонном аппарате высокого давления в научно-исследовательском центре GRC (Мацуяма, Япония). При 12–25 ГПа и 1600°C был изучен полный диапазон стартовых составов в ряду кноррингит–мэйджорит с шагом 10–20 мол.% и 2–3 ГПа, что позволило построить предварительную *P–X* фазовую диаграмму для системы  $Mg_4Si_4O_{12}-Mg_3Cr_2Si_3O_{12}$  и синтезировать гранаты широкого диапазона составов. Фазовые ассоциации для богатых мэйджоритом стартовых составов (не более 30 мол. % *Knr*) включают в себя гранат (*Grt*), пироксен и эсколаит (*Esk*). При увеличении в стартовом составе доли кноррингитового компонента наблюдается ассоциация *Grt* + *Esk*. Характерно, что даже для стартового состава  $Knr_{100}Maj_0$  ( $Mg_3Cr_2Si_3O_{12}$ ) полученный гранат содержит существенную примесь (более 15 мол.%) мэйджоритового компонента. Стабильность граната на фазовой диаграмме ограничена по давлению: выше 20 ГПа в ассоциации с *Esk* появляется  $MgSiO_3$  ильменит (содержит до 7 мас. %  $Cr_2O_3$ ). Методом монокристалльной рентгеновской дифракции определены структурные особенности кноррингит-мэйджоритовых гранатов широкого диапазона составов. Для всех синтезированных гранатов установлена кубическая сингония. С возрастанием содержания кноррингита в гранате устанавливается закономерное увеличение параметра элементарной ячейки (в скобках):  $Mg_{3.88}Cr_{0.24}Si_{3.88}O_{12}$  (11.4725(4) Å),  $Mg_{3.58}Cr_{0.84}Si_{3.58}O_{12}$  (11.5187(6) Å),  $Mg_{3.38}Cr_{1.24}Si_{3.38}O_{12}$  (11.5445(5) Å),  $Mg_{3.21}Cr_{1.58}Si_{3.21}O_{12}$  (11.5718(1) Å).

**О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ФОСФАТОВ ХОНДРИТА ЕФРЕМОВКА CV3**

**Скрипник А.Я., Сенин В.Г., Люль А.Ю. (ГЕОХИ РАН)**

**ON THE PHOSPHATE CHEMICAL COMPOSITION OF THE EFREMOVKA CV3  
CHONDRITE**

**Skripnik A.Ya., Senin V.G., Lyul A.Yu. (GEOKHI RAS)**

skripnik@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 02 05

Углистые хондриты типа CV являются важным звеном в установлении генетических взаимосвязей между отдельными классами метеоритов. Так, предположение об образовании метеоритов группы CV и палласитов группы Eagle Station базируется как на изотопном составе кислорода и хрома, так и на элементном составе металла метеоритов этих типов (*Humayun, Weiss, 2011*). Следовательно, химические составы отдельных минералов могут являться индикаторами такой взаимосвязи. Для уточнения возможной взаимосвязи между этими группами метеоритов методом EPMA получены данные по химическому составу фосфата хондрита Ефремовка CV3 – акцессорного минерала в хондритах и палласитах. Фосфат находится в ассоциации с металлом и по соотношению P и Ca соответствует витлокиту. В качестве примесей в нем присутствуют Fe, Mg, Na и другие элементы. Обнаружены также высоко-железистые P-содержащие фазы. Проводится сравнение полученных данных с литературными данными по содержанию основных и микроэлементов для фосфатов CV-хондритов и палласитов. Обсуждаются особенности их происхождения.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ МИНЕРАЛОВ И ЛИНИИ РАВНОВЕСИЯ  
В СИСТЕМЕ  $\text{MgSiO}_3\text{--MgO}$

**Соколова Т.С., Дорогокупец П.И., Данилов Б.С. (ИЗК СО РАН),  
Литасов К.Д. (ИГМ СО РАН)**

EQUATIONS OF STATE OF MINERALS AND EQUILIBRIUM LINES  
IN  $\text{MgSiO}_3\text{--MgO}$  system

**Sokolova T.S., Dorogokupets P.I., Danilov B.S. (IEC SB RAS),  
Litasov K.D. (IGM SB RAS)**

[sokolovats@crust.irk.ru](mailto:sokolovats@crust.irk.ru), [dor@crust.irk.ru](mailto:dor@crust.irk.ru), тел.: (395) 251 16 80

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (12-05-00758) и интеграционного проекта № 97  
СО РАН.*

Термодинамика форстерита, вадслеита, рингвудита, перовскита и периклаза рассматривалась многими авторами (*Калачников и др., 1991; Поляков, Кусков, 1994; Паньков и др., 1996; Liu, 1979; Fei, Saxena, 1986; Fei et al., 1992; Kuskov et al., 1989, Kuskov, Panferov, 1991; Fabrichnaya, 1995; Fabrichnaya et al., 2004; Ita, Stixrude, 1997; Dorogokupets et al., 1999; Jacobs, Oonk, 2001; Stixrude, Lithgow-Bertelloni, 2005; Jacobs, Jong, 2005; Akaogi et al., 2007; Garai, 2007; Tange et al., 2012; Jacobs et al., 2013; и др.*). Ранние измерения термодинамических свойств этих минералов дополнены современными измерениями (*Dachs et al., 2007; Trots et al., 2012; Kojitani et al., 2012; Tange et al., 2012; Dorfman et al., 2012*), что требует пересмотра их термодинамики в широком интервале температур и давлений. Путем одновременной обработки экспериментальных измерений теплоемкости, теплового расширения, адиабатического модуля сжатия и рентгеновских измерений  $P\text{--}V\text{--}T$  свойств получены уравнения состояния форстерита, вадслеита, рингвудита и перовскита. В качестве термодинамической модели используется формализм из (*Dorogokupets, Oganov, 2007; Dorogokupets et al., 2012; Соколова и др., 2013*) с серьезными модификациями. Полученные уравнения состояния позволяют рассчитать любые термодинамические функции в зависимости от температуры и объема или в зависимости от температуры и давления. В докладе будут рассмотрены особенности этих уравнений состояния, будет проведено сравнение с экспериментом и расчетом по имеющимся базам термодинамических данных.

*PVT*-ПАРАМЕТРЫ И ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ C–O–H–N–S  
ФЛЮИДОВ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ

**Соловова И.П. (ИГЕМ РАН), Буйкин А. И., Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН),  
Аверин А. А. (ИФХЭ РАН)**

*PVT*-PARAMETERS OF C–O–H–N–S FLUID IN UPPER MANTLE

**Solovova I.P. (IGEM PAS), Bouikine A.I., Kogarko L.N. (GEOKHI PAS),  
Averin A.A. (PHYCHE RAS)**

[solovova@igem.ru](mailto:solovova@igem.ru), тел.: 8(499) 230 84 15

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ и Программ ОНЗ РАН.*

Методами термобарометрии, RAMAN-спектроскопии и изотопного анализа газов изучен лерцолитовый мантийный ксенолит (Антарктида). Установлено, что метасоматизм мантийного субстрата происходил под влиянием, по крайней мере, двух флюидных стадий. Ранние изолированные флюидные и сосуществующие с ними флюидно-сульфидно-силикатные включения ликвидационного типа характеризуются высокой плотностью флюида ( $\geq 1.17$  г/см<sup>3</sup>), что отвечает давлению более 1.3 ГПа при 1000°C. На RAMAN-спектрах флюидов включений выявлены полосы, характерные для CO<sub>2</sub> (1282 и 1385 см<sup>-1</sup>), N<sub>2</sub> (2331 см<sup>-1</sup>), H<sub>2</sub>S (2610 см<sup>-1</sup>) и H<sub>2</sub>O (3615–3680 см<sup>-1</sup>). *PVT*-свойства столь сложной флюидной системы не изучены. В двухкомпонентном варианте к ней наиболее близка система CO<sub>2</sub>–N<sub>2</sub>, согласно топологии которой при полученных методом криометрии температурах фазовых изменений во включениях мольная доля N<sub>2</sub> должна составлять 0.15–0.2. Близкое значение (0.1–0.15) получаем при расчете соотношения интегральных площадей полос CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> на RAMAN-спектрах. Изотопно-геохимические данные подтверждают существование двух источников флюидов. Более ранний из них характеризуется низкими отношениями C/N (<500), C/Ar (<100000), N<sub>2</sub>/Ar ( $\approx 30$ ), а также типичными для закалочных стекол MORB значениями  $\delta^{13}\text{C}$  в CO<sub>2</sub>, тяжелым изотопом азота и несколько повышенным (до 530) отношением  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ . Для флюидов второго этапа характерны более высокие отношения C/N (>10000), C/Ar (>700000), пониженные  $\delta^{13}\text{C}$  в CO<sub>2</sub> и близкие к атмосферному величины N<sub>2</sub>/Ar и  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ . Появление поздних флюидов может быть связано с двухкомпонентным смешением в системе мантия–атмосфера.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ КАРБОНАТОВ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕЙ МАНТИИ: ПРИЛОЖЕНИЕ К ГЕНЕЗИСУ СВЕРХГЛУБИННЫХ АЛМАЗОВ**

