

**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**

**ЕСЭМПГ-2012**

**17–18 апреля 2012 г.**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

ГЕОХИ РАН

Москва 2012

**ЕСЭМПГ2012...001**

**О ПРОБЛЕМАХ РАСЧЕТА РАСТВОРИМОСТИ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ В ПАРОВОЙ  
ФАЗЕ ВОДЫ**

**Акинфиев Н.Н. (ИГЕМ РАН), Плясунов А.В. (ИЭМ РАН)**

**COMPUTATION PROBLEMS OF METAL OXIDES SOLUBILITY IN THE H<sub>2</sub>O VAPOUR  
PHASE**

**Akinfiyev N.N. (IGEM RAS), Plyasunov A.V. (IEM RAS)**

akinfiyev@igem.ru

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 11-05-00786-а и программы гос.  
поддержки ведущих научных школ НШ-2898.2012.5*

Использование термодинамических свойств ряда нейтральных гидроксидов металлоидов (B(OH)<sub>3</sub>, Si(OH)<sub>4</sub>) в состоянии идеального газа позволяет с удовлетворительной точностью воспроизводить экспериментальные данные по растворимости соответствующих им оксидов в водяном пару. В тоже время в системах оксид металла – вода имеющиеся термодинамические данные для газофазных гидроксидов (Zn(OH)<sub>2</sub>, Al(OH)<sub>3</sub>, CuOH и т.д.) предсказывают величины растворимости в пару, которые на несколько порядков ниже экспериментальных определений. Предлагается решение этой проблемы путем включения в квантовохимический расчет гидратированных форм газофазных гидроксидов, а также использования эффективных поправок в рамках электростатической теории для дипольных молекул. В докладе также обсуждаются вопросы экспериментальной проверки полученных результатов.

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОЛИДУСА ЯРОСЛАВСКИХ БИОТИТОВЫХ И ВОЗНЕСЕНСКИХ Li–F ГРАНИТОВ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Аксюк А.М., Конышев А.А., (ИЭМ РАН)**

ESTIMATION OF THE SOLIDUS PARAMETERS OF THE YAROSLAVKA BIOTITE GRANITE AND THE VOZNESENKA Li–F ONE, EXPERIMENTAL

**Aksyuk A.M., Konyshev A.A., (IEM RAS)**

[aksyuk@iem.ac.ru](mailto:aksyuk@iem.ac.ru), [konyshev@iem.ac.ru](mailto:konyshev@iem.ac.ru), факс: 8(496) 254 4425, тел.: 8(496) 522 5861

*Грант РФФИ 10-05-00292-а, программа ОНЗ-3*

Ta–Nb, Sn, W, CaF<sub>2</sub> месторождения Вознесенского рудного узла (Приморье) генетически связаны с гранитами вознесенского комплекса, первая фаза которого представлена биотитовыми лейкогранитами, а вторая – более поздними Li–F гранитами. По нашим оценкам, полученным по составам слюд с помощью минеральных геофториметров, концентрации HF в водном флюиде вознесенских Li–F гранитов могли достигать до 1.0 m<sub>HF</sub> (моль/дм<sup>3</sup>) (или до 2.0 m<sub>HF</sub> (моль/кг H<sub>2</sub>O)) при давлении 200 МПа и 600–800°C. Эксперименты по определению T–P параметров солидуса выполнялись на гидротермальной установке или газостате с порошками Li–F гранитов из вознесенского штока и биотитовых гранитов из ярославского массива при температурах 600–800°C, давлениях 50–500 МПа, составе флюида – H<sub>2</sub>O–1m<sub>HF</sub>. В результате экспериментов были получены новые данные по составу гранитных стёкол, уточнена линия солидуса.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГРЕЙЗЕНИЗАЦИИ ГРАНИТОВ В ВОДЕ И РАСТВОРАХ HF ПРИ 400–600°C**

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

**EXPERIMENTAL STUDY OF GREISENIZATION IN THE VOZNESENKA GRANITES WITH WATER AND HF SOLUTIONS AT 400–600°C**

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

aksyuk@iem.ac.ru; vkor@iem.ac.ru, факс: 8(496)5244425, тел.: 8(496)2525861

*грант РФФИ 10-05-00292а, программа ОНЗ-3*

Проведены эксперименты при 400°, 500°, 600°C и 100 МПа. Опыты по моделированию образования грейзенов в эндоконтакте вознесенских биотитовых и литий-фтористых гранитов проводились в автоклавах в платиновых или кварцевых ампулах, помещаемых в футерованных платиной пеналах. Открытые с одного конца ампулы набивались тонким порошком вознесенского литий-фтористого или биотитового гранитов. Концентрации HF в растворе были: вода, 0.1 m и 1 m HF. Соотношение порода-флюид составляло около 1:20–1:40. Продукты опытов изучались на электронном рентгеновском микроанализаторе (микрозонде). Химические составы снимались вдоль продольного профиля экспериментальной колонки с площадок 0.5x0.5 мм с шагом 0.5 мм. Составы биотитового и литий-фтористового гранитов изменялись как с температурой, так и составом раствора. За 10 дней наиболее заметные преобразования гранитов наблюдались на расстоянии до 10 мм колонки от конца, открытого к раствору. В верхней части колонок, вблизи раствора из-за новообразованных минералов растут содержания: фтора и магния (селлаит MgF), кальция (флюорит CaF<sub>2</sub>), алюминия (топаз) и натрия (Ab и слюды). Интересно, что по всей колонке содержания калия и натрия (2–3 % в исходном граните) после опыта – оказались очень малыми, а значит, содержания полевых шпатов и слюд оказались тоже малыми, что можно объяснить их высокой растворимостью при взаимодействии с фторидными растворами.

ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА ЗАВЫШЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ВОЗРАСТОВ  
ИСКОПАЕМЫХ МЕТЕОРИТОВ ШВЕЦИИ

**Алексеев В.А. (ГЕОХИ РАН)**

THE POSSIBLE REASON OF THE OVERESTIMATION OF COSMIC-RAY EXPOSURE  
AGES OF THE SWEDEN FOSSIL METEORITES

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

AVAL37@chgnnet.ru, тел: 8(499) 137 8614

Выполнен анализ распределения изотопов неона в хромитовых зёрнах, выделенных из ископаемых метеоритов, найденных в известняках ордовика в районе карьера Thorsberg на юге Швеции (по данным *Heck et al., 2004, 2008*). Выявленная аномальная зависимость содержания  $^{21}\text{Ne}$  от содержания  $^{20}\text{Ne}$  может быть объяснена наличием газов земного происхождения в примесях, не полностью удаленных из хромитовых зерен метеоритов. Обогащение неона в газе этих примесей изотопом  $^{21}\text{Ne}$  (при величине отношения для примесного неона  $^{21}\text{Ne}/^{20}\text{Ne}_{\text{adm}} \gg ^{21}\text{Ne}/^{20}\text{Ne}_{\text{atm}}$ ) обусловит неучтенный вклад  $^{21}\text{Ne}$  при расчете содержания космогенного  $^{21}\text{Ne}_{\text{cos}}$ . Величина этого вклада и соответствующие значения радиационного возраста  $T_{21}$  будут увеличиваться при уменьшении размеров и сохранности выделенных зерен. Выполненный анализ позволяет понять причину завышения радиационных возрастов ископаемых метеоритов. Полученные результаты являются дополнительным доводом в пользу гипотезы (*Алексеев, 2010*), согласно которой все найденные на юге Швеции ископаемые метеориты могут быть фрагментами одного большого метеорита, выпавшего в виде метеоритного дождя в районе карьера Thorsberg ~470 млн. лет назад примерно через 120 тыс. лет после катастрофического разрушения в космосе родительского тела L-хондритов.

**ЕСЭМПГ2012...005**

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА НА РАВНОВЕСНЫЕ ОТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ КВАРЦ–ВОДА (РАСТВОР) ПРИ 300°C**

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

**INFLUENCE OF TEMPERATURE GRADIENT ON EQUILIBRIUM RELATIONS IN QUARTZ–WATER (SOLUTION) SYSTEM AT 300°C**

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

alekseyev-v@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 8619

В экспериментальных исследованиях равновесий и кинетики реакций минералов с гидротермальными растворами температурный градиент обычно стараются минимизировать, но он, как правило, остается неизвестным. Наши исследования показали, что даже небольшой температурный градиент (0.25 °/см), который трудно избежать в экспериментах, приводит к превращению равновесной системы кварц-вода (раствор) в неравновесную. Это выражается в переотложении кварца со дна ампул на их стенки выше мениска и в понижении концентрации растворенного кремнезема ниже растворимости кварца. Вероятным механизмом, вызывающим это превращение, является термодиффузия (эффект Соре).

ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ АЛМАЗОВ И МИНЕРАЛОВ ВКЛЮЧЕНИЙ ПО  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

**Анашкина Н.Е. (геол.ф-т МГУ), Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)**

PARAGENETIC RELATIONS OF DIAMOND AND MINERAL INCLUSIONS FROM THE  
EXPERIMENTAL DATA

**Anashkina N.E. (geol.dep. MSU), Litvin Yu.A. (IEM RAS)**

for\_nataliya@list.ru, факс: 8(496) 524 9687, тел.: 8(496) 522 5876

Гранты РФФИ 11-05-00401 и НШ-3654-2010

Единственным достоверным источником сведений о химическом составе материнских сред для природных алмазов и захваченных ими при росте фаз является аналитическая минералогия первичных («сингенетических») включений. Вместе с тем физико-химический эксперимент позволяет получить объективную информацию о генетических связях алмаза и включенных фаз, если исследуются алмазообразующие системы, в граничных составах которых учтены данные минералогии включений.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в изучаемом сечении граничный карбонатит–(перидотит<sub>30</sub>карбонатит<sub>70</sub>)<sub>50</sub> (эклогит<sub>35</sub> карбонатит<sub>65</sub>)<sub>50</sub> формируются исключительно фазы эклогитового парагенезиса, тогда как фазы перидотитового парагенезиса не представлены. При этом важно подчеркнуть, что отсутствуют характеристические минералы перидотитов – оливин и ортопироксен, что свидетельствует об их реакционном взаимодействии с другими компонентами исследуемой системы. Другими словами, наблюдается реакционная «эклогитизация» перидотита. В качестве важных факторов при этом выступают реакции карбонатизации магнезиальных минералов перидотита, установленные в экспериментах при более низких давлениях, а также реакция компонентов оливина и жадеита, в результате которой происходит гранатизация оливина (*Gasparik, Litvin, 1997*).

Экспериментальное моделирование сингенезиса алмаза и включений в материнской карбонатно-силикатной среде, содержащей минералы перидотитов и эклогитов, раскрывает физико-химические условия сингенетической кристаллизации алмаза и минералов эклогитового (Cpx, Grt) парагенезиса. При этом формирование характеристических минералов перидотитового парагенезиса подавляется процессами карбонатизации и гранатизации оливина и ортопироксена.