**Спивак А.В., Солопова Н.А. (ИЭМ РАН, геол.ф-т МГУ)**

**Дубровинский Л.С. (Баварский Геоин-т, Байройт), Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE BEHAVIOR OF CARBONATES ET CONDITIONS OF THE LOWER MANTLE: APPLICATION TO SUPERDEEP DIAMONDS ORIGIN**

**Spivak A.V. (IEM RAS), Solopova N.A. (IEM RAS, geol. dept. MSU),**

**Dubrovinsky L.S. (Bayerisches Geoinst., Bayreuth), Litvin Yu.A. (IEM RAS)**

[spivak@iem.ac.ru](mailto:spivak@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 58 76

*Работа выполнена при поддержке Мин.обр. науки РФ, соглашения 8317, 8378 и договор 16.740.11.0621, грантов РФФИ 11-05-00401 и 12-05-33044.*

*PT условия плавления  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , полей стабильности карбонатных расплавов, а также их разложения на высокотемпературных границах с образованием оксидов и, вероятно, флюида  $\text{CO}_2$  изучались при давлениях 11–46 ГПа и температурах до 4000 К в аппарате с алмазными наковальнями и лазерным нагревом. Построены *PT* фазовые диаграммы, свидетельствующие, что все изученные карбонаты плавятся конгруэнтно, а расплавы простых карбонатных систем на их основе  $\text{CaCO}_3\text{--C}$ ,  $\text{MgCO}_3\text{--C}$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{--C}$  при 18–25 ГПа и 1700–2300 К эффективны как раствор–расплавные алмазообразующие среды. Вместе с тем на высокотемпературных границах карбонатных расплавов их разложение сопровождается образованием твердых фаз углерода (алмаза и графита), вероятно, при дальнейшем разложении выделяющегося флюида  $\text{CO}_2$ . Такого рода алмазообразующие процессы установлены при температурах выше 3400 К для  $\text{CaCO}_3$ , выше 3500 К для  $\text{MgCO}_3$  и выше 2400 К для  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Экспериментальные исследования свидетельствуют, что расплавы простых Са-, Mg- и Na-карбонатов из ассоциации первичных включений в сверхглубинных алмазах, устойчивы в *PT*-условиях переходной зоны и нижней мантии Земли. Это позволяет рассматривать их в качестве главных составляющих многокомпонентных ростовых сред сублитосферных алмазов.*

ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МОНОВИСМУТИДА ПЛАТИНЫ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ

Столярова Т.А., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)

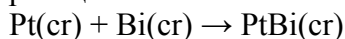
ENTHALPY OF FORMATION OF PLATINUM MONOVISMUTID FROM ELEMENTS

Stolyarova T.A., Osadchii E.G. (IEM RAS)

[euo@iem.ac.ru](mailto:euo@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 524 44 17

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта “Ведущие научные школы” НШ-5877.2012.5, программы ОНЗ №2 и гранта РФФИ 12-05-01005.

Бинарные интерметаллиды платины и палладия часто встречаются в виде минералов в рядах поздних этапов формирования магматогенных сульфидных месторождений, богатых элементами платиновой группы. Самородные металлы и простые бинарные интерметаллиды определяют физико-химические границы нижнего предела оксидного и халькогенидного рудообразования. Предварительными исследованиями было установлено, что синтез моновисмутида платины из элементов (порошкообразная Pt, 99.96% и Bi, 99.998) в вакуумированных ампулах из кварцевого стекла проходит при температуре 700°C и происходит полностью в течение 5–7 минут. Калориметрические определения теплоты реакции:



(1) проводились

на высокотемпературном вакуумно-блочном калориметре (Флейшер, Столярова, 1978).

Ампула с навеской помещалась в печь сопротивления в калориметрической бомбе, которая затем заполнялась аргоном под давлением 5 атм. Сосуд, в который помещалась калориметрическая бомба, откачивался до остаточного давления  $10^{-2}$  Торр. Температура изотермической оболочки  $25 \pm 0.02$  °C. Электрическая энергия измерялась с точностью 0.02%. Температура во время опыта измерялся медным термометром сопротивления (865 Ом при 25°C), расположенным вдоль калориметрической бомбы. Калориметр предварительно калибровался с помощью электрической энергии. Точность определения теплового значения 0.005%. Реакции синтеза в калориметре протекали полностью во время первого нагрева. Повторный нагрев (5-7 минут) не давал дополнительного теплового эффекта, что подтверждает прохождение реакции полностью за время первого опыта.

Рентгенофазный анализ продуктов калориметрических опытов подтвердил наличие в них только PtBi. Из 7 измерений получен следующий результат:

$$\Delta_f H(1) = \Delta_f H^{\circ}(298.15 \text{ K}, \text{PtBi}, cr) = -(29.50 \pm 0.41) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ REE (La, Ce), Sr, Cs, Ti  
МЕЖДУ БОРОСИЛИКАТНЫМ И ФОСФАТНЫМ И БОРОСИЛИКАТНЫМ И  
АЛЮМОФТОРИДНЫМ РАСПЛАВАМИ**

**Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Белоусова Е.О. (геол.ф-т МГУ),**

**Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF REE (La, Ce), Sr, Cs, Ti DISTRIBUTION BETWEEN  
BOROSILICATE AND PHOSPHATE AND BOROSILICATE AND ALUMINOFLUORIDE  
MELTS**

**Suk N.I. (IEM RAS), Belousova E.O. (geol.dep. MSU),**

**Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

sukni@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 524 44 25

Экспериментальное исследование проводилось в связи с проблемой переработки боросиликатных стекол, используемых в качестве матрицы для захоронения радиоактивных отходов. Оно было основано на избирательной концентрации элементов расплавами различного состава в процессе возникновения в них жидкостной несмесимости. В качестве расплавов-концентраторов использовали фосфатные и алюмофторидные фазы.

Эксперименты проводились при  $T=1000$  и  $1200^{\circ}\text{C}$ ,  $P=1$  Кбар продолжительностью 3 часа на установке высокого газового давления в платиновых ампулах. Исходным веществом служили модельные боросиликатные стекла, близкие по составу матричным материалам, содержащие REE (La, Ce), Sr, Cs, Li, Ti, предварительно наплавленные при  $T=1200^{\circ}\text{C}$ ,  $P=1$  Кбар в течение 3 час. на установке высокого газового давления или в КО-14, и реактивы  $\text{NaPO}_3$  и  $(\text{Na}_{1.5}\text{Li}_{1.5})_3\text{AlF}_6$ . Продукты опытов анализировались на микрозонде.

В процессе экспериментов возникала жидкостная несмесимость между боросиликатным и фосфатным расплавами или боросиликатным и алюмофторидным, и происходило разделение редких элементов между фазами. Полученные данные показывают преимущественное концентрирование редкоземельных элементов, стронция и титана в фосфатном расплаве (а также в алюмофторидном), а цезия – в силикатном. При этом в ряде опытов наблюдались кристаллы фосфатов редких земель в фосфатной фазе.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ОКСИДА ГАЛЛИЯ В ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРАХ**

**Тарнопольская М.Е., Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF SOLUBILITY OF GALLIUM OXIDE IN CHLORIDE SOLUTIONS**

**Tarnopolskaya M.E., Bychkov A.Yu. (geol.dep. MSU)**

[mashatarnopolskaya@yandex.ru](mailto:mashatarnopolskaya@yandex.ru), тел.: 8(495) 939 1239

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 12-05-00957.*

В ряде работ (*Benezeth et al., 1997; Diakonov et al., 1997*) были подробно изучены гидроксокомплексы галлия, однако хлоридные комплексы исследованы недостаточно. Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию форм переноса галлия в системе  $\text{Ga}_2\text{O}_3\text{--NaCl--HCl--H}_2\text{O}$  в зависимости от концентрации NaCl и HCl методом растворимости при  $350^\circ\text{C}$  и давлении насыщенного пара. Эксперименты проводились в титановых автоклавах. Твердая фаза помещалась в контейнер в верхней части автоклава для обеспечения равновесия только при температуре опыта. Продолжительность опыта составляла 7 суток и была определена по результатам кинетической серии. Содержание растворенного галлия в растворе определяли колориметрическим методом с галлином. Растворимость оксида галлия увеличивается с ростом концентрации соляной кислоты и хлорида натрия. Поскольку активность ионов водорода в опыте не задавалась, то результаты обрабатывались с помощью программы OptimA (*Шваров, 2008*), которая рассчитывает модель эксперимента с подбором термодинамических данных для лучшей сходимости расчетных и экспериментальных значений. Были определены константы диссоциации комплексов  $\text{GaCl}_3$  и  $\text{GaCl}_4^-$  при  $350^\circ\text{C}$ :  $\text{pK}=14.4$  и  $\text{pK}=7.1$  соответственно.



**ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЗОЛОТА ПРЕСНОВОДНЫМ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ**

**Тютюнник О.А., Набиуллина С.Н., Кубракова И.В. (ГЕОХИ РАН)**

**ACCUMULATION OF GOLD BY FRESHWATER ORGANIC MATTER**

**Tyutyunnik O.A., Nabiullina S.N., Kubrakova I.V. (GEOKHI RAS)**

NMlab@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 75 26

С целью исследования миграционного поведения золота в природных и природно-техногенных обстановках изучено накопление золота преобразованным (гуминовым) веществом пресноводных осадочных отложений (ГК) и живым веществом (колониями водорослей) в условиях, характерных для пресных природных вод (рН 5–8).

Определен вещественный состав воздушно-сухих водорослей и ГК, выделенных из торфа. Изучены свойства комплексообразующих групп на поверхности органического вещества. Сопоставлена кинетика накопления золота различными типами органики и зафиксировано медленное восстановление металла с образованием мелких коллоидных частиц, для обнаружения которых исследовано содержание золота в выделенных клеточных фракциях водорослей.

Показано, что идентичность биогенного и абиогенного накопления золота позволяет использовать константы сродства золота по отношению к сорбционным центрам ГК для оценки взаимодействия золота с живым органическим веществом. Полученные данные представляют интерес для исследования поведения золота в процессах осадконакопления, а также для оценки роли органического вещества в переносе и концентрировании этого элемента.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА В ОЛИВИНЕ И ПЛАГИОКЛАЗЕ ИЗ ПОРОД ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО РАССЛОЕННОГО МАССИВА (НОВЫЕ ДАННЫЕ)

**Фомин И.С. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Дубинина Е.О.,**

**Авдеенко А.С. (ИГЕМ РАН), Арискин А.А. (ГЕОХИ РАН)**

OXYGEN ISOTOPE COMPOSITION OF OLIVINE AND PLAGIOCLASE FROM THE ROCKS OF THE IOKO-DOVYREN LAYERED MASSIF (NEW DATA)

**Fomin I.S. (geol. dep. MSU, GEOKHI RAS), Dubinina E.O.,**

**Avdeenko A.S. (IGEM RAS), Ariskin A.A. (GEOKHI RAS)**

[fomin@web.ru](mailto:fomin@web.ru)

Проведен изотопный анализ кислорода в 33-х монофракциях оливина и 11 плагиоклаза из ультрамафитов и габброидов Йоко-Довыренского расслоенного массива в Северном Прибайкалье. Эти породы представляют протяженные участки трех вертикальных разрезов (с ЮЗ на СВ) – “Йоко” (73÷2005 м от нижнего контакта, 16 навесок *Ol* и 8 – *Pl*), “Центральный” (138÷1227 м, 12 и две) и “Школьный” (162÷784 м, 5 и одна). Все породы свежие (в среднем 0.5 мас.% ппп), зерна *Ol* и *Pl* без трещин и видимых неоднородностей. Изотопный анализ кислорода проведен методом фторирования с применением лазерного нагрева, воспроизводимость при измерении параллельных проб составила  $\pm 0.1$  ‰ ( $1\sigma$ ).

Среднее значение величин  $\delta^{18}\text{O}$  “по всему массиву” для *Ol* составляет  $+5.91 \pm 0.31$  ‰, для *Pl*  $+7.24 \pm 0.36$  ‰. Систематических различий в изотопном составе кислорода в оливине из разных разрезов не установлено. При этом оливины из минимально затронутых вторичными процессами пород г. Йоки демонстрируют устойчивые характеристики  $+5.84 \pm 0.12$  ‰. Максимальные значения  $\delta^{18}\text{O}$  в оливине 6.26–6.95 ‰ установлены в трех дунитах из зоны контаминации карбонатным материалом в разрезе “Центральный” и двух меланотроктолитах из нижней половины разреза “Школьный”. Эти данные не подтверждают вывода (Гончаренко и др., 1992) о присутствии в Довырене популяции “интрателлурических” зерен оливина с низкими значениями  $\delta^{18}\text{O} + (2.6-4.1)$  ‰.

В отличие от ранее опубликованных данных, полученные вариации величин  $\delta^{18}\text{O}$  оливина не превышают 1 ‰ и близки к интервалу «мантийных» значений.

Расчет температуры изотопного уравнивания в системе *Ol-Pl* проведен по уравнениям для системы *Ol-Pl* (Chacko et al., 2001) с учетом номера плагиоклаза. За исключением двух образцов, показавших заниженную температуру закрытия изотопно-кислородной системы полевого шпата (660 и 700 С), полученные температуры находятся в интервале (830÷1060°С). Образцы, показавшие минимальную Т закрытия минералов расположены в верхних частях разрезов «Йоко» и «Центр».

СИМПЛЕКТИТЫ В ОЛИВИНАХ ЗЕМНОГО И ВНЕЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ:  
МОДЕЛЬ ДЕГИДРОГЕНИЗАЦИИ-ОКИСЛЕНИЯ

**Хисина Н.Р. (ГЕОХИ РАН)**

SYMPLECTITES IN OLIVINES OF TERRESTRIAL AND EXTRATERRESTRIAL ORIGIN: A  
MODEL OF DEHYDROGENATION-OXIDATION

**Khisina N.R. (GEOKHI RAN)**

[khisina@geokhi.ru](mailto:khisina@geokhi.ru), тел.: 8(495) 939 70 53

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований грант № 12-05-00160-а.*

Симплектиты в оливинах образованы червеобразными срастаниями наноразмерных фаз – шпинели и пироксена; для них характерны высокие содержания элементов, которые обычно могут присутствовать в оливине только в виде примесей (Cr, Ca, Al, Ti), в том числе элементов с высокой валентностью ( $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ). Симплектиты встречаются в оливинах из земных пород, а также в оливинах внеземного происхождения (лунные породы, марсианские метеориты). **Тип I.** Симплектитовые срастания этого типа обычно приурочены к границам зерен и образуют неправильной формы участки (колонии) площадью 0.1–1 мм<sup>2</sup> на границах оливина с плагиоклазом или пироксеном. **Тип II.** Реже встречаются ориентированные в матрице симплектиты игольчатой или ламелярной формы, которые находятся внутри зерен и не приурочены к межзеренным границам. Реакция дегидрогенизации и окисления ОН-содержащего прекурсора (гидрооливина), имеющего деформационную природу, предложена в качестве механизма образования ламелярных симплектитов (Тип II) в лунном оливине. Согласно этой модели, в условиях декомпрессии и вторичного нагрева при  $T > 800$  °C происходит дегидрогенизация ламелярного прекурсора, образовавшегося при деформации оливина и сегрегировавшего структурный гидроксил из оливина-хозяина. Если при *вхождении* гидроксила электронейтральность структуры прекурсора обеспечивается за счет образования Fe-вакансий, то последующая *дегидрогенизация* прекурсора сопровождается возникновением избыточного отрицательного заряда; это приводит к дестабилизации прекурсора и создает условия для протекания твердофазовой реакции окисления с образованием симплектита.