ТЕРМОДИНАМИКА РАСТВОРИМОСТИ СЕРЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НАСЫЩЕНИЯ  
 БАЗАЛЬТОВЫХ МАГМ FE-NI СУЛЬФИДОМ

**Арискин А.А. (ГЕОХИ РАН)**

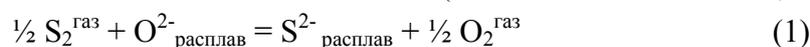
THERMODYNAMICS OF SULPHUR SOLUBILITY AND MODELING OF SATURATION OF  
 BASALTIC MAGMAS WITH FE-NI SULPHIDE

**Ariskin A.A. (GEOKHI RAS)**

ariskin@rambler.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(499) 939 7003

*Работа поддержана грантом РФФИ 11-05-00268a*

Термодинамический анализ экспериментальных данных о растворимости серы в расплавах основного состава при низкой фугитивности кислорода (~QFM–1) показывает, что к железосодержащим системам не применим простой механизм растворения, основанный на образовании анионов  $S^{2-}$  в силикатной жидкости (*Fincham and Richardson, 1954*):



Реакция (1) действительно протекает при проведении опытов в открытых условиях и описывает поступление в расплав восстановленной серы из газовой смеси CO–CO<sub>2</sub>–SO<sub>2</sub> (задающей определенное давление  $fO_2$  и  $fS_2$ ). Однако при условии содержания FeO  $\gg$  S в расплаве, практически вся сульфидная сера оказывается связана с железом в виде ассоциатов FeS и, возможно, сульфокатионных кластеров переменной зарядности  $(Fe_nS)^{2(n-1)+}$ , где  $n = 1, 2, \dots$  (*Ariskin et al., 2008*). Это подтвердили результаты рамановской спектроскопии безжелезистых и железистых S-содержащих стекол, указывающие на отсутствие кластеров FeS в первом случае и сульфидных анионов  $S^{2-}$  во втором, когда были установлены только FeS–комплексы (*Klimm, Botcharnikov, 2011*).

Мы предлагаем новую модель растворимости сульфидной серы в базальтовых магмах, учитывающую возможность образования подобных комплексов и (как результат) нелинейную зависимость  $\ln$  SCSS (*Sulfur Content at Sulphide Saturation*) от обратной температуры. Сочетание уравнений насыщения и реакций комплексообразования позволило провести калибровку модели на обширном массиве экспериментальных данных (более 200 опытов) и составах природных сульфонасыщенных стекол (>50). В результате представлена программа, которая впервые воспроизводит не только данные экспериментов, но также тренды зависимости содержания S в MORB стеклах от FeO и температуры. При этом впервые установлено сильное влияния NiO в расплаве на SCSS и состав равновесной сульфидной фазы.

ОКСИДЫ УРАНА В ТЕХНОГЕННЫХ АЭРОЗОЛЯХ НОВОСИБИРСКА

**Артамонова С.Ю. (ИГМ СО РАН)**

URAN OXIDES IN TECHNOGENIC AEROSOL OF THE AREA OF NOVOSIBIRSK CITY

**Artamonova S.Yu. (IGM SB RAS)**

artam@igm.nsc.ru, факс: (383) 333 2792, тел.: (383) 330 4432

*Работа проведена при поддержке гранта РФФИ № 09-05-00839 «Минерально-геохимические особенности техногенных аэрозолей Сибири»*

Изучение аэрозольных частиц, накопленных за зиму в снежном покрове г. Новосибирска с помощью ICP-MS, ICP-AES, рентгено-флюоресцентного анализа на синхротронном излучении, рентгеновской дифрактометрии и сканирующей электронной микроскопии позволило выявить вклад отдельных промышленных предприятий в общее техногенное загрязнение мегаполиса (Артамонова и др., 2007). В 2011 г. в аэрозолях окрестностей Новосибирского завода химических концентратов (НЗХК) ГК Росатом впервые выявлено следующее

1. Обогащенность U и Th по сравнению с аэрозолями других районов города: U – 5.64 ppm в среднем при диапазоне 4.50–9.93, Th – 11.74 в среднем при диапазоне 8.80–15.49.
2. Среднее соотношение  $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$  в аэрозолях составляет 107.78 при диапазоне от 77.43 до 129.26, что существенно ниже природного 139.05, что указывает на обогащенность аэрозолей  $^{235}\text{U}$ -м изотопом
3. В аэрозолях по сканирующим электронным микроскопом установлены 10 частиц оксидов U размерами от 2 до 18  $\mu\text{m}^2$ . Частицы отличаются ярким свечением в режиме обратно-рассеянных электронов, представляют собой обломки неправильной формы, прилипшие к алюмосиликатным шлаковым сфероидом. Найдена одна крупная частица сложного оксида U размером 64  $\mu\text{m}^2$  в виде шлака пузыристой формы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЛИЛИТ–РАСПЛАВ TR, Ni, Mn

Асавин А.М., Тюрин Д.А., Сенин В.Г (*ГЕОХИ РАН*)

EXPERIMENTAL ESTIMATION THE COEFFICIENT DISTRIBUTION OF THE MELILITE–MELT OF TR, Ni, Mn

Asavin A.M., Turin D.A., Senin V.G. (*GEOHI RAN*)

aaalex06@inbox.ru, тел.: 8(499) 137 3115

Offer by contract № 02.740.11.0726

В опытах по плавлению турьяита с помощью метода лазерной масс-спектрометрии (LA–MS) и микрозонда оценены величины коэффициентов распределения редких элементов (Кр) мелилит–расплав. Данные получены для изотермы 1200, 1220 С. Выявлена высокая (>1) величина Кр Mn с обратной зависимостью от температуры. Высокие Кр Mn подтверждаются высокими содержаниями марганца 0.8–6% в составах мелилитов приведенных в работах (*Stoppa & Sharygin, 2009, Foley et al., 2002*). Кр Ni мелилита меньше единицы но сильно возрастают с падением температуры от 0.2 до 0.7. Редкоземельные элементы в мелилите почти не фракционируют, величины Кр тяжелых и легких близкие. Резкое снижение Кр лантана подтверждается данными микрозонда. Кр не меняются при незначительно изменении температуры равновесия. Полученные величины Кр редкоземельных элементов близки к значениям в природных образцах, но достаточно велика разница с экспериментальными данными в простых системах. Отличительной особенностью является резкое снижение Кр лантана относительно других редкоземельных элементов.

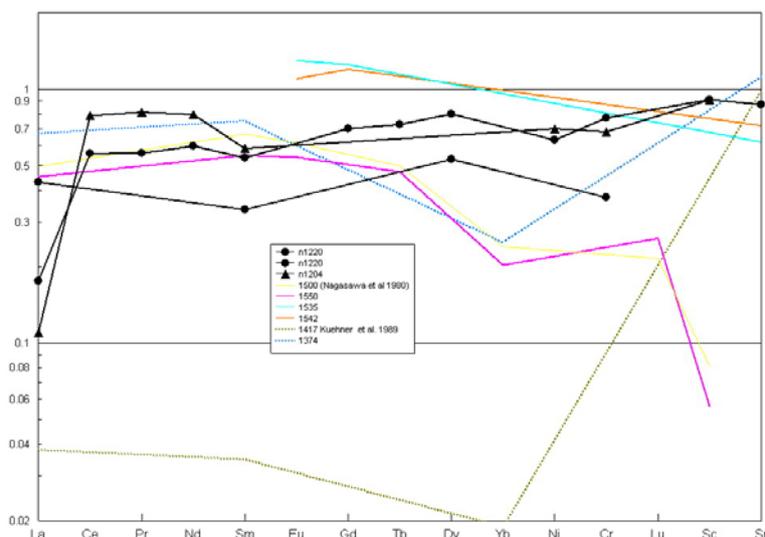


Рис. 1. Кр мелилита в опытах по плавлению турьяита (черные линии с точками) по данным LA–MS анализа. Экспериментальные данные (*Nagasawa et al., 1980, Kuehner et al., 1989*)

ФРАГМЕНТАЦИЯ ЯДЕР УРАНА В ЖЕЛЕЗО-НИКЕЛЕВОЙ МАТРИЦЕ ПАЛЛАСИТОВ:  
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТА НАЛОЖЕНИЯ ЯДЕР-ФРАГМЕНТОВ НА  
РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ПЕРВИЧНОГО ПОТОКА ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ  
ЛУЧЕЙ

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

FRAGMENTATION OF THE URANIUM IN IRON-NIKEL PALLASITE MEDIUM:  
THEORETICAL ESTIMATE OF THE NUCLEUS-FRAGMENTS SUPERPOSITION ON THE  
PRIMARY GALACTIC COSMIC RAY NUCLEI OCCURRENCE

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

leokash@mail.ru, cosmo@geokhi.ru, тел.: 8(496) 522 1988

*Исследования выполнены при поддержке РФФИ, грант №10-02-00375-а*

При трековых исследованиях зарядового спектра ядерной составляющей галактических космических лучей (ГКЛ), проводимых нами по программе проекта ОЛИМПИЯ (*Ginzburg et al., 2004*), используются кристаллы оливина, выделяемые из железо-никелевой матрицы палласитов. Методика идентификации заряда ядер основана на экспериментально установленной зависимости между скоростью травления трека вдоль следа торможения и величиной его остаточного пробега (*Кашкаров и др., 2008*). Однако, в результате происходящего в (Fe,Ni)-матрице палласитов процесса фрагментации тяжелых ядер ГКЛ происходит как занижение числа регистрируемых ядер ГКЛ, так и возрастание потока вторичных ядер – продуктов фрагментации. В работе представлены результаты теоретических расчетов величины эффекта фрагментации высокоэнергичных (400 и 1000 МэВ/нуклон) ядер урана при их взаимодействии с ядрами железа, выполненных на основании компьютерного моделирования процесса по программе GEANT4 (*Agostinelli et al., 2003*). Количественная оценка выхода ядер-фрагментов при толщине железной мишени 5 и 10 мм показала, что выход вторичных ядер с зарядом  $50 < Z < 59$  и  $70 < Z < 79$  по отношению к пучку ядер урана составляет ~ 15%. Абсолютная величина вклада от фрагментации ядер группы актинидов (Th–U) ГКЛ в наблюдаемую в кристаллах оливина из палласитов плотность треков ядер ультра-тяжелых ( $Z > 50$ ) элементов ГКЛ не превышает ~0.01 %. Вместе с тем, предварительная оценка суммарной величины эффекта наложения ядер – продуктов фрагментации в области первичных ядер ГКЛ  $50 < Z < 80$  составляет порядка нескольких процентов, что необходимо учитывать при их экспериментальных трековых исследованиях.

ОСОБЕННОСТИ И НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИСТАЛЛОВ ТОПАЗА И КВАРЦА, ВЫРАЩЕННЫХ ОДНОВРЕМЕННО В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ В ПРИСУТСТВИИ ХРОМА И НИКЕЛЯ

**Балицкий В.С., Шаповалов Ю.Б., Балицкая Л.В. (ИЭМ РАН), Балицкий Д.В. (Messein, Франция), Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН)**

FEATURES AND SOME PROPERTIES OF TOPAZ AND QUARTZ CRYSTALS GROWN SIMULTANEOUSLY IN SUPERCRITICAL AQUEOUS SOLUTIONS IN PRESENCE OF CHROMIUM AND NICKEL

**Balitsky V.S., Shapovalov Yu. B., Balitskaya L.V. (IEM RAS), Balitsky D.V. (Messein, France), Setkova T.V. (IEM RAS)**

balvlad@iem.ac.ru, тел. 8(496) 522 5847

С учетом ранее проведенных исследований по фазовым равновесиям и переносу кремнезема и глинозема в сверхкритических водных растворах были осуществлены опыты по одновременному выращиванию в них кристаллов топаза и кварца в присутствии хрома и никеля. Рост кристаллов проводился в близейтральных и кислых фторидных растворах при заполнении автоклавов от 5 до 50 % при температурах от 450 до 720°C в условиях прямого температурного перепада между нижней (более горячей) и верхней (менее горячей) зонами автоклава. Шихтовой кварц и затравки топаза размещались в нижней зоне автоклава, а шихта топаза и затравки кварца – в верхней зоне. Хром и никель поступали в раствор за счет частичного растворения стенок автоклавов и дополнительного введения соответствующих химреактивов. Продолжительность опытов составляла от 1 до 2 месяцев. В результате, в нижней, более горячей зоне автоклава, при всех заполнениях происходил рост кристаллов топаза, окрашенных в голубовато-зеленоватый цвет; кварц рос либо совместно с топазом в нижней зоне при заполнениях менее 30 % и имел лилово-розовый цвет, либо (при более высоких заполнениях) кристаллизовался в верхней, относительно более холодной зоне, и был бесцветным. При электрическом освещении цвет выращенного топаза изменяется на красновато-фиолетовый, а кварца – на сиреневый. Под воздействие ультрафиолетового излучения (337 нм) в топазе проявляется интенсивная флюоресценция пурпурно-красного цвета; кварц остается инертным. Оптические и флуоресцентные спектры указывают, что первичная окраска выращенных кристаллов топаза и кварца, а также интенсивная флюоресценция топаза связаны с изоморфным вхождением в них  $\text{Cr}^{+3}$  и  $\text{Ni}^{+2}$ , соответственно. Содержание их в кристаллах не превышают 0.2–0.3 мас. %.

В целом, полученные результаты демонстрируют зависимость направления переноса кремнезема и глинозема от плотности флюида и селективный характер захвата топазом и кварцем примеси, соответственно, хрома и никеля при одновременном росте кристаллов.

**ЕСЭМПГ2012...012**

**ОБ АСИММЕТРИЧНОМ СТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ,  
ВЫЗВАННОМ ПАДЕНИЯМИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОМЕТ**

**Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)**

**ON ASYMMETRIC STRUCTURE SURFACE OF TERRESTRIAL PLANETS DUE TO FALLS  
GALACTIC COMETS**

**Barenbaum A.A. (OGRI RAS)**

azary@mail.ru, факс: 8(499) 135 5465, тел.: 8(499) 135 7221

Обсуждается проблема асимметричного строения рельефа поверхности планет земной группы и Луны. Обоснована гипотеза, согласно которой главным рельефообразующим фактором планет является одновременный нагрев их астеносферы падающими на поверхность галактическими кометами. Показано, что процессы формирования рельефа, инициированные падениями таких комет, зависят от толщины литосферы и у планет с атмосферой и без нее различаются. При падении комет на Венеру и в океанический сегмент Земли, где астеносфера залегает неглубоко, возникают щитовые вулканы, как на Венере, и подводные горы или происходят обильные излияния подушечных лав, как на Земле. При большей толщине литосферы, присущей континентам Земли и Марса, падение комет приводит к значительному вспучиванию поверхности типа новейших поднятий на Земле. Кроме того, при падении комет на безатмосферные Луну и Меркурий, а также обладающий очень разреженной газовой оболочкой Марс в месте удара кометы образуется кратер диаметром 10÷200 км. Получен вывод, что современный рельеф поверхности планет земной группы, включая Землю, в значительной мере сложился в результате бомбардировки Солнечной системы галактическими кометами, имевшей место 5÷1 млн. лет назад.

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ Н-АЛКАНОВ В НЕФТЯХ И В ПРОДУКТАХ СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША

**Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН), Абля Э.А. (геол. ф-т. МГУ)**

COMPARATIVE ANALYSIS OF MOLECULAR WEIGHT DISTRIBUTIONS OF NORMAL ALKANES IN OIL AND IN PRODUCTS OF FISCHER-TROPSCH

**Barenbaum A.A. (OGRI RAS), Ablia E.A. (geol. dep. MSU)**

azary@mail.ru, факс: 8(499) 135 5465, тел.: 8(499) 135 7221

eably@yandex.ru, тел.: 8(495) 939 3006

Изучены распределения н-алканов в представительной выборке нефтей типа А<sub>1</sub> различных месторождений. Результаты измерений обрабатывались методом наименьших квадратов и проанализированы в системе координат уравнения Андерсона-Шульца-Флори, начиная с числа углеродных атомов в молекуле  $n = 10$ . Установлено, что распределения н-алканов изученной выборки нефтей с высокой точностью (коэффициент детерминированности более 0.99) следуют теоретической формуле Андерсона-Шульца-Флори, применяемой для описания молекулярно-массовых распределений углеводородов, получаемых в синтезе Фишера-Тропша. Распределения н-алканов в нефтях оказались практически идентичными распределениям УВ в продуктах синтеза Фишера-Тропша на катализаторах из Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при температурах 150–300°C.

Сопоставительный анализ молекулярно-массовых распределений н-алканов в нефтях и в продуктах синтеза Фишера-Тропша позволяет сделать вывод, что 1) значительная часть УВ нефтей возникает в процессах поликонденсационного синтеза с участием находящихся в породах катализаторов, и 2) формирование нефтей происходит в верхних этажах земной коры, а не в глубинах мантии, где устойчивое существование углеводородов проблематично.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ФЛЮИДНЫХ Li-F ГРАНИТНЫХ РАСПЛАВОВ:  
МАГМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ РУДОНОСНЫХ ГРЕЙЗЕНОВ И ПЕГМАТИТОВ  
(ЭКМПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

**Безмен Н.И., Горбачев П.Н. (ИЭМ РАН)**

DIFFERENTIATION OF FLUID Li-F GRANITE MELTS: MAGMATIC FORMATION OF ORE-BEARING GREISEN AND PEGMATITE (EXPERIMENTAL MODELLING)

**Bezmen N.I., Gorbachev P.N. (IEM PAS)**

bezmen@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 9867, тел.: 8(496) 524 9867

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 09-05-01208-а*

Повышение растворимости воды в присутствии молекулярного водорода и появление линий структурно связанного молекулярного водорода в  $^1\text{H}$  ЯМР-спектрах  $\text{H}_2\text{O}$ - $\text{H}_2$ -насыщенных стеклах алюмосиликатных расплавов обуславливает эффект снижения температур солидуса в  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ -содержащих магматических системах. В целом, взаимодействие  $\text{H}_2\text{O}+\text{H}_2$  флюида с алюмосиликатными расплавами приводит к их деполимеризации (Безмен и др., 2005), что, в свою очередь, присутствие многокомпонентного магматического флюида, содержащего фосфор и фтор в Li-F гранитных расплавах, обуславливает образованию в них флюидно-силикатных или флюидно-рудных нанокластеров, способных гравитационно перемещаться в магмах с образованием скрытого и контрастного расслоения (Безмен, 2001). Имеющиеся в литературе данные показывают, что восстановленные газы, такие как  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2$ , присутствуют во флюидных магмах. Имеется ряд работ, в которых авторы приводят данные о восстановительных условиях формирования гранитных массивов и связанных с ними пегматитов.

Для исследования надликвидусной дифференциации использовали образец стекла, полученного из Li-F гранитов массива «Подлеси» (Словакия), в которое был добавлен окисел вольфрама в количестве 1.5%. Изучая этот массив К. Брейтер (Breiter, 2002) описал грейзены и пегматиты магматического генезиса. Опыты проводились в сосуде высокого газового давления с использованием усовершенствованной методики «Шоу мембраны» при добавлении 2.1 мас.% F, 1.17 мас. %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Флюидная фаза содержала водород,  $X_{\text{H}_2}=0.058$ , воду  $X_{\text{H}_2\text{O}}=0.897$  и метан  $X_{\text{CH}_4}=0.045$ ,  $\log f_{\text{O}_2} = -16.6$  (это значение фугитивности водорода почти соответствует кобальт-окись кобальта буферному равновесию). Температура составляла  $800^\circ\text{C}$ , давление 200 МПа, что значительно выше температуры ликвидуса для гранита с таким составом (около  $500$ – $450^\circ\text{C}$ ). После выдержки 20 суток образец расслоился с образованием ритмического расслоения. В нижней части располагаются слои, соответствующие кварц-апатит-топазовым пегматитам, в верхней части кварц-топазовым грейzenам. Вольфрам коррелируется с содержанием кальция в стекле, максимальная концентрация его наблюдается в нижних кварц-апатит-топазовых слоях.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЛЮНЫ ЧЕЛОВЕКА КАК  
МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Бельская Л.В., Голованова О.А. (хим. ф-т ОмГУ)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF PARAMETERS OF HUMAN SALIVA AS CRYSTALLIZATION  
LIQUID**

**Belskaya L.V., Golovanova O.A. (chem.dep. OmSU)**

LudaB2005@mail.ru, факс: (3812) 64 2410, тел.: (3812) 26 8199

*Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры  
инновационной России» на 2009-2013 годы (ГК № 16.740.11.0602)*

Камнеобразование в полости рта является довольно распространенным заболеванием, причины которого в настоящее время точно не установлены (*Боровский, Леонтьев, 1991*). Одной из наиболее распространенных теорий образования зубного камня является слюнная теория. Нормальный состав слюны человека достаточно хорошо изучен, однако исследования ротовой жидкости в условиях камнеобразования в полости рта носят единичный характер (*Галулина, Ганзина, 2000*). Интересным, на наш взгляд, является поиск закономерностей между составом ротовой жидкости и зубных камней с целью понимания механизма их образования. В данной работе охарактеризованы изменения, происходящие в слюне в условиях патогенного минералообразования.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО ВУЛЬФЕНИТА

Бисенгалиева М.Р. (ИПКОН, Казахстан), Огородова Л.П., Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ)

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF NATURAL WULFENITE

Bissengaliyeva M.R. (IPKON, Kazakhstan), Ogorodova L.P. (geol. dep. MSU), Vigasina M.F. (geol. dep. MSU), Melchakova L.V. (geol. dep. MSU)

logor@geol.msu.ru, факс: 8(495) 939 2381, тел.: 8(495) 939 1349

Проведено термохимическое изучение природного молибдата свинца  $PbMoO_4$ -ввольфенита (месторождение Кызыл-Еспе, Центральный Казахстан) на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Кальве. Методом расплавной калориметрии растворения определены энтальпии образования вольфенита из оксидов  $\Delta_f H^\circ(298.15 \text{ K}) = -88.5 \pm 4.3$  кДж/моль и элементов  $\Delta_f H^\circ(298.15 \text{ K}) = -1051.2 \pm 4.3$  кДж/моль. Полученные данные для природного образца в пределах приведенных погрешностей согласуются с имеющимися в литературе величинами (-1049.1 кДж/моль) (Muldrow *et al.*, 1958) и (-1052.66 кДж/моль) (Dellien *et al.*, 1976), определенными другими методами для синтетического молибдата свинца. С использованием полученных ранее методом низкотемпературной адиабатической калориметрии данных по  $S^\circ(298.15 \text{ K}) = 161.5 \pm 0.27$  Дж/(К·моль) (Bissengaliyeva *et al.*, 2010, 2011) рассчитано значение  $\Delta_f G^\circ(298.15 \text{ K})$  вольфенита, равное  $-949.1 \pm 4.3$  кДж/моль.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ НАТРИЙСОДЕРЖАЩИМ МЭЙДЖОРИТОВЫМ ГРАНАТОМ И РАСПЛАВОМ ПРИ 8.5 ГПа

**Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ), Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН), Кузюра А.В. (ИЭМ РАН), Дымшиц А.М. (ГЕОХИ РАН)**

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF RARE ELEMENT PARTITIONING BETWEEN SODIUM-BEARING MAJORITIC GARNET AND MELT AT 8.5 GPa

**Bobrov A.V. (geol. dept. MSU), Litvin Yu.A. (IEM RAS), Kuzyura A.V. (IEM RAS), Dymshits A.M. (GEOKHI RAS)**

archi3@yandex.ru, факс: 8(495) 932 8889, тел.: 8(495) 939 4929

Поддержка: РФФИ (12-05-00426, 10-05-00654), Грант Президента РФ для молодых ученых (МД-534.2011.5)