**НАНОМИНЕРАЛОГИЯ, МИКРОСТРУКТУРА И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ  
КОСМИЧЕСКИХ МИКРОСФЕРУЛ (ТУНГУСКАЯ И НОВОЗЕМЕЛЬСКАЯ КОЛЛЕКЦИИ)**

**Хисина Н.Р., Бадюков Д.Д., Иванов А.В. (ГЕОХИ РАН),**

**Вирт Р. (Геол. центр Потсдам, Германия)**

**NANOMINERALOGY, MICROSTRUCTURE AND CHEMISTRY OF COSMIC  
MICROSPHERULES (TUNGUSKA AND NOVAYA ZEMLYA COLLECTIONS)**

**Khisina N.R., Badyukov D.D., Ivanov A.V. (GEOKHI RAS),**

**Wirth R. (GFZ Potsdam, Germany)**

[khisina@geokhi.ru](mailto:khisina@geokhi.ru), тел.: 8(495) 939 70 53

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований гранты № 12-05-00160-а и 11-05-00095-а.*

Традиционно космические сферулы рассматриваются как продукт плавления микрометеороидов при их скоростном вхождении в атмосферу Земли и последующего затвердевания в условиях пролета через атмосферу. Методами сканирующей электронной микроскопии (SEM) и просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ) исследованы силикатные космические микросферулы, собранные на месте Тунгуского события (Тунгусская коллекция) и в ледниковом покрове Новой Земли (Новоземельская коллекция). На основе проведенного изучения выделены следующие морфологические типы: (1) криптокристаллические сферулы; (2) сферулы с колосниковой микроструктурой (“barred” оливин); (3) стеклянные; (4) сферулы с дендритной микроструктурой; (5) порфиновые; (6) полосчатые; (7) оливин-пироксен-магнетитовые сферулы с неупорядоченной микроструктурой. Валовые составы микросферул варьируют по содержанию FeO при почти неизменном отношении  $(MgO + CaO)/(SiO_2 + Al_2O_3)$ . Определены составы оливина, пироксена, магнетита и стекла в микросферулах разного морфологического типа. В оливинах из сферул с колосниковой микроструктурой выявлены аномально высокие содержания Al (2.3 ат.%) и Ni (1.3 ат.%). Обнаружены явления жидкостной несмесимости с выделением глобул SiO<sub>2</sub> в стеклах криптокристаллических и полосчатых сферул. Наблюдаются симплектитовые срастания хромит-магнетита и стекла в криптокристаллических сферулах. Установлен топотаксический характер оливин-магнетитовых срастаний в сферулах с колосниковой микроструктурой. Предполагается, что наблюдаемые микроструктурные и химические различия микросферул разных морфологических типов обусловлены как различием скоростных и угловых характеристик вхождения микрометеороидов в атмосферу Земли, так и их принадлежностью к различным типам метеоритного вещества.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АМФИБОЛА С ФЛЮИДОМ  
H<sub>2</sub>O–NaCl ПРИ 900°C, ДАВЛЕНИИ 5 КБАР

**Ходоревская Л.И., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)**

INTERACTION OF H<sub>2</sub>O–NaCl FLUID AND AMPHIBOLE AT 900°C AND 5 KBAR.  
EXPERIMENTAL STUDY

**Khodorevskaya L.I., Nekrasov A.N. (IEM RAS)**

khodorevskaya@mail.ru, тел.: 8(916) 651 25 53

Изучено взаимодействие амфиболита с флюидной фазой, представленной H<sub>2</sub>O и растворами NaCl с  $X_{\text{соли}} = 0.1-0.5$ . Опыты проводились в золотых ампулах при 900°C и давлении 5 кбар на установке высокого газового давления с внутренним нагревом по закалочной методике. Продолжительность опытов – 4 суток.

После опытов, проведенных в присутствии разбавленных растворов NaCl, амфибол остается основной фазой. Кроме амфибола появляется практически чистый анортит, авгит с железистостью  $f=0.15$ , зональный паргасит, в котором от центра к краям железистость уменьшается от  $f = 0.34$  до  $f = 0.19$ , и шарики закалочного стекла. С увеличением концентрации соли в исходной навеске исчезает плагиоклаз, появляется трондьемитовый расплав, увеличивается содержание жадеитового минала в авгите. При  $X_{\text{NaCl}} = 0.3$  в опытах наряду с расплавом отмечен форстерит ( $X_{\text{Fo}}=0.96$ ) и сильно железистый клинопироксен ( $f=0.9$ ) с содержанием жадеитового минала, достигающим 14 %.

Установлено, что вследствие инконгруэнтной растворимости чисто водные и разбавленные растворы NaCl приводят к преимущественному выносу SiO<sub>2</sub> из амфибола. С ростом  $X_{\text{NaCl}}$  в исходном флюиде количество вынесенного кремнезема уменьшается, а FeO и CaO увеличивается, вынос Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и MgO практически не зависит от концентрации NaCl во флюиде.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, U–Pb ГЕОХРОНОЛОГИЯ И ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОД ЮЖНО-СИНЕГОРСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ДЕПРЕССИИ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ПРИМОРЬЕ)

**Цельмович В. А. (ГО «Борок» ИФЗ РАН), Киселёв В. И. (ДГИ ДВО РАН),**

**Бретштейн Ю.С. (ИТи Г ДВО РАН)**

MINERALOGY, U–Pb GEOCHRONOLOGY AND PALEOMAGNETISM OF VOLCANIC ROCKS SOUTH SINEGORSKIY VOLCANO-TECTONIC DEPRESSION (SOUTHWESTERN PRIMORYE)

**Tselmovich V. A. (GO “Borok” IPE RAS), Kiselev V.I. (FEGI FEB RAS),**

**Bretshteyn Y.S. (ITiG FEB RAS)**

[tselm@mail.ru](mailto:tselm@mail.ru), тел.: 8(485) 472 46 31

*Работа выполнена при поддержке РФФИ проекты № 10-05-00117, 13-05-00348.*

Исследован и диагностирован состав акцессорных минералов среднепалеозойских вулканитов Южно-Синегорской вулcano-тектонической депрессии (ЮСВТД), что позволяет рассматривать её образование с новых позиций. В эффузивах обнаружены микрочастицы и микросферулы самородного железа, магнетита, никеля и других химических элементов. На основе анализа особенностей минералогического состава и вещественно-структурных соотношений изученных породных комплексов высказано предположение о том, что ЮСВТД может являться реликтом древней астроблемы – результатом поздне-, постпалеозойского импактного события. Определение абсолютного возраста на основе U–Pb датирования цирконов указывает на среднедевонский – раннекарбонный возраст изученных вулканических пород. Установлены их основные петрофизические параметры, которые отражают особенности состава и структуры ферри-, парамагнитных минералов, а также корреляционные зависимости с рядом породообразующих окислов и химических элементов-примесей. Рассчитанные координаты палеомагнитного полюса для среднепалеозойских риолитов светляровской ( $C_{1sj}$ ) и супутинской ( $D_{1sp}$ ) толщ, а также осадочных пород люторгской ( $D_{2lt}$ ) и лунзенской ( $D_{2ln}$ ) свит ЮСВТД указывают на близость широтных позиций их формирования, приуроченных к приэкваториальной зоне земного шара и согласуются с ранее полученными данными для терригенных комплексов других террейнов Амурской плиты.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА СОСТАВ МАГНИТНЫХ  
МИНЕРАЛОВ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ МЕЗОЗОЯ–КАЙНОЗОЯ**

**Цельмович В.А., Куражковский А.Ю. (ГО «Борок» ИФЗ РАН)**

**EFFECTS OF SEDIMENTATION IN COMPOSITION OF MAGNETIC MINERAL  
DEPOSITS MESOZOIC - CENOZOIC**

**Tselmovich V.A., Kurazhkovsky A. Yu. (GO "Borok" IPE RAS),**

[tselm@mail.ru](mailto:tselm@mail.ru), тел.: 8(485) 472 46 31

*Работа выполнена при поддержке РФФИ проекты № 10-05-00117, 13-05-00348.*

На протяжении всей истории палеомагнитологии обсуждается значимость влияния диагенетических изменений на состав магнитных зерен. Нами предпринята попытка выяснить влияние окислительно-восстановительной (ОВ) обстановки на магнито-минералогический состав отложений мезозоя и кайнозоя, вскрытых естественными обнажениями в Ярославской и Саратовской областях. В изученных обнажениях чередовались горизонты отложений, которые образовались в различных ОВ условиях. Исследование влияния ОВ условий по одним и тем же осадочным толщам позволило свести к минимуму различия минералогического состава, которые связаны с изменениями источников магнитной фракции. На микрозонде «Тескан Вега II» были изучены магнитные минералы, выделенные при помощи Nd магнита. Частицы имели терригенное (Mt, Il), космогенное (Ni, Fe, Zn, W) и аутигенное (сульфиды железа) происхождение. Мы не обнаружили явного влияния ОВ условий на состав зерен магнитных минералов. Количество космических частиц менялось по мощности осадочных толщ. Это могло быть связано как с изменением интенсивности их поступления на земную поверхность, так и с изменением скорости осадконакопления. Частицы Ni и Fe, их сплавов, обнаруживались в горизонтах, образовавшихся как в окислительных, так и восстановительных условиях. Сульфиды железа (предположительно, аутигенные) были обнаружены только в горизонтах, образовавшихся в восстановительных условиях. Таким образом, ОВ условия не оказывают значимого влияния на состав терригенной и металлической космогенной магнитной фракции мезозойских и кайнозойских отложений.

УСЛОВИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ  
УГЛЕВОДОРОДОВ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

**Чанышев А.Д., Литасов К.Д., Шацкий А.Ф. (ИГМ СО РАН, НГУ),**

**Отани Э., Фурукава Й. (Ун-т Тохоку, Япония)**

CONDITIONS FOR STABILITY OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS IN THE  
EARTH'S UPPER MANTLE

**Chanyshev A.D., Litasov K.D., Shatskiy A.F. (IGM SB RAS, NSU),**

**Ohtani E., Furukawa Y. (Tohoku Univ., Japan)**

[chanyshev\\_90@mail.ru](mailto:chanyshev_90@mail.ru), тел.: +7 (913)928 22 79

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-00841, грант British Petroleum.*

В ряду наиболее важных проблем изучения состава мантии стоит исследование глубинного С–О–Н флюида. Оценки фугитивности кислорода ( $fO_2$ ) в основании верхней мантии и переходном слое примерно соответствуют железо-вюститовому ( $IW$ ) буферу. Состав флюида в системе С–О–Н при таких условиях по расчетам соответствует смеси  $H_2O$  и  $CH_4$ , с подчиненным количеством  $H_2$  (Frost, McCammon, 2008). Однако другие теоретические расчеты показали, что поле стабильности тяжелых углеводородов, таких как алканов, алкенов и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), растет с увеличением глубины (Зубков, 2000; 2001).

Данная работа посвящена экспериментальному изучению стабильности и химических превращений ПАУ при условиях верхней мантии Земли. Эксперименты проводились на многопуансонных прессах при давлениях 7 и 3 ГПа и температурах 500–800°C. В качестве стартовых материалов использовались: нафталин, аценафтен, антрацен, фенантрен, флуорантен, пирен, бензопирен, коронен. Образец помещали в герметичную платиновую капсулу. После закалки образцы растворяли в органических растворителях и исследовали методом матрично-активированной лазерной десорбции-ионизации (MALDI). В результате удалось установить, что все выбранные вещества при 7 ГПа полимеризуются при температуре 500°C и полностью разлагаются с образованием углеродистого агрегата при температурах 600–700°C. При 500°C для всех изученных ПАУ было обнаружено образование полимеров с атомными массами до 5000 ед.

Таким образом показано, что при мантийных  $PT$ -параметрах, включая  $PT$ -профили большей части субдукционных плит, ПАУ и их полимеры неустойчивы. Соответственно, редкие находки ПАУ в алмазах и других мантийных минералах (Кулакова и др., 1982; Гаранин и др., 2011), которые образовывались при параметрах 5-7 ГПа и 1100-1400°C имеют вторичное происхождение, например, за счет поликонденсации более легких углеводородов или водорода в присутствии  $CO_2$ . Такой процесс наблюдается в эксперименте или промышленном производстве при низких  $PT$  параметрах в присутствии катализатора ( $P \sim 1$  бар,  $T = 300\text{--}500^\circ\text{C}$ ).



ВЛИЯНИЕ CO<sub>2</sub> НА РАСТВОРИМОСТЬ H<sub>2</sub>O–Cl ФЛЮИДОВ В ДАЦИТОВОМ РАСПЛАВЕ.  
ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

**Чевычелов В.Ю. (ИЭМ РАН)**

THE EFFECT OF CO<sub>2</sub> ON THE SOLUBILITY OF H<sub>2</sub>O–Cl FLUIDS IN DACITIC MELT. THE  
FIRST EXPERIMENTAL RESULTS

**Chevychelov V.Yu. (IEM RAS)**

[chev@iem.ac.ru](mailto:chev@iem.ac.ru), тел.: 8(496)522 58 61

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 11-05-00991-а.*

Экспериментально исследована растворимость H<sub>2</sub>O–CO<sub>2</sub>–Cl-содержащих флюидов различной концентрации в синтетическом дацитовом расплаве (в мас.%, ~67.0SiO<sub>2</sub>, ~0.6TiO<sub>2</sub>, ~16.6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ~4.1ΣFeO, ~1.4MgO, ~3.5CaO, ~4.0Na<sub>2</sub>O, ~2.7K<sub>2</sub>O) при T=1000°C, P=200 МПа и logf<sub>O<sub>2</sub></sub> ~(Ni–NiO)+3.5. Хлор исходно вводили в систему в виде водных растворов HCl различной концентрации, а CO<sub>2</sub> - в виде щавелевой кислоты H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>×2H<sub>2</sub>O плюс перекись водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. В Pt ампулу загружали ~5 мг водного раствора, 1.0-1.5 мг щавелевой кислоты и ~50 мг порошка дацитового стекла. Эксперименты проводили в сосудах высокого газового давления с внутренним нагревом. Длительность – 5 сут. После опытов в алюмосиликатном стекле видимой раскристаллизации не обнаружено.

Полученные результаты сопоставлены с данными подобных экспериментов в системе с риодацитовым расплавом и H<sub>2</sub>O–Cl-содержащими флюидами без CO<sub>2</sub> (Чевычелов, 2007). При небольшой концентрации Cl в системе, CO<sub>2</sub> не оказывает заметного влияния на содержание Cl в расплаве, однако при мольной доле Cl во флюиде > 0.03–0.06 содержания Cl в расплаве в системе с CO<sub>2</sub> становится более высоким, чем в системе без CO<sub>2</sub>. Можно предположить, что в присутствии CO<sub>2</sub> возрастает активность Cl во флюиде, что вызывает увеличение содержания Cl в расплаве.

Добавление CO<sub>2</sub> в систему оказывает также влияние на содержание H<sub>2</sub>O в дацитовом расплаве, которое уменьшается на ~0.5–1.0 мас.%. Этот эффект, вероятно, объясняется разбавлением флюида углекислым газом, в результате которого мольная доля и фугитивность H<sub>2</sub>O во флюиде уменьшаются.

**СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ**

**Шабунина Л.А., Еремяшев В.Е. (ИМ УрО РАН, ЮУрГУ)**

**STRUCTURAL FEATHERS OF FE-RICH BOROSILICATE GLASSES**

**Shabunina L.A., Eremyashev V.E. (IM UB RAS, SUSU)**

[vee-zlat@mineralogy.ru](mailto:vee-zlat@mineralogy.ru), тел.: (3513)57-04-08

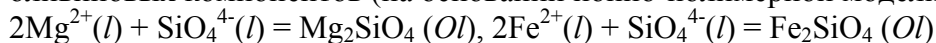
*Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-3013 годы в рамках проекта 14.В37.21.06.08.*

В рамках проекта, посвященного исследованию факторов, определяющих устойчивость матричных материалов для захоронения радиоактивных отходов, методами мессбауэровской, инфракрасной и рамановской спектроскопии было изучено влияние степени окисления железа на структурные особенности железосодержащих щелочных боросиликатных стекол. Были синтезированы две серии стекол состава  $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  и  $\text{K}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ , содержащих 2 и 10 мас. % железа с разной степенью его окисления.

Установлено, что влияние изменения степени окисления железа на структуру стекол зависит от их химического состава. В стеклах с высоким содержанием натрия и калия увеличение степени окисления железа способствует увеличению полимеризованности структуры стекла, а в стеклах с низким содержанием натрия и калия ее деполимеризации. Сделан вывод о том, что наблюдаемое изменение структуры стекол связано с разной структурной ролью двух и трехвалентного железа и позволяет выработать подходы к корректировке структуры матричных материалов с целью повышения их термической устойчивости.

ПРОГРАММА STRUCTON: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  $Mg^{2+}$  И  $Fe^{2+}$  МЕЖДУ ОЛИВИНОМ И РАСПЛАВОМ В СИСТЕМЕ  $MgO-FeO-SiO_2$  В СВЕТЕ ИОННО-ПОЛИМЕРНОЙ ТЕОРИИ  
**Шильдт А.В. (геол.ф-т МГУ), Арискин А.А. (ГЕОХИ РАН), Поляков В.Б. (ИЭМ РАН)**  
 PROGRAM STRUCTON: THERMODYNAMIC MODELLING OF DISTRIBUTION OF  $Mg^{2+}$  AND  $Fe^{2+}$  BETWEEN OLIVINE AND MELT IN THE  $MgO-FeO-SiO_2$  SYSTEM FROM THE POINT OF VIEW OF THE THEORY OF ION-POLYMER  
**Schildt A.V. (geol. dep. MSU), Ariskin A.A. (GEOKHI RAS), Polyakov V.B. (IEM RAS)**  
[artem342@yandex.ru](mailto:artem342@yandex.ru)

Начиная с классической работы (Roeder, Emslie, 1970) моделирование равновесия оливин – расплав было основано на полуэмпирическом подходе, включающем расчеты активности минералообразующих компонентов в расплавах или использование “коэффициента сокристаллизации”  $K_D^{Fe-Mg} \cong 0.30$ . Вместе с тем, за прошедшие десятилетия накопилось достаточно данных, указывающих на широкие вариации  $K_D^{Fe-Mg}(Ol-L)$  в синтетических и природных системах. В частности, достоверно установлено понижение  $K_D^{Fe-Mg}$  для деполимеризованных систем, отвечающих обедненным  $SiO_2$  и обогащенным щелочами составов (Toplis, 2005). Наиболее яркий пример –  $K_D^{Fe-Mg}$  в бинарной системе  $Fe-FeO$ , который составляет 0.22–0.24. В целом, размах возможных вариаций  $K_D$  может достигать почти 50% – по отношению к каноническому значению 0.30 (Roeder, Emslie, 1970). Авторы подошли к решению этого вопроса, комбинируя термохимическое описание реакций кристаллизации оливиновых компонентов (на основании ионно-полимерной модели):



и результаты статистического моделирования структуры силикатных расплавов (Поляков и др., 2010; Арискин и др., 2011) в системе  $MgO-FeO-SiO_2$ . При этом установлено, что для любых расплавов системы термохимические  $K_D^{Fe-Mg}(тд)$  определяются температурным эффектом, слабо зависят от кремнекислотности и варьируют около 0,45. При этом для диапазона 20–50%  $SiO_2$  наблюдаемые значения  $K_D^{Fe-Mg} = (FeO/MgO)_{Ol} / (FeO/MgO)_L$  попадают в интервал 0.07–0.46. Эти соотношения находят объяснение как результат неполной диссоциации оксида железа в расплаве  $FeO(l) \rightarrow Fe^{2+}(l) + O^{2-}(l)$  (Коржинский, 1959), степень протекания которой резко снижается в направлении точки плавления “стехиометричного”  $FeO$ .

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В БАЗАЛЬТОВОМ РАСПЛАВЕ НА ПРИМЕРЕ ВУЛКАНА МУТНОВСКОГО (КАМЧАТКА)

Шишкина Т.А. (ГЕОХИ РАН), Альмеев Р.Р., Хольц Фр.,

Бочарников Р.Е. (Ин-т Минералогии, Ганновер),

Портнягин М.В. (ГЕОХИ РАН, ГЕОМАР, Киль, Германия)

PHASE RELATIONS IN BASALTIC MELT OF MUTNOVSKY VOLCANO (КАМЧАТКА)

Shishkina T.A. (ГЕОКНИ RAS), Almeev R.R., Holtz F.,

Botcharnikov R.E. (Inst. Mineralogy, Hannover),

Portnyagin M.V. (ГЕОКНИ RAS, GEOMAR, Kiel, Germany)

[t.shishkina@geokhi.ru](mailto:t.shishkina@geokhi.ru), тел.: 8(495) 939 70 62

Эксперименты по исследованию фазовых равновесий в примитивном базальтовом расплаве вулкана Мутновского (50 мас.% SiO<sub>2</sub>, 7 мас.% MgO) были проведены при давлениях 100 и 300 МПа, в диапазоне температур между 950 и 1200°C при различной активности воды в системе и соответствующих окислительно-восстановительных условиях. Продукты экспериментов, полученные при обоих давлениях, воспроизводят природную минеральную ассоциацию базальтов вулкана: плагиоклаз+оливин+клинопироксен+титано-магнетит, а также составы сосуществующих минералов. Таким образом, показано, что фракционная кристаллизация могла привести к образованию вулканической серии вулкана Мутновский. Наилучшие условия для одновременной кристаллизации ассоциации вкрапленников оливин+плагиоклаз+клинопироксен (*An*<sub>85-94</sub>, *Fo*<sub>72-84</sub>, *Mg#Cpx*<sub>74-81</sub>) были обнаружены в экспериментах при 300 МПа, 1025–1075°C. Расплавы должны содержать от 2 до 5 wt.% H<sub>2</sub>O (активность воды 0.3–0.9), что соответствует окислительно-восстановительным условиям на уровне *QFM*+2.2 до *QFM* +2.7. Можно предположить существование приповерхностного очага на глубине 1.5–3 км под вулканом Мутновским, заполненного частично дегазированной и закристаллизованной магмой, в которой происходит кристаллизация оливин-высоко-Са-плагиоклазовой ассоциации при 1050–1075°C. Тепловой поток и флюиды, испускаемые этим магматическим телом, могут быть причиной интенсивной гидротермальной активности в кратере вулкана Мутновский.

**РАСТВОРИМОСТЬ H<sub>2</sub>O–CO<sub>2</sub>–СОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ В ОСНОВНЫХ РАСПЛАВАХ**

**Шишкина Т.А. (ГЕОХИ РАН), Бочарников Р.Е., Хольц Фр.,**

**Альмеев Р.Р. (Ин-т Минералогии, Ганновер)**

**SOLUBILITY OF H<sub>2</sub>O–CO<sub>2</sub>–BEARING FLUIDS IN MAFIC MELTS**

**Shishkina T.A. (GEOKHI RAS), Botcharnikov R.E., Holtz F.,**

**Almeev R.R. (Inst. Mineralogy, Hannover)**

t.shishkina@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 70 62

Эффект состава расплава на растворимость H<sub>2</sub>O–CO<sub>2</sub>-содержащих флюидов был изучен экспериментально при давлениях от 50 до 900 МПа и температурах 1200–1250°C для широкого ряда основных пород, включающих островодужный толеит, базальт COX, щелочные и железистый базальты, базанит и нефелинит. Результаты экспериментов подтверждают, что растворимость CO<sub>2</sub> сильно зависит от состава расплава, например, она меняется от приблизительно 3200 ppm CO<sub>2</sub> в толеите до 13000 ppm CO<sub>2</sub> в нефелините при 500 МПа и может быть описана экспоненциальной зависимостью от таких комплексных структурно-композиционных параметров как *NBO/T* или *П* (Dixon, 1997). Растворимость воды в основных и средних расплавах может быть линейно связана с содержанием SiO<sub>2</sub> или K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O, при этом зависимость от состава возрастает при увеличении давления. Эксперименты по растворимости смешанных H<sub>2</sub>O–CO<sub>2</sub>-содержащих флюидов при относительно высоких давлениях (700 и 900 МПа) в островодужном толеите обнаруживают положительный эффект воды на растворимость CO<sub>2</sub>, что проявляется в максимуме на кривой растворимости при мольной доле CO<sub>2</sub> в равновесном флюиде  $X_{CO_2}=0.6–0.8$ . Увеличение растворимости CO<sub>2</sub> может быть связано с деполимеризующим эффектом воды на силикатный расплав.

## ВЕСЭМПГ-2013...0141

МЕТАСТАБИЛЬНАЯ ЖИДКОСТЬ. 1. ВОДА И РАСТВОРЫ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЯХ, ПРЕДЕЛЫ РАСТЯЖЕНИЯ, ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЙ

**Шмулович К.И. (ИЭМ РАН)**

METASTABLE LIQUID. 1. WATER AND SOLUTIONS AT NEGATIVE PRESSURE, LIMITS OF TENSIONS, PRESSURE MEASUREMENTS

**Shmulovich K.I. (IEM RAS)**

[KShmulovich@yandex.ru](mailto:KShmulovich@yandex.ru)

*Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 10-05-00882.*

Методом синтетических флюидных включений (СФВ) измерены температуры фазовых переходов  $L+V \rightarrow L$  (гомогенизация,  $T_G$ ) и  $L \rightarrow L+V$  (нуклеация паровой фазы,  $T_H$ ). Разность  $T_G-T_H$  (гистерезис) характеризует глубину проникновения изохорической системы СФВ в метастабильную область фазовой диаграммы. Для воды при плотности  $d > 0.8$  г/см<sup>3</sup> разность  $T_G-T_H$  варьирует в широких пределах: от 15–20° до 70–90°С. Если вместо чистой воды при синтезе ФВ использовать растворы NaOH (0.05–0.5 м), то разности  $T_G-T_H < 40^\circ$  не наблюдаются, т.к. повышенная растворимость SiO<sub>2</sub> уменьшает вероятность гетерогенной нуклеации на межфазовой границе.