Исследования межфазового распределения редких и редкоземельных элементов в мантийных магматических системах с участием мейджоритового граната крайне ограничены (*Draper et al., 2003*). В ходе экспериментов, проведенных в системе пироп  $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$  – Na-мэйджорит  $Na_2MgSi_5O_{12}$  при  $P = 8.5$  ГПа и  $T=1500–1750^\circ\text{C}$  (выдержка в диапазоне 35–60 мин) с добавлением малых (2 мас.%) контролируемых количеств редких и редкоземельных элементов (Li, Rb, Cs, Ba, Th, U, Ta, Nb, La, Ce, Pb, Pr, Sr, Nd, Zr, Hf, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Y, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Sc, Zn), в основном в виде оксидов; было проведено изучение их распределения между гранатом и закалочным алюмосиликатным расплавом. Практически во всем температурном диапазоне (кроме  $T = 1700–1750^\circ\text{C}$ ) отмечается фазовый состав клинопироксен + гранат + расплав, для высоких температур – гранат + расплав. Образцы исследовались аппаратом LA модели New Wave UP193FX с ICP–MS модели Agilent 7500cs в Лаборатории Аналитической Химии отделения Минералогии в Музее Естественных Наук (Лондон, Великобритания). Стандартами для калибровки анализов по редкоземельным элементам являлись синтетические стекла NIST 612 и BCR-2g. Для всех исследованных образцов выявлено значительное обогащение расплавов относительно гранатов редкоземельными элементами. Для всех гранатов установлено увеличение содержаний тяжелых редких земель и иттрия при увеличении содержания мейджоритового компонента и слабый европиевый максимум. Коэффициенты распределения для легких редких земель остаются сопоставимы с менее глубинными разностями гранатов.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ТЕПЛО–МАССОПЕРЕНОСА И  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОГО ПОТОКА ПАРА В РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ  
КРИСТАЛЛИЗАТОРАХ**

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

**STUDY OF HEAT–MASS TRANSFER MECHANISMS AND ESTIMATION OF MASS FLOW  
OF VAPOR IN RECIRCULETED CRYSTALLIZERS**

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

tmb@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5847, факс: 8(496)524 4425

Исследования закономерностей процессов тепло- и массопереноса в кристаллизаторах закрытого типа (оригинальная конструкция ИЭМ РАН) проводились в рамках работ по синтезу плотных агрегатов основного карбоната меди. Для оценки характеристических параметров и понимания процессов тепло- и массообмена (ТМО) нами были предприняты теоретические расчеты и определены экспериментально массовые потоки пара в процессе, моделирующем процесс синтеза малахита с участием в качестве растворителя чистой воды при температурах до 100°C. Теплоперенос в кристаллизаторе между горячей (80°C) нижней и холодной (20°C) верхней зонами осуществляется: свободной конвекцией парогазовой смеси, конденсацией конвектирующего пара из смеси и лучистой радиацией. Отвод тепла от конденсатора осуществляется потоком проточной воды, подвод тепла к зоне кристаллизации – электронагревателем. В стационарных условиях процесс характеризуется постоянными значениями температур в различных точках по высоте аппарата и постоянством циркуляции воды в тепловом контуре. В связи с тем, что внутри аппарата теплообмен обусловлен несколькими процессами, нами был оценен количественный вклад каждого из них. Одновременно с расчетами нами проведено экспериментальное определение массового потока пара в кристаллизаторе при тех же термобарических параметрах. Результаты опытов находятся в удовлетворительном соответствии с расчетными данными.

Экспериментальные и теоретические данные, полученные авторами, были использованы в разработке лабораторной конструкции кристаллизатора рециркуляционного типа с перспективой выращивания в нем малахита, азурита и других соединений, имеющих обратный температурный коэффициент растворимости.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ГАЗОВ МЕТЕОРИТА ПЕСЬЯНОЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СТУПЕНЧАТОГО ДРОБЛЕНИЯ

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

STUDY OF ISOTOPIC AND ELEMENTAL COMPOSITIONS OF GASES FROM PESYANOE BY STEPWISE CRUSHING

**Buikin A.I. (GEOKHI RAS), Verchovsky A.B. (The Open Univ., UK), Lorentz K.A., Skripnik A.Ya. (GEOKHI RAS)**

Buikin@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7087

*Работа проведена при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН №4 и гранта РФФИ №09-05-00678а*

Метеорит Песьяное относится к энстатитовым ахондритам (обритам) и представляет собой полимиктовую реголитовую брекчию (*Lorenzetti S. et al., 2003*). Метеорит сложен фрагментами энстатитовых пироксенитов нескольких типов, два из которых содержат зерна пироксенов, богатые флюидными включениями (*Lorenz C. et al., 2005*). Мы проанализировали два образца пироксенов разных популяций: темный пироксен (Рх-Г), содержащий большое количество флюидных включений, и светлый непрозрачный пироксен (Рх-В), с меньшим количеством флюидных включений. Газы выделялись методом ступенчатого дробления. После дробления, оставшаяся пудра изучалась методом ступенчатого отжига, чтобы сравнить состав газов во включениях и в матрице минералов.

Образец Рх-Г, как и ожидалось, содержит, в целом, большее количество газов, выделяемых при дроблении. Образцы содержат во включениях азот с близким изотопным составом ( $\delta^{15}\text{N} = -12\div-30\text{‰}$ ), но отличаются по изотопному составу аргона: Рх-В содержит более радиогенный аргон ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 110-170$ ), тогда как Рх-Г содержит аргон с большим вкладом солнечного компонента и узким диапазоном отношений  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  (35–42). Образцы также отличаются по изотопному составу неона – в Рх-В он существенно более нуклеогенный. Легкий азот содержится преимущественно во включениях; а тяжелый компонент азота (с положительными значениями  $\delta^{15}\text{N}$ ) может быть продуктом фракционирования при распределении между расплавом/газовой фазой и осборнитом (TiN).

Выводы: 1) большая часть  $^4\text{He}$  и  $^{36}\text{Ar}$ , выделенные из Песьяного при дроблении, представляют, по-видимому, газы солнечного ветра, захваченные в поровое пространство этой брекчии во время ее формирования из реголитового материала; 2) небольшая часть космогенного  $^{21}\text{Ne}$  была выделена в ходе дробления – вероятнее всего, из нарушений на микроуровне. Большая доля  $^{21}\text{Ne}$  была образована *in situ* после образования брекчии; 3) азот, выделенный в ходе ступенчатого дробления, наиболее обогащен солнечным компонентом, хотя его доля относительно мала. В азоте Песьяного доминируют другие – изотопно тяжелые компоненты, среди которых может быть и первично-магматический.

**ОБ ИЗМЕНЕНИИ СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
СФАЛЕРИТА И ХАЛЬКОПИРИТА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НАНОСЕКУНДНЫХ  
ИМПУЛЬСОВ**

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

**ABOUT STRUCTURAL-CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES  
TRANSFORMATION OF SPHALERITE AND CHALCOPYRITE UNDER NANOSECOND  
PULSE TREATMENT**

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

xabosi@mail.ru, тел.: 8(495) 360 7328

*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)*

Перспективы применения электроимпульсных технологий (Pulsed Power technologies) в процессах обогащения полезных ископаемых обусловили необходимость проведения специальных исследований по влиянию мощных наносекундных электромагнитных импульсов (МЭМИ) на структурное состояние, фазовый состав и физико-химические свойства поверхности сульфидных минералов как основных носителей благородных металлов. В настоящей работе представлены новые данные о структурных и физико-химических преобразованиях поверхности халькопирита ( $\text{CuFeS}_2$ ) и сфалерита ( $\text{ZnS}$ ) при воздействии импульсных полей высокой напряженности (МЭМИ:  $E \sim 10^7 \text{В/м}$ ;  $\tau$  (имп)  $\sim 10 \text{ нс}$ ). На основе разработанного комплексного подхода к изучению структуры и свойств геоматериалов получены новые экспериментальные данные о механизмах формирования микро- и наночастиц на поверхности халькопирита и сфалерита при воздействии наносекундных электромагнитных импульсов. Получены новые экспериментальные данные об однонаправленном изменении электрохимических свойств халькопирита и сфалерита вследствие предварительной электроимпульсной обработки минералов – увеличении положительного значения электродного потенциала минералов, что способствует увеличению адсорбции анионного собирателя (ксантогената) и флотуемости минералов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ ПЕРИДОТИТА В  
ПРИСУТСТВИИ ФЛЮИДА  $H_2O-NaCl$  ПРИ 2.5 ГПа

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

EXPERIMENTAL STUDY OF PERIDOTITE MELTING IN PRESENCE OF THE  $H_2O-NaCl$   
FLUID

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

butvina@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5876

*Поддержка: РФФИ (10-05-00040), Грант Президента РФ для молодых ученых (МД-222.2012.5)*

Влияние хлоридных компонентов на процессы плавления мантийных ассоциаций мало изучено. Эксперименты в системе  $MgO-SiO_2-H_2O-(K, Na)Cl$  (Stalder et al., 2008; Chu et al., 2011) показали, что хлориды, понижая активность воды во флюиде, повышают температуры плавления. Однако при наличии  $Al_2O_3$  в присутствии солей К и Na возможно образование флогопита и/или амфибола, что, очевидно, повлияет на температуру плавления.

В настоящей работе приводятся данные предварительных экспериментов, нацеленных оценить влияние  $NaCl$  на температуру солидуса водосодержащего (15 мас. %  $H_2O$ ) перидотита состава (мас. %):  $SiO_2$  (45.80),  $Al_2O_3$  (5.26),  $MgO$  (44.09),  $CaO$  (4.26),  $Na_2O$  (0.58) при 2.5 ГПа. Эксперименты проводились на установке цилиндр–поршень в солевых ячейках диаметром  $\frac{1}{2}$ "", оснащенных графитовыми нагревателями и вставками из керамики  $MgO$ .

В отсутствие  $NaCl$ , в субсолидусе указанного перидотита сосуществуют Fo, паргасит-чермакитовый Amp, Grt, Crx и Орх. Плавление начинается при температурах порядка 900 °С и приводит к исчезновению Орх. Амфибол же остается стабильным выше солидуса вплоть до температуры 1000 °С. Добавление  $NaCl$  приводит к понижению температуры плавления водосодержащего перидотита ниже 900°С, не влияя (или даже расширяя) область стабильности Са–Na амфибола с расплавом. Такое влияние  $NaCl$  на фазовые соотношения в водосодержащем перидотите обусловлено, с одной стороны, растворимостью Cl в обогащенном Са и Na расплаве, а с другой – влиянием Na, стабилизирующего амфибол. Эти факторы, по-видимому, перевешивают влияние хлоридов на активность воды во флюиде.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ  
ДИФФУЗИИ ВОДЫ В РАСПЛАВАХ ДАЦИТА

**Бухтияров П.Г., Персиков Э.С. (ИЭМ РАН), Newman S. (Caltech, USA)**

EXPERIMENTAL STUDY THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF WATER DIFFUSION IN  
DACITIC MELTS

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

ravel@iem.ac.ru, факс/тел.: 8(496) 524 9687

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 09-05-00417, № 12-05-00164 и  
программы 9 ОНЗ РАН*

Экспериментально изучена температурная зависимость коэффициента диффузии  $H_2O$  в модельных расплавах дацита (система альбит + диопсид + волластонит,  $Ab_{90}Di_8Wo_2$ , мол. %) при  $P_{H_2O} = 20$  МПа в температурном диапазоне 1100–1300°C. Эксперименты проводили на установке высокого газового давления с внутренним нагревом, снабженной оригинальным уравниателем-разделителем, с использованием новой мало градиентной диффузионной методологии (Персиков, Бухтияров, 2009). Диффузию воды изучали методом гидратации безводного расплава дацита в изотермических условиях. Концентрацию воды вдоль диффузионных профилей определяли с помощью количественной микро ИК спектроскопии, а значения коэффициентов диффузии определяли путем аналитического решения второго диффузионного закона Фика по методу Больцмана-Матано (Persikov et. all, 2010). Экспериментально установлено, что температурная зависимость коэффициента диффузии воды в дацитовых расплавах, при средней концентрации  $C(H_2O) = 0.67$  мас. %, подчиняется экспоненциальному закону Аррениуса–Френкеля:  $D = D_0 \cdot \exp(-E/RT)$ , где  $E$  – энергия активации процесса диффузии воды.

СИНТЕЗ АНАЛОГА НОВОГО МИНЕРАЛА – «ЭПИДОТА-(Ga)»

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

SYNTHESIS OF ANALOG OF A NEW MINERAL – «EPIDOTE-(Ga)»

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

dimam@iem.ac.ru, тел./факс: 8(496) 522 2786

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №11-05-01087-а*

На рудопроявлении Тыкатлова (Сев.Урал) обнаружены минеральные фазы группы эпидота с содержаниями галлия до 15%. Малый размер, зональность и трудоемкость извлечения не позволили провести исследования структуры природных фаз. Для установления структуры минерала и параметров его кристаллической ячейки, уточнения механизма вхождения галлия в структуру эпидота, параметров и условий образований твердых растворов в ряду эпидот – «эпидот-(Ga)» проведен синтез аналогов природных галлиевых минералов.

Использованы гидротермальные установки с внешним нагревом и холодным затвором. Синтез проводился при  $T=600^{\circ}\text{C}$ ,  $P=3.5$  кбар, длительность 16 суток. Исходный материал – гелевая смесь, соответствующая идеальной формуле  $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Ga}[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$  с добавлением воды. В качестве затравок использовано небольшое количество эпидота ювелирного качества (Ср.Урал) состава  $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{Al}_{0.23-0.27}\text{Fe}_{0.77-0.73})[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$ . Опыты по синтезу проводились в золотых ампулах. В результате опытов получены однородные кристаллиты от 5–10 до 50–60 мкм (редко – с ядрами затравочного эпидота), с составами, отвечающими кристаллохимической формуле «эпидота-(Ga)». Небольшая часть кристаллитов имеют составы с повышенным (до 1.4 ф.е.) галлием, что может указывать на его вхождение также в позицию алюминия.

Порошковой дифрактометрией определены параметры кристаллической решетки предполагаемого «эпидота-(Ga)».

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ  $ZrO_2$  В ВОДЕ И ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ХЛОРНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ 150 И 250°C

**Васина О.Н. (Ун-т «Дубна»), Шикина Н.Д. (ИГЕМ РАН), Гурова Е.В., Попова Е.С. (Ун-т «Дубна»), Тагиров Б.Р., Шаззо Ю.К. (ИГЕМ РАН), Ходаковский И.Л. (Ун-т «Дубна»), ГЕОХИ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF THE  $ZrO_2$  SOLUBILITY IN WATER AND WATER SOLUTIONS OF PERCHLORIC ACID AT 150 AND 250°C

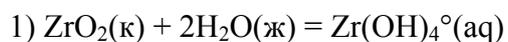
**Vasina O.N. (Dubna Univ.), Shikina N.D. (IGEM RAS), Gurova E.V., Popova E.S. (Dubna Univ.), Tagirov B.R., Shazzo Yu.K. (IGEM RAS), Khodakovsky I.L. (Dubna Univ., GEOKHI RAS)**

medolik@list.ru, тел.: 8(496) 219 0747

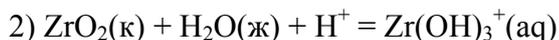
Экспериментально изучена растворимость природных кристаллов бадделеита ( $ZrO_2$ ) в воде и водных растворах хлорной кислоты ( $M = 0.001 \div 0.5$ ) при 150 и 250°C и давлении насыщенного пара. В опытах был использован тот же образец  $ZrO_2$ , растворимость которого в водных растворах  $HCl$ ,  $HF$ ,  $H_2SO_4$ ,  $NaOH$ ,  $Na_2CO_3$  при 500°C и 1000 бар была изучена Б.Н. Рыженко и Н.И. Коваленко (Рыженко, 2008).

Опыты проводили при 150 и 250 °C и давлении насыщенного пара в автоклавах с фторопластовыми вкладышами объемом ~ 30 мл.

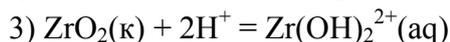
По результатам измерений методом последовательного приближения рассчитаны термодинамические константы равновесия реакций:



$lgK^0_{423.15 K} = -8.84 \pm 0.23$ ;  $lgK^0_{523.15 K} = -8.5 \pm 0.5$



$lgK^0_{423.15 K} = -8.0 \pm 0.45$ ;  $lgK^0_{523.15 K} = -7.3 \pm 0.4$



$lgK^0_{423.15 K} = -7.39 \pm 0.4$

Используя литературные данные и определенные в настоящей работе константы равновесия реакций (1)–(3) были рассчитаны стандартные термодинамические свойства гидроксокомплексов циркония в водном растворе.

ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ И ТЕРМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ВОЛКОНСКОИТА

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

IR-SPECTROSCOPY AND THERMAL STUDY OF NATURAL VOLKONSKOITE

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

vigasina@geol.msu.ru, факс: 8(495) 939 2381, тел.: 8(495) 939 1349

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

Проведены ИК–спектроскопическое и термическое исследования природного диоктаэдрического хромистого смектита – волконскоита состава  $\text{Ca}_{0.2}\text{Mg}_{0.3}(\text{Mg}_{0.7}\text{Cr}_{1.3})[\text{Si}_{3.9}\text{Al}_{0.1}\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4.3\text{H}_2\text{O}$  (Самосадкинское м-е, Урал). Полученный спектр ИК–поглощения подтвердил диоктаэдрический характер изученного смектита и продемонстрировал сдвиги полос поглощения, обусловленные изменением катионного состава октаэдрического слоя по сравнению со спектрами родственных диоктаэдрических смектитов – монтмориллонита и нонтронита. По основным характеристикам спектр самосадкинского волконскоита согласуется со спектром волконскоита из Очанского месторождения (Урал), приведенным в (*Van der Marel & Beutelspacher, 1976*). Термограмма типична для диоктаэдрического смектита. На кривой ДТА зарегистрированы три эндотермических эффекта: в интервале от 30 до 400°C ( $t_{\text{max}}=190^\circ\text{C}$ ), в интервале 400–570°C ( $t_{\text{max}}=490^\circ\text{C}$ ) и в интервале 570–750°C с ( $t_{\text{max}}=630^\circ\text{C}$ ). Первый эффект (удаление адсорбционной и межслоевой воды) осложнен плечом при 230°C, связанным с наличием Са в составе межслоевых катионов. При более высоких температурах (второй эффект) происходит удаление основной массы конституционной воды – дегидроксилизация. Третий небольшой эндотермический эффект связан с потерей остатка гидроксильной воды и разрушением структуры минерала. Общая потеря массы при 1000°C составила 19.6 %.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАДИУС И МОЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ФЛЮИДА В ПОРОДАХ  
ЗЕМНОЙ КОРЫ

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

HYDRAULIC RADIUS AND MOLE SURFACE OF THE FLUID IN THE ROCKS OF THE  
EARTH'S CRUST

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

vitovt@iem.ac.ru, shmslava@yandex.ru, тел.: 8(496) 252 3225

Структурные характеристики горных пород определяют динамику движения сквозькоровых флюидов, а также вклад поверхностной энергии в термодинамические свойства флюидов в нанопорах. В условиях земной коры взаимодействия раствор–порода в значительной степени определяется свойствами поверхности раздела фаз. Нами по фильтрации аргона экспериментально определены абсолютные проницаемости,  $k^0(\text{м}^2)$ , и рассчитаны гидравлические радиусы пор пород  $R_h = V_{\text{ф}}/A_{\text{ф}}$ , где  $V_{\text{ф}}$  – объем пор,  $A_{\text{ф}}$  – поверхность пор. Построены тренды гидравлического радиуса пор пород в разрезе континентальной коры для температурных градиентов 9, 15 и 26°С/км.

По этим данным рассчитаны эффективные радиусы пор и удельная поверхность пород при высоких температурах и давлениях. Важно, что значение  $\Delta G_s$  флюида не зависит от зернистости пород и определяется только размером микротрещин. Заметный эффект (0.5–1.0 ккал/моль) при взаимодействии кварц – вода при температурах 300–600°С и давлениях 500 и 1000 бар можно ожидать в микротрещинах размером 70–20 нм и меньше.

ТЕРМИЧЕСКОЕ И ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО  
ТОСУДИТА

**Власов Е.А., Мельчакова Л.В., Вигасина М.Ф. (геол. ф-т МГУ)**

THERMAL AND IR-SPECTROSCOPY STUDY OF NATURAL TOSUDITE

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

lmelchak@geol.msu.ru, факс: 8(495) 939 2381, тел.: 8(495) 939 1349

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

Тосудит – глинистый минерал с упорядоченной смешанослойной (1:1 хлорит-смектит) структурой. Исследования проведены на природном образце (верховья р. Раучуа, Чукотка, Россия), представленном глиноподобными плотными агрегатами светло-голубого цвета. Термическое поведение тосудита изучено в интервале 20–1000°C. На термограмме зафиксированы 4 эндотермических эффекта, соответствующие 4 этапам потери массы: в интервале 50–300°C ( $t_{\max}=150^\circ\text{C}$  и  $220^\circ\text{C}$ ) выделяется адсорбированная и молекулярная вода из межслоевого пространства смектитовой структуры; в интервале 450–700°C ( $t_{\max}=540^\circ\text{C}$  и  $650^\circ\text{C}$ ) происходит двухступенчатое удаление более высокотемпературной «гидроксильной» воды. ИК-спектроскопическое исследование выполнено для образцов в исходном состоянии и прогретых до 400, 750 и 1000°C. Спектр ИК-поглощения непрогретого вещества совпал со спектром тосудита, приведенным в (*Van der Marel & Beutelspacher, 1976*), и подтвердил диоктаэдрический характер смектитовой составляющей. В области спектра, соответствующей валентным колебаниям ОН–групп, зарегистрирована широкая полоса поглощения, включающая как полосы ассоциированных гидроксильных групп, так и свободных гидроксильных. Присутствие в минерале молекул воды подтверждено наличием полосы поглощения в области соответствующих деформационных колебаний. Спектры прогретого тосудита показали полную регидратацию образца (400°C), удаление молекулярной воды (750°C) и гидроксильных групп (1000°C). Перестройка кристаллической структуры отмечается в спектрах, начиная с 750°C.

СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА В СТЕКЛАХ ГРАНИТОИДНОГО СОСТАВА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ  $T$ - $fO_2$  УСЛОВИЯХ

**Воловецкий М.В., Луканин О.А. (ГЕОХИ РАН), Русаков В.С. (физ. ф-т МГУ)**

STRUCTURAL STATE OF IRON IONS IN THE GLASSES OF GRANITOID COMPOSITION SYNTHESIZED AT VARIOUS  $T$ - $fO_2$  CONDITIONS

**Volovetskii M.V., Lukanin O.A. (GEOKHI RAS), Rusakov V.S. (phys.dep. MSU)**

lukanin@geokhi.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(499) 137 4472

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 08-05-00022, 11-05-00926)*

Мессбауэровское изучение экспериментальных стекол гранитного и пантеллеритового состава, полученных закалкой расплавов, выдержанных при различных  $T$ - $fO_2$  условиях (1200–1420°C,  $10^{-12}$ – $10^{-0.7}$  бар), показало, что ионы  $Fe^{2+}$  распределены, главным образом, по октаэдрическим (и/или пятикоординированным) позициям вне зависимости от  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  и выполняют роль катионов-модификаторов. Координация ионов  $Fe^{3+}$  зависит от степени окисления атомов железа. С увеличением  $Fe^{3+}/Fe^{2+} \geq 1$  доминирующая октаэдрическая координация  $Fe^{3+}$  сменяется на тетраэдрическую. Таким образом, будучи в восстановительных условиях катионом модификатором ион трехвалентного железа в окислительных условиях становится в основном катионом сеткообразователем. Структурная роль двухвалентных ионов железа как катионов модификаторов с изменением степени окисления железа кардинально не меняется. Смена координации  $Fe^{3+}$  в алюмосиликатных расплавах различного состава происходит при близких значениях  $Fe^{3+}/\Sigma Fe \geq 0.5$ . Для изученных расплавов при температурах 1320–1420°C это соответствует значениям  $fO_2 > 10^{-5}$ – $10^{-3}$  (FMQ+2÷3).