Ненасыщенные солевые растворы NaCl и CaCl<sub>2</sub> демонстрируют весьма сходные величины гистерезиса, но при более высоких  $T_G$  и  $T_H$ . В растворах CsCl получены максимальные значения  $T_G-T_H$ , достигающие 135°С, а в некоторых СФВ нуклеация паровой фазы происходит только при оттаивании полностью замороженного включения.

На оптической ячейке откалиброван сдвиг с давлением спектра КР растворов Na<sub>2</sub>ClO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> и Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> до 150 МПа. Давление в СФВ с 1.3 м раствором Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> и  $T_G = 220^\circ\text{C}$  измерено от  $T_G$  до  $T_H = 170^\circ\text{C}$  и составляет  $-50 \pm 10$  МПа. Это первые измерения отрицательных давлений в СФВ.

МЕТАСТАБИЛЬНАЯ ЖИДКОСТЬ. 2. РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ

**Шмулович К.И. (ИЭМ РАН)**

METASTABLE LIQUID. 2. SIZE EFFECT

**Shmulovich K.I. (IEM RAS)**

[KShmulovich@yandex.ru](mailto:KShmulovich@yandex.ru)

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 10-05-00882.*

В недавнем обзоре (*Caupin et.al., 2012*) сформулирован парадокс, связанный с максимальными растяжениями воды: методы акустической кавитации, бурдоновских трубок и ударных экспериментов дают максимальные растяжения в -30 МПа вблизи 0°C. Метод СФВ дает для воды значительно большие абсолютные величины предельных растяжений: до -140 МПа, причем при повышенных температурах в 150–200°C.

Экспериментально проверена гипотеза: причиной разницы в оценках максимальных растяжений в воде является различие в объемах флюидной фазы. Для минимизации гетерофазной нуклеации использованы щелочные растворы. В интервале линейных размеров СФВ от 5 до 150  $\mu$  гистерезис ( $T_{г}-T_{н}$ ) увеличивается на 3–5°C при уменьшении объема включения на одну логарифмическую единицу ( $\lg V$ , в  $\mu$ ). Разница в объемах измеряемых объектов в методе СФВ и акустической кавитации составляет 9–10 порядков, что дает разницу в предельных растяжениях  $\sim 80$  МПа. Именно такова наблюдаемая разница в давлениях кавитации при 50–75°C.

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕЗИСА ВЕЩЕСТВА «БЕЛЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ» В МЕТЕОРИТАХ**

**Шорников С. И. (ГЕОХИ РАН)**

**A THERMODYNAMIC STUDY OF GENESIS OF «THE WHITE INCLUSION» SUBSTANCE IN METEORITES**

**Shornikov S. I. (GEOKHI RAS)**

[sergey.shornikov@gmail.com](mailto:sergey.shornikov@gmail.com), тел.: +7(812) 540 03 42

В рамках разработанной полуэмпирической модели (Шорников, 2009), базирующейся на теории идеальных ассоциированных растворов (Пригожин и Дефэй, 1966), проведены термодинамические расчеты изменения состава вещества «белых включений» в метеоритах в процессе их испарения и конденсации. В качестве рассматриваемых составов «белых включений» в метеоритах были выбраны 17 составов «белых включений» типов А и В из CV3 хондритов, ранее рассмотренных Гроссманом (Grossman et al., 2008). Проведенное рассмотрение данных, представленных Гроссманом, показало их принципиальную внутреннюю противоречивость, что, собственно, и обусловило цель настоящей работы. Выполненные расчеты выявили типичные для всех изученных составов (несмотря на некоторые отличия в содержаниях оксидов в составах) закономерности испарения вещества «белых включений». Наиболее характерным для процессов испарения и конденсации вещества «белых включений» в метеоритах является значительное изменение соотношения содержаний оксидов магния и кремния  $x(\text{MgO})/x(\text{SiO}_2)$  при постоянном соотношении содержаний оксидов кальция и алюминия  $x(\text{CaO})/x(\text{Al}_2\text{O}_3)$ .



ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ  
В СИСТЕМАХ  $K_2O-SiO_2$  и  $K_2O-GeO_2$

**Шорников С.И. (ГЕОХИ РАН)**

THERMODYNAMIC PROPERTIES  
OF  $K_2O-SiO_2$  AND  $K_2O-GeO_2$  MELTS

**Shornikov S.I. (ГЕОКНИ РАН)**

[sergey.shornikov@gmail.com](mailto:sergey.shornikov@gmail.com), тел.:8(812) 540 03 42

В рамках полуэмпирической модели (Шорников, 2009), базирующейся на теории идеальных ассоциированных растворов (Пригожин и Дефэй, 1966) проведен расчет термодинамических свойств расплавов в щелочных системах  $K_2O-SiO_2$  и  $K_2O-GeO_2$  в области температур 900–1800 К. Физико-химические свойства силикатов калия и расплавов в системе  $K_2O-SiO_2$  являются важными для понимания протекания процессов испарения и конденсации метеоритов. Физико-химические свойства германатов калия и расплавов в системе  $K_2O-GeO_2$  представляют интерес для методики теоретических расчетов низкотемпературного аналога системы  $K_2O-SiO_2$ , а также с точки зрения их практического применения в технике. Энергетические параметры межмолекулярных взаимодействий были найдены из экспериментальных данных, рассмотренных с учетом ранее проведенного исследования (Шорников, 2005). Рассчитанные величины активностей оксидов и энергии Гиббса смешения расплавов в системах  $K_2O-SiO_2$  и  $K_2O-GeO_2$  сопоставлены с экспериментальными данными, полученными масс-спектрометрическим эффузионным методом Кнудсена (Зайцев и др., 2000; Шорников, 2005).

**ОТ ТОПОГРАФИИ К ФИЗИКЕ МОЛОДЫХ УДАРНЫХ КРАТЕРОВ  
ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ**

**Шпекин М.И. (КФУ), Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН),**

**FROM TOPOGRAPHY TO PHYSICS YOUNG IMPACT CRATERS OF MOON FAR SIDE**

**Shpekin M.I. (KFU), Barenbaum A.A. (OGRI RAS)**

Michael.Shpekin@ksu.ru, тел.: (843) 233 73 47

azary@mail.ru, тел.: 8(499) 135 72 21

Ударные кратеры, как результат взаимодействия ударника с поверхностью Луны, представляют собой своего рода природную лабораторию по изучению лунных недр. Периоды последействия для крупных ударных кратеров могут составлять многие миллионы лет. Учитывая новые оценки возрастов некоторых кратеров Луны, их периоды последействия перекрывают настоящую эпоху наблюдений. На примере кратеров Эйткен и Циолковский обратной стороны Луны обращается внимание на наличие объектов и структур на днище кратеров, их центральных горок и территорий, прилегающих к внутренним склонам вала, природа и происхождение которых вызывают много вопросов. Мы полагаем, что возвышенности на днище наподобие марсианских гор с большой долей вмороженного в горный материал льда, массивные оползни на склонах центральной горки с одинаковой ориентацией (юго-западный склон), сходное расположение валунов вокруг центров вероятных выбросов и другие детали топографии, возможно, связаны с тем, что кратеры еще не до конца остыли. В этом случае оба кратера будут представлять особый интерес для предстоящих лунных миссий.

**ЧАСТИЧНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ СЕРПЕНТИНИТА ПРИ P-T УСЛОВИЯХ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ  
(ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)**

**Шур М. Ю. (геол. ф-т МГУ), Перчук А. Л. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН),**

**Япаскерт В. О. (геол. ф-т МГУ)**

**PARTIAL MELTING OF SERPENTINITE UNDER P-T CONDITIONS OF SUBDUCTION  
ZONE (BASED ON EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS)**

**Shur M.Yu. (geol.dep.MSU), Perchuk A.L. (geol.dep.MSU, IEM RAS),**

**Yapaskurt V.O. (geol.dep.MSU)**

[maryshur@gmail.com](mailto:maryshur@gmail.com) тел.: 8(495)939 11 64

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 12-05-01093.*

Поверхность океанической литосферы, образованной в низкоскоростных зонах спрединга, сложена преимущественно серпентинитами, однако их взаимодействие с породами мантийного клина в зонах субдукции экспериментально не исследовалось. Мы провели экспериментальное моделирование взаимодействия серпентинита и лерцолита при  $P = 29$  кбар и  $T = 650, 750$  и  $850^{\circ}\text{C}$ , отвечающих  $PT$  условиям "теплой" и "горячей" зон субдукции. Опыты продолжительностью от 69 до 91 часов проводились на установке "цилиндр-поршень" в безградиентных условиях. В ходе экспериментов серпентин разлагался с образованием оливина, энстатита и расплава, объемная доля которого достигала 17%. Новообразованные фазы в лерцолите представлены ортопироксеном, магнезитом и расплавом, доля которого составляла до 4 объемных %. Столь низкие температуры частичного плавления породы ультраосновного состава, которой является серпентинит, открывают новую страницу в исследованиях источников магматических расплавов в островодужной обстановке.

**МАГМАТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ВЫСОКОФТОРИСТЫХ МИНЕРАЛОВ  
В ГРАНИТАХ И НЕФЕЛИНОВЫХ СИЕНИТАХ**

**Щекина Т.И., Алферьева Я.О. Граменицкий Е.Н. (геол.ф-т МГУ)**

**MAGMATIC NATURE OF HIGH FLUORINE MINERALS**

**IN GRANITES AND NEPHELINE SYENITES**

**Shchekina T.B., Alferyeva Ya.O, Gramenitskiy E.N (geol.dep.MSU)**

[t-shchekina@mail.ru](mailto:t-shchekina@mail.ru) ; [yanaalf@yandex.ru](mailto:yanaalf@yandex.ru); [engramen@geol.msu.ru](mailto:engramen@geol.msu.ru)

факс: (495)9398889 тел.:(495)9392040

*Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 120531220 мол-а.*

Экспериментально установлено, что при высоких концентрациях фтора в лейкократовых алюмосиликатных расплавах на ликвидусе происходит кристаллизация высокофтористых минералов – топаза, виллиомита, криолита и фтор-содалита. Появление того или иного минерала определяется кремнекислотностью, алгаитностью и соотношением щелочных компонентов в системе  $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Na}_2\text{O--K}_2\text{O--F--H}_2\text{O}$ . Показано, что состав топаз- и криолитсодержащих гранитов отвечает полученным в эксперименте полям равновесия богатого фтором алюмосиликатного расплава с этими минералами, что подтверждает их магматическую природу. Частичная замена натрия и калия на литий приводит к существенному расширению поля равновесия алюмосиликатного и солевого (щелочноалюмофторидного) расплавов. Несмесимость между этими двумя расплавами проявлена в широком интервале составов системы  $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Na}_2\text{O--Li}_2\text{O--F--H}_2\text{O}$  при 800–650°C и 1 кбар. Экспериментальные результаты указывают на возможность сосуществования алюмосиликатного и фторидного солевого (*brine*) расплавов в природных условиях и, следовательно, кристаллизацию из последнего обособленных тел криолита и виллиомита. Это предположение подтверждается при изучении расплавных включений в гранитах и щелочных породах, близких по содержаниям главных компонентов, воды и фтора к составам экспериментальных стекол и нередко содержащих жидкие солевые фазы, подобные полученным в эксперименте. Изучение распределения различных элементов между силикатным и фторидными солевыми расплавами доказывает способность последних концентрировать редкие элементы (Li, Sr, W, Nb, Hf, Sc, U, Th, REE), что позволяет рассматривать это явление как один из механизмов их накопления в рассматриваемых лейкократовых породах.

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РЕАКЦИОННОМ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ОГНЕУПОРОВ И  
ШЛАКА НИКЕЛЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА**Щекина Т.И., Батанова А.М., Граменицкий Е.Н., Григорьев Б.Н.,****Курбыко Т.А. (геол.ф-т МГУ, ООО «ОгнеупорТрейдГрупп»)**MINERAL FORMATION FEATURES AT REACTION INTERACTION OF  
MAGNESIA REFRACTORIES AND SLAG OF NICKEL PRODUCTION**Shchekina T.I., Batanova A.M., Gramenitskiy E.N., Grigoriev B.N.,****Kurbyko T.A. (geol.dep.MSU, ООО OgneuporTraidGrupp)**

t-shchekina@mail.ru тел.:8(495) 939 20 40

Проведено экспериментальное моделирование процессов взаимодействия хромитопериклазовых (*Cr-Per*) огнеупоров, состоящих на 75% из периклаза и 25% хромита, и периклазоуглеродистых (*MgO-C*) огнеупоров, состоящих на 90% из периклаза и 10% углерода, с расплавом шлака никелевого производства при 1500 °С и атмосферном давлении. В обоих случаях были получены реакционные колонки диффузионного взаимодействия между огнеупорами и шлаком. Сравнительное изучение минерального состава реакционных зон показало, что периклазоуглеродистые огнеупоры значительно более устойчивы к расплавам шлака в высокотемпературных условиях эксперимента относительно хромитопериклазовых. Показано, что в случае *MgO-C* огнеупоров мощность приконтактной зоны в 3.5 раза меньше, чем в *Cr-Per* огнеупорах. В результате встречной диффузии компонентов – выноса Mg из *MgO-C* огнеупора и привноса в него Si, Al и Ca из шлака, в этой зоне вместо периклаза образуются форстерит ( $Mg_{1,98} Ca_{0,02} O_4$ ), магнезиальная шпинель  $MgAl_2O_4$  и фаза группы мелилита  $Ca_{1,87} (Mg_{0,36} Al_{0,73} Si_{1,84})_{2,93} O_7$ . В приконтактной зоне *Cr-Per* огнеупора главным минералом является шпинель сложного состава, обедненная магнием и хромом, но значительно обогащенная железом, алюминием и никелем ( $Mg_{0,49} Fe_{0,92} Cr_{0,30} Al_{0,84} Ti_{0,01} Ni_{0,52} Co_{0,04} Cu_{0,03} O_4$ ), по сравнению со шпинелью исходного огнеупора ( $Mg_{0,90} Fe_{0,09} Mn_{0,01} O_4$ ). Помимо шпинели, в этой зоне содержится небольшое количество монтичеллита и стекла щелочного состава. Значительная мощность зоны реакционного взаимодействия и столь существенное преобразование состава исходного хромитопериклазового огнеупора отрицательно влияют на его свойства и объясняют его значительно меньшую устойчивость в металлургическом процессе по сравнению с периклазоуглеродистыми огнеупорами.

**КЛАСТЕРНОЕ ИСПАРЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ  
В УСЛОВИХ ИМПУЛЬСНОГО НАГРЕВАНИЯ**

**Яковлев О. И. (ГЕОХИ РАН), Диков Ю.П. (ИГЕМ РАН),**

**Герасимов М.В. (ИКИ РАН), Булеев М.И. (ИГЕМ РАН).**

**CLUSTER VAPORIZATION OF THE SILICATES: NEW EXPERIMENTAL DATA**

**Yakovlev O.I. (GEOKHI RAS), Dikov Yu.P. (IGEM RAS),**

**Gerasimov M.V. (IKI RAS), Buleev M.I. (IGEM RAS)**

**[yakovlev@geokhi.ru](mailto:yakovlev@geokhi.ru), тел.: 8(495) 939 70 03**

Как показывают эксперименты, имитирующие ударное нагревание вещества, ход испарения высокотемпературного расплава может пойти преимущественно по так называемому кластерному типу испарения. Кластерный тип испарения характеризуется выходом из расплава в парообразное состояние слабо диссоциированных атомно-молекулярных группировок (кластеров испарения), свойства которых не зависят от свойств, входящих в группировку элементарных веществ. В состав кластеров могут входить несовместимые по летучести элементы и оксиды, и, таким образом, может быть обеспечено совместное испарение и перенос в паро-газовой фазе летучих и нелетучих веществ. При разлёте и расширении облака испарённого пара происходит быстрое охлаждение. В паре может происходить рекомбинация частиц, то есть объединение элементов и простых молекул с образованием многоатомных кластерных форм – кластеров конденсации. Мы представляем новые экспериментальные данные, подтверждающие кластерный тип испарения в условиях высокотемпературного импульсного нагревания ряда полевых шпатов: альбита  $Ab_{91}Ort_5An_4$ , натрового лабрадора  $Ab_{43}Ort_5An_{52}$ , кальциевого лабрадора  $Ab_{30}Ort_1An_{69}$ , битовнита  $Ab_{18}Ort_1An_{81}$  и ортоклаза  $Ab_{51}Ort_{38}An_{11}$ . При анализе паро-конденсатной фазы методом рентгеновской фото-электронной спектроскопии были обнаружены кластерные формы со стехиометрией близкой к нефелину, волластониту, силлиманиту, кварцу и корунду.