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИГРАЦИИ КОЛЛОИДНОГО ЗОЛОТА В  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОДАХ**

**Гецина М.Л., Торопченова Е.С., Набиуллина С.Н., Кошечева И.Я., Кубракова И.В.  
(ГЕОХИ РАН)**

**SIMULATION OF MIGRATION COLLOIDAL GOLD IN SURFACE WATERS OF NATURAL  
Getsina M.L., Toropchenova E.S., Nabiullina S.N., Koshcheeva I.Ja., Kubrakova I.V.  
(ГЕОКНИ РАС)**

kubrakova@geokhi.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(499) 137 8397

*Работа выполнена при поддержке Программы 9 Президиума РАН и РФФИ (грант 09-03-00625)*

Наноразмерные формы металлов, в том числе золота, чрезвычайно распространены в природных системах и являются промежуточным звеном в процессах рудообразования. В зависимости от условий высокодисперсные частицы могут либо рассеиваться, мигрируя в составе флюидов (в виде растворенных соединений, стабилизированных коллоидов или псевдоколлоидов), либо концентрироваться на геохимических барьерах вплоть до образования рудных залежей.

С целью изучения миграционного поведения и характера накопления коллоидных форм металлов в природных и техногенных обстановках на примере золота исследована возможность получения наноразмерных форм, стабилизированных низко- и высокомолекулярными органическими лигандами. Монодисперсные наноразмерные формы (<10 нм) золота, модифицированные цитратом и фульватом, получены в условиях микроволнового гидротермального синтеза и охарактеризованы по спектрам плазмонного резонанса, а также данным электронной микроскопии. В качестве сорбционной фазы использован синтезированный по общепринятым методикам гетит (FeOOH), являющийся одним из основных компонентов взвесей и донных отложений. Кинетика и полнота осаждения полученных частиц золота на гетите изучены в условиях, характерных для природных вод (рН 5–7). Полученные данные сопоставлены с результатами сорбционных экспериментов с участием растворенных неорганических и органических форм золота. Установлено, что при взаимодействии наноразмерного Au<sup>0</sup> с гетитом состояние равновесия достигается в интервале 3–24 часов, в то время как для ионного золота (III) оно устанавливается в течение 3–7 суток. Таким образом, в зависимости от концентрационных и рН условий сорбент может, как обеспечивать эффективный коллоидный транспорт Au<sup>0</sup> в водных средах, так и служить для него геохимическим барьером в процессе осадкообразования.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ МАНТИЙНЫМИ  
МИНЕРАЛАМИ И КИМБЕРЛИТОВЫМИ РАСПЛАВАМИ

**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 PARTITIONING BETWEEN MANTLE MINERALS AND KIMBERLITE  
MELTS

**Girnis A.V. (IGEM RAS), Bulatov V.K. (GEOKHI RAS),**

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

girnis@igem.ru, факс: 8(495) 951 1587, тел.: 8(499) 230 8415

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

В широком интервале  $P$ – $T$  условий (6–12 ГПа и 1300–1700°C) изучено распределение рассеянных элементов (Li, Sc, V, Co, Ni, Cu, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, и Pb) между оливином, низко- и высококальциевыми пироксенами, гранатом, магнезитом и кимберлитовым расплавом и карбонатито-подобными продуктами его дифференциации. Уровень содержания рассеянных элементов в смесях составлял 50–300 ppm. Кроме того, смеси имели различные соотношения  $H_2O/CO_2$ . Экспериментальные исследования проводились на многопуансонном аппарате в платиновых капсулах, футерованных рениевой фольгой. Содержания основных компонентов в синтезированных фазах и расплавах установлены на микрозонде Jeol Superprobe 8900. Рассеянные элементы анализировали методом LA-ICP MS на Finnigan MAT Element2. Коэффициенты распределения элементов для оливина и пироксенов слабо зависят от условий экспериментов и состава расплава. Коэффициенты распределения гранат–расплав контролируются преимущественно кальциевостью граната. Концентрации рассеянных элементов в расплавах, образующихся при низких степенях плавления карбонатизированных деплетированных гарцбургитов из континентальной литосферной мантии, рассчитанные на основе полученных нами коэффициентов распределения, близки к их содержаниям в примитивных кимберлитах. Установлено, что наиболее надежным индикатором метасоматоза, связанного с воздействием карбонатсодержащих расплавов, является обеднение Zr и Hf относительно Sm и Nd.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ КЛИНОПИРОКСЕНОМ, ГРАНАТОМ И СИЛИКАТНЫМ РАСПЛАВОМ

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

EXPERIMENTAL STUDY DISTRIBUTION OF MICROELEMENTS BETWEEN GARNET, CLINOPYROXENE AND SILICATE MELT

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

gor@iem.ac.ru, тел./факс: 8(496) 524 6205, 8(496) 522 5880, 8 9175427244

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 09-05-01131*

При частичном “сухом” плавлении эклогита с клинопироксеном  $Cpx$  и гранатом  $Ga$  сосуществуют расплавы андезит-дацитового состава. Для выяснения поведения микроэлементов при метасоматозе и плавлении эклогитов при  $T=1400^{\circ}C$ ,  $P=4$  ГПа, экспериментально изучено распределение 25 микроэлементов между  $Cpx$ ,  $Ga$  и силикатным расплавом  $m$ . Эксперименты выполнены в ИЭМ РАН на аппаратуре НЛ-40. Использовалась закалочная методика с  $Au$  и  $Pt$  ампулами. Температура измерялась  $Pt30Rh/Pt6/Rh$  термопарой, давление при высоких  $T$  калибровалось по кривой равновесия кварц–коэзит. Точность определения  $T$  и  $P$  оценивается в  $\pm 10^{\circ}C$  и  $\pm 1$  кбар. Продукты экспериментов изучались на микрозонде и ионном зонде.

Наблюдались широкие вариации коэффициентов разделения  $D_{Cpx, Ga/m}$  (от  $n \cdot 10^{-3}$  до 10 и более) микроэлементов. По аналогии с перидотитовой системой по величине  $D_{Cpx, Ga/m}$  совместимыми элементами (предпочтительнее распределяются в  $Ga-Cpx$  рестит) являются HREE,  $Y$ ,  $V$ ,  $D_{Ga, Cpx/m} > 1$ . Поведение LILE, HFSE элементов –  $Li$ ,  $Be$ ,  $Ba$ ,  $Th$ ,  $Ti$ ,  $Zn$ ,  $U$ ,  $Nb$ ,  $Ta$ ,  $Pb$ ,  $Hf$ , LREE и MREE сходно с поведением несовместимых элементов, они предпочтительнее распределяются в расплав,  $D_{Ga, Cpx/m} < 1$ . Для ассоциации  $Ga-Cpx$  несовместимые элементы предпочтительнее распределяются в  $Cpx$ , совместимые – HREE,  $Y$ ,  $V$  – в  $Ga$ .

Широкие вариации  $D_{Cpx, Ga/m}$  свидетельствует о существенном фракционировании микроэлементов при частичном плавлении эклогита.

При частичном плавлении эклогита с щелочно-водно-карбонатным флюидом с щелочным расплавом  $m$  сосуществует  $Cpx$ . Эти расплавы являются эффективным концентратором микроэлементов. За исключением  $V$ , элементы LILE, HFSE, REE, сидерофильные преимущественно концентрируются в силикатном расплаве,  $D_{Cpx/m}$  этих элементов  $< 1$ .

ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ И ГЕОХИМИЯ ГРАНАТ-СОДЕРЖАЩИХ КАРБОНАТИТОВ  
РАЙОНА ТРОМСЕ, НОРВЕГИЯ

Горбачев Н.С., Некрасов А.Н., (ИЭМ РАН)

PHASE RELATIONSHIP AND GEOCHEMISTRY OF GARNET-BEARING CARBONATITES  
OF TROMSE REGION

Gorbachev N.S., Nekrasov A.N., (IEM RAS)

gor@iem.ac.ru, тел./факс: 8(496) 524 6205, 8(496) 522 5880,

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 09-05-01131

В связи с проблемой существования в верхней мантии карбонатных магм изучены фазовые соотношения и геохимия гранат-содержащих ультравысокобарных карбонатитов (УНРС) района Тромсе. Норвегия. Матрица УНРС представлена карбонатом *C* кальцит-доломитового состава с включениями граната *Ga*, акцессорные минералы – апатит, сфен, ильменит, рутил. Образцы изучались на микрозонде, микроэлементы определялись методом ICP MS.

Выделено три генерации *Ga*: *Ga*<sub>1</sub>, состава pyr15–gros25–alm60, обеднен PЗЭ (<10<sup>-2</sup> мас.%); *Ga*<sub>2-3</sub> состава pyr5–gros65–alm30, аномально обогащенны (до 4–8 мас.%) LPЗЭ.

Определены содержания редких (PЭ) и редкоземельных (PЗЭ) элементов в УНРС, карбонатной *C* и силикатной *Si* компонентах УНРС. По сравнению *Si*, *C* компонента обогащена – Ba, Rb, Nb, Sr, P, Zr, обеднена Hf, Ti, Th, Ta. *C* и *Si* компоненты различаются по концентрации PЗЭ и характеру ее зависимости от N PЗЭ. *Si* компонента обогащена PЗЭ, зависимость нормированных по хондриту концентраций PЗЭ  $C_N-N$  PЗЭ имеет отрицательный наклон с небольшим Eu минимумом. В *C* компоненте зависимость  $C_N-N$  PЗЭ имеет экстремальный характер с максимумом у Gd–Tb. Наибольшие различия наблюдаются в распределении LPЗЭ. В *Si*  $C_N$  уменьшаются от 500 у La до 50 у Sm, в *C* – возрастают от 30 у La до 45 у Sm. Начиная с Gd до Lu поведение PЗЭ сходно, в *Si*  $C_N$  уменьшаются до 8, а в *C* – до 5

Так как в *Si* компоненте УНРС преобладает *Ga*, то можно считать, что коэффициенты разделения D PЗЭ между *Si* и *C* компонент УНРС характеризуют D PЗЭ между *Ga* и карбонатитовым расплавом *Sm*. D PЗЭ *Si/C* в УНРС отличаются от экспериментальных D *Ga/Sm*. В УНРС зависимость D PЗЭ *Si/C* имеет экстремальный характер, уменьшаясь от 18 у La до 1.2 у Gd–Tb, возрастая затем до 2 у Tm–Lu. По нашим экспериментальным данным зависимость D PЗЭ *Ga/Sm* положительная, возрастает от 0.07 у La до 10 у Lu. Аномальное распределение PЗЭ в УНРС свидетельствует об отсутствии равновесия между между *Ga* и карбонатитовым расплавом при метасоматозе и плавлении мантии.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ ГРАНАТ-СОДЕРЖАЩЕГО  
КАРБОНАТИТА

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

EXPERIMENTAL STUDY MELTING OF GARNET-BEARING CARBONATITE

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

gor@iem.ac.ru, тел./факс: 8(496) 524 6205, 8(496) 522 5880, 8 9175427244

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 09-05-01131*

В связи с проблемой генезиса карбонатитов для  $T$ – $P$  верхней мантии (950–1400°C, 3.8–4.0 ГПа) изучено плавление гранат-содержащего ультравысокобарного карбонатита УНРС района Тромсе, Норвегия в “сухих” условиях и с  $H_2O+CO_2$  флюидом. Эксперименты выполнены в ИЭМ РАН на аппаратуре типа НЛ-40. Использовалась закалочная методика с Au и Pt ампулами. Температура измерялась Pt30Rh/Pt6/Rh термопарой, давление при высоких  $T$  калибровалось по кривой равновесия кварц–коэзит. Точность определения  $T$  и  $P$  оценивается в  $\pm 10^\circ C$  и  $\pm 1$  кбар. Продукты экспериментов изучались на микрозонде.

$T$  “сухого” ликвидуса УНРС  $\sim 1270^\circ C$ . При  $T=1400^\circ C$  обнаружено расслоение карбонатитового расплава на высоко и низко-Са карбонатно-силикатные жидкости с выделением графита. При  $T=1300^\circ C$  установлена полная смесимость между силикатным *Sim* и карбонатным *Cm* расплавами. При закалке надликвидусного карбонатитового расплава образуется смесь микролитов переменного состава от карбонатно-силикатного до силикатно-карбонатного. При близликвидусной  $T$  (1250–1200°C) с карбонатитовым расплавом C*Sim* сосуществует гранат Ga. Зональность Ga свидетельствует о реакционных соотношениях между исходным Ga и C*Sim* с замещением  $FeO \rightarrow (MgO+ CaO)$ .  $T$  “сухого” солидуса  $\sim 1150^\circ C$ . В интервале  $T$  от 1150 до 950°C близсолидусная и субсолидусная ассоциации представлены кальцитом Cc, Ga, Cpx, флогопитом Flog и акцессорными минералами – апатитом Apt, ильменитом Ilm, рутилом Rt.

При плавлении УНРС с  $H_2O+CO_2$  флюидом солидус понижается до  $T \leq 950^\circ C$ . При  $T=950^\circ C$ ,  $P=3.8$  карбонатитовый расплав сосуществует с кальцитом Cc, Flog, Ga, Cpx, Apt. При повышении  $T$  до 1050°C увеличивается доля карбонатитового расплава, исчезает Cpx, на ликвидусе – Cc, зональный Ga, Flog.

Результаты экспериментов свидетельствуют о формировании характерной для УНРС ассоциации карбонат-зональный гранат в интервале  $T=1150$ – $1250^\circ C$ .

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО  
ДЕГИДРОКСИЛИРОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГЕТИТА

**Грибов С.К., Долотов А.В. (ГО «Борок» ИФЗ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF KINETICS OF ISOTHERMAL DEHYDROXYLATION OF  
NATURAL GOETHITE

**Gribov S.K., Dolotov A.V. (GO "Borok" IPE RAS)**

adolotov@borok.yar.ru

*Работа поддержана РФФИ (грант 09-05-00471)*

Кинетика реакции дегидроксилирования природной гетитовой фракции изучена в атмосфере воздуха в изотермических условиях при помощи метода непрерывного измерения *in situ* намагниченности насыщения  $J_S$  образцов в постоянном магнитном поле 0.65 Тл в течение 312 часов в температурном диапазоне 183–273 °С (с интервалом 4–15 °С). Рассчитанное значение эффективной энергии активации фазового перехода гетит ( $\alpha$ -FeOOH)→гематит ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) составило ~201 кДж/моль. Временная экстраполяция магнитометрических кривых до значений  $J_S$ , соответствующих для искомым образцов полному переходу  $\alpha$ -FeOOH→ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, позволила оценить время  $t^*$ , необходимое для завершения фазового превращения в исследованном температурном интервале  $T=198$ –273 °С. Линейность экспериментально полученной зависимости  $\ln t^*(1/T)$  дает возможность ее экстраполяции на более низкие температуры, т.е. позволяет выйти на моменты времени, не доступные для лабораторных исследований. Оказалось, что полная спонтанная гематизация изученной гетитовой фракции в природных условиях может быть реализована за времена ~1 млн. лет или ~10 млн. лет лишь в случае регионального прогрева вмещающих пород соответственно до температур ~85°С и ~73°С.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ МИНЕРАЛОВ-САМОЦВЕТОВ ИЗ ГРУППЫ ГРАНАТОВ  
(ДЕМАНТОИД–УВАРОВИТ) НА ПАМБАК–ДАРАНАКСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ  
АРМЕНИИ

**Григорян С.В., Геворкян М.Р., Оганесян А.Е. (ЕГУ, Армения)**

THE GEOCHEMICAL PROSPECTING OF GEMS- MINERALS FROM THE GROUP OF  
GARNETS (DEMANTOIDE-UVAROVITE) ON PAMBAK- DARANAK FIELD IN ARMENIA

**Grigoryan S.V., Gevorkyan M.R., Hovanesyan A.E. (YSU, Armenia)**

rgev@ysu.am, факс: +3(7410) 55 4641, тел: +3(7410) 57 8135

Памбак–Даранакское (Даринское) месторождение минералов-самоцветов из группы гранатов входит в состав Джил–Сатанахачского массива, который обнажается в пределах Присеванского офиолитового пояса (Армения). На всем данном отрезке пояса неизменно развиты породы дунит-гарцбургитового комплекса и сопряжены с участками локализации регенерированных метасоматически дунитов. Зона метасоматитов, хотя и является секущей по отношению к дунит–гарцбургитовому полю пород, явно близка по возрасту становлению пород массива.

Здесь выявлены и ранее разведаны также зерна граната–демантоида. Принимая во внимание успехи последних лет по разработке геохимических методов поисков различных типов гидротермальных месторождений, были детально изучены полиэлементные (мультипликативные) ореолы рассеяния для различных групп элементов–индикаторов. Как показала обработка данных геохимического опробования, тектонические нарушения – зоны измененных пород и примыкающие к ним участки четко фиксируются отчетливыми аномалиями. Интерпретация последних позволила подтвердить перспективы Даранакского месторождения с учетом значительных размеров интенсивных аномалий как макро-, так и микроэлементов. Экспериментальный характер выполненных исследований не позволяет произвести геохимическую оценку значительных площадей. Однако, и по ограниченным объемам (всего 4 профиля) геохимического опробования впервые удалось наметить основные черты методики геохимических поисков ранее в этом плане не исследованного типа эндогенных месторождений минералов-самоцветов. Огромное методическое и практическое значение установления такой закономерности станет очевидным, если учесть исключительную сложность поисково–оценочных работ на месторождениях рассматриваемого типа. Эти исследования в настоящее время показывают, что в Армении имеются теоретические и практические предпосылки для постановки детальных поисковых и оценочных работ на демантоид, уваровит и пектолит–ксонотлитовые жады, а это придает определенную уверенность в том, что такие работы значительно расширят базу минералов-самоцветов Республики Армения.

СОГЛАСОВАННЫЕ ШКАЛЫ ДАВЛЕНИЯ ДО 4 МБАР И 4000 К НА ОСНОВЕ  
УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ 11 ВЕЩЕСТВ

**Дорогокупец П.И., Соколова Т.С. (ИЗК СО РАН)**

SELFCONSISTENT PRESSURE SCALES UP TO 4 MBAR AND 4000 K ON BASE OF  
EQUATIONS OF STATE 11 SUBSTANCES

**Dorogokupets P.I., Sokolova T.S. (IEC SB RAS)**

dor@crust.irk.ru, sokolovats@crust.irk.ru, факс: (3952) 427000, тел: (3952) 511680

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (12-05-00758) и интеграционного проекта № 97  
СО РАН*

К настоящему времени опубликована серия работ, в которых были одновременно измерены объемы хотя бы двух маркеров (шкал) давления до температуры 3000 К и давлениях 150–350 ГПа (*Kono et al., 2010; Sata et al., 2010; Komabayashi et al., 2008; Hirose et al., 2008; Ueda et al., 2008; Takemura, Dewaele, 2008; Dewaele et al., 2008; Tateno et al., 2009; 2010; Hirao et al., 2009; Yokoo et al., 2008, 2009; Matsui et al., 2009; Sakai et al., 2011; и др.*), что ставит задачу нового анализа уравнений состояния веществ, которые использовались как шкалы давления (*Dorogokupets, Oganov, 2007; Dorogokupets, Dewaele, 2007*). В докладе будет рассмотрен новый подход к конструированию уравнений состояния веществ и методов их абсолютизации. Будет показано, что предлагаемые уравнения состояния Au, MgO, Pt, hcp-Fe, B2-NaCl обеспечивают согласованный расчет давления в указанной области температур и давлений.

УРАВНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОЕМКОСТИ ЛЬДА ВОДЫ И НЕКОТОРЫХ КЛАТРАТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В СИСТЕМЕ Н–О–С–N–Ar–Kr–Xe ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ

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

EQUATIONS OF TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE WATER ICE HEAT CAPACITY AND SOME CLATHRATS, FORMED IN N–O–S–N–Ar–Kr–Xe SYSTEM AT LOW TEMPERATURES AND PRESSURE

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

Тел.: 8(495) 939 7060

*Работа выполнена при поддержке программы Президиума РАН №22*

Для изучения фазовых равновесий в системе Н–О–С–N–Ar–Kr–Xe в условиях низких температур ( $T < 100\text{K}$ ) и давлений ( $P < 10^{-6}$  бар) необходимы надежные термодинамические данные температурных зависимостей теплоемкости для образующихся в ней твердых фаз - льдов, клатратов и кристаллогидратов и др. Получение указанной информации в сочетании с данными по энтальпиям этих соединений позволит в дальнейшем корректно моделировать состав каменно–ледяных тел в зоне питания Сатурна, из которых образовался Титан, и таким образом, найти возможный источник его атмосферы. В работе представлены результаты расчета коэффициентов полуэмпирического уравнения температурной зависимости  $C_p(T)$  и  $C_v(T)$  для льда воды, клатратов метана и  $\text{CO}_2$ , предложенного И.Л. Ходаковским (см. тезисы этого семинара). Разработанная методика позволяет использовать весь комплекс экспериментальных данных для системы Н–О–С–N–Ar–Kr–Xe с учетом их точности.

**УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОМЕТНЫХ ЛЬДОВ**

**Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН), Мироненко М.В. (ГЕОХИ РАН)**

**CONDITIONS OF FORMATION OF COMETARY ICES**

**Dorofeeva V.A. (GEOKHI RAS), Mironenko M.V. (GEOKHI RAS)**

dorofeeva@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7060

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 11-05-01137 и 11-05-00780*

Методом численного моделирования рассчитаны вероятные составы льдов, аккрецированных планетезиμαлиями, образовавшимися во внешней части Солнечной системы. Полученные результаты сопоставлены с современными данными по составу кометных льдов. Валовый состав небулы задавался в соответствии с солнечными обилиями по (Lodders, 2010), компонентный состав газовой фазы варьировался с учетом его неопределенности. Необходимая термодинамическая информация была получена путем обобщения экспериментальных данных по условиям образования клатратов и льдов газов, характерных для околосолнечной небулы. *P-T* условия выбирались в соответствии с моделью небулы (Макалкин, Дорофеева, 2009) и современными представлениями о регионах образования кометных тел (Morbidelli, 2011).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ КОСМОХИМИИ И СРАВНИТЕЛЬНОЙ ПЛАНЕТОЛОГИИ:  
ТЕПЛОЕМКОСТЬ МИНЕРАЛОВ

**Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН), Мухина И.В. (Ун-т «Дубна»), Ходаковский И.Л. (Ун-т  
«Дубна»), ГЕОХИ РАН)**

THERMODYNAMIC DATABASE FOR THE COMPUTER MODELING OF TASKS OF A  
COSMOCHEMISTRY AND COMPARATIVE PLANETOLOGY: THE HEAT CAPACITY OF  
MINERALS

**Dorofeeva V.A. (GEOKHI RAS), Mukhina I.V. (Dubna Univ.), Khodakovsky I.L. (Dubna  
University, GEOKHI RAS)**

musha08\_@mail.ru

Для термодинамического моделирования процессов эволюции вещества Солнечной системы в зонах образования астероидов, комет, планет-гигантов и их ледяных спутников, а также химических реакций, определяющих минералогический состав пород поверхности Марса, необходимо аналитическое описание термодинамических свойств соответствующих фаз при температурах ниже 0 °С.

В рамках развития объединенной базы термодинамических данных (Ходаковский и др. 2006), на основе разрозненной экспериментальной информации, проведено систематическое определение эмпирических коэффициентов простого полуэмпирического уравнения температурной зависимости теплоемкости, предложенного И.Л. Ходаковским (см. тезисы этого семинара) для ряда минералов различных классов (оксиды, гидроксиды, карбонаты, сульфаты, силикаты, алюмосиликаты).

Полученные уравнения с приемлемой точностью описывают соответствующие экспериментальные данные по теплоемкости и термодинамические свойства рассмотренных веществ.

**ИЗОТОПНО-КИСЛОРОДНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ДЕГИДРАТАЦИИ ГЛАУКОФАНОВОГО  
СЛАНЦА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПРИ  $P$ – $T$  УСЛОВИЯХ ЗОНЫ  
СУБДУКЦИИ**

**Дубинина Е.О. (ИГЕМ РАН), Перчук А.Л. (ИЭМ РАН, МГУ)**

**OXYGEN ISOTOPES EFFECTS DUE TO DEHYDRATION OF THE BLUESCHIST: THE  
EXPERIMENTAL DATA UNDER  $P$ – $T$  CONDITIONS OF SUBDUCTION ZONE**

**Dubinina E.O. (IGEM RAS), Perchuk A.L. (IEM RAS, geol.dep. MSU)**

delta@igem.ru, тел.: 8(499) 230 8447

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 12-05-00860, 09-05-01217  
и 12-05-01093*

В высокобарных метаморфических комплексах все чаще обнаруживаются породы с аномально-легким изотопным составом кислорода, которые интерпретируются как результат дометаморфической гидротермальной переработки протолита метеорными водами в условиях холодного палеоклимата. В качестве альтернативы мы предлагаем рассматривать возникновение значительных изотопных сдвигов за счет кинетического фракционирования при дегидратации водосодержащих минералов в условиях высоких температур и давлений. Изотопно-кислородные эффекты, вызванные дегидратацией гидроксил-содержащих минералов, продемонстрированы экспериментально в сэндвиче, состоящем из глаукофанового сланца (аналога коры) и оливина (аналога мантии) при  $P$ – $T$  параметрах зоны субдукции (25 кбар, 720–1000 °С). Полученные данные демонстрируют, что реакции дегидратации могут приводить к значительным сдвигам по изотопному составу кислорода как в дегидратируемых породах, так и в породах, на которые выделяемый флюид воздействует. Результаты эксперимента открывают перспективу для нового толкования природы изотопно-кислородных аномалий в эклогитовых и гранулитовых комплексах.

**ЧИСЛЕННЫЕ МОДЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ТИТАНА**

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

**NUMERICAL MODELS OF THE INTERNAL STRUCTURE OF TITAN**

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

dunaeva@kmail.ru

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

Крупнейший ледяной спутник Сатурна Титан является интереснейшим космическим объектом. Изучение особенностей его строения крайне важно для понимания общих проблем формирования и эволюции планетарных спутников Солнечной системы, а также тесно связано с вопросом о происхождении жизни.

Информация о Титане, накопленная к настоящему времени, пока что недостаточна для однозначного понимания особенностей его строения.

В настоящей работе обсуждаются условия существования на Титане внутреннего водяного океана в зависимости от мощности тепловых потоков через ледяную кору спутника. На первом этапе рассмотрены возможные модели Титана без внутреннего океана. Предполагается, что под внешней ледяной корой спутника, состоящей из высокобарных водяных льдов, находится либо однородное ядро (двухслойная модель), либо ядро и каменно-ледяная мантия (трехслойная модель). В рамках каждой модели проведены расчеты мощности ледяной коры Титана, вычислены масса и размеры его внутреннего ядра, построено распределение  $T$ ,  $P$  и плотности вещества по глубине спутника, определены разновидности водяных льдов, слагающих его внешнюю ледяную оболочку и внутренние области, для внутреннего ядра проанализированы возможные варианты его строения, плотности и состава.

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДЫ С АЛЮМОСИЛИКАТНЫМИ И БОРОСИЛИКАТНЫМИ СТЕКЛАМИ**

**Еремяшев В.Е. (ИМ УрО РАН, ЮУрГУ)**

**INTERACTION OF WATER WITH THE ALUMOSILICATE AND BOROSILICATE GLASSES**

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

sler@ilmeny.ac.ru, факс: 8(3513) 57 0286, тел.: 8(3513) 57 0408

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (№ 10-05-96029-р\_урал\_a, 12-05-00293\_a) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (государственный контракт № П-735)*

По результатам выполненных спектроскопических исследований были выявлены и описаны новые закономерности поведения воды в силикатных, алюмосиликатных и боросиликатных стеклах. Установлено, что образование гидроксильных групп в силикатных и алюмосиликатных стеклах при взаимодействии с водой определяется тремя типами реакций, и доля гидроксильных групп, образующихся в соответствии с этими реакциями, определяется составом расплава и стекла и константами равновесия их взаимодействия и устанавливается на основе изучения спектроскопических и структурных особенностей исходных безводных и гидратированных силикатных, алюмосиликатных и боросиликатных стекол.

При взаимодействии воды с боросиликатными расплавами и стеклами наблюдается ее независимое растворение в силикатной и боратной части структуры расплавов и стекол. Взаимодействие воды с силикатной частью структуры сопровождается протеканием двух реакций образования гидроксильных групп: реакции с разрывом мостиковых связей Si–O–Si и протонно-катионный обмен с участием ионов щелочных и щелочноземельных металлов, координирующих немостиковые атомы кислорода. Растворение в боратной части структуры происходит только в молекулярной форме. Распределение воды между силикатной и боратной частью структуры стекол и молекулярной и гидроксильной формами в силикатной части зависит от химического состава и структуры стекла.

**ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МЕДИ, МОЛИБДЕНА И ВОЛЬФРАМА В ЛОКАЛЬНЫХ  
БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ**

**Ермаков В., Данилова В., Хушвахтова С., Дегтярев А., Кречетова Е., Тютиков С.  
(ГЕОХИ РАН)**

**DIFFERENTIATION OF COPPER, MOLYBDENUM AND TUNGSTEN IN LOCAL  
BIOGEOCHEMICAL CYCLES**

**Ermakov V., Danilova V., Khushvakhtova S., Degtyarev A., Krechetova E., Tyutikov S.  
(GEOKHI RAS)**

ermakov@geokhi.ru

Проведена сравнительная оценка биогенной миграции молибдена, меди и вольфрама в условиях различных молибденово-вольфрамово-медных месторождений и фоновых территорий. Количественное определение микроэлементов в водах, почвах и растениях осуществлялось унифицированными методами с использованием ААС, НАА и ИСП-масс-спектрометрии. В пределах Сары-Джазского природного комплекса выявлена биогеохимическая аномалия с высоким содержанием Se, Mo, Cu, Pb и U. Несмотря на водную миграцию, указанные химические элементы слабо вовлекаются в биогеохимический цикл. Наблюдается выраженная биогеохимическая дифференциация флоры по степени аккумуляции микроэлементов. Среди растений существуют виды, селективно аккумулирующие металлы, независимо от их содержания в почвах. В условиях рудных ландшафтов Забайкальского края и Северного Кавказа при различном содержании и соотношении металлов в почвах ряд высших растений характеризуется высоким содержанием молибдена и меди и реже – вольфрама и активированием синтеза серосодержащих фитохелатинов. По степени аккумуляции металлов организмы располагаются в ряд: почвенные микроорганизмы > растения > животные (млекопитающие). Интенсивность аккумуляции металлов организмами следующая: Mo $\geq$ Cu>W.

**ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД: СЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ПОДЗЕМНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

**Жариков А.В., Величкин В.И. (ИГЕМ РАН), Витовтова В.М. (ИЭМ РАН), Мальковский В.И. (ИГЕМ РАН), Шмонов В.М. (ИЭМ РАН)**

**TRANSPORT PROPERTIES OF CRYSTALLINE ROCKS: IMPLICATIONS FOR UNDERGROUND RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL**

**Zharikov A.V., Velichkin V.I. (IGEM RAS), Vitovtova V.M. (IEM RAS), Malkovsky V.I. (IGEM RAS), Shmonov V.M. (IEM RAS),**

vil@igem.ru, факс: 8(495) 951 1587, тел.: 8(499) 230 8440)

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 11-05-00778), Программы 4 РАН и Программы 8 ОНЗ РАН*

Рассмотрены новые методы и подходы для изучения транспортных свойств кристаллических пород, реализованные с применением физического и численного экспериментов, а также результаты, полученные с их помощью для образцов пород из мест вероятного размещения могильников или хранилищ ВАО и ОЯТ: метавулканитов из района ПО Маяк и гранитоидов из района Красноярского ГХК. На основе сопоставительного анализа результатов проведенных исследований предложен комплекс методических приемов изучения транспортных свойств кристаллических пород из разрезов скважин, пробуренных в участках вероятного размещения подземных могильников или хранилищ ВАО и ОЯТ.

**«ПАМЯТЬ» МИНЕРАЛОВ ГЛУБИННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА КРИСТАЛЛОВ**

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

**“MEMORY” OF THE MINERALS OF DEEP ORIGIN. THE EXPERIMENTAL DETERMINATION OF INTRINSIC OXYGEN FUGACITY OF THE CRYSTALLS**

**Zharkova E.V., Kadik A.A., Senin V.G. (GEOCHI RAS)**

kadik@geokhi.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(495) 137 7200

*Работа выполнена при поддержке РФФИ 11-05-00926*

Задача данной работы состоит в экспериментальном измерении собственной летучести кислорода (intrinsic oxygen fugacity –  $fO_2$ ) минералов глубинного происхождения и проверке обладают ли кристаллы «памятью».

Для экспериментов были выбраны кристаллы оливинов (Ol) из Индии, не содержащие включений, а так же кристаллы оливинов (Ol), ортопироксенов (Orx) и шпинелей (Spl) из ксенолитов шпинелевых лерцолитов щелочных базальтоидов вулкана Шаварын-Царам из Монголии.

Кристаллы Ol, Orx и Spl собственная летучесть кислорода которых лежит в области буферного равновесия вюстит–магнетит (WM) были выдержаны в газовой атмосфере соответствующей значениям летучести кислорода буферов никель-оксид никеля (Ni–NiO) и кварц–фаялит–магнетит (QFM) при температуре около 900–1100 °С в течение 8–25 часов. Затем была измерена  $fO_2$  этих кристаллов. В результате экспериментов было определено, что собственная летучесть кислорода минералов стала соответствовать  $fO_2$  твердофазовых буферов, при которых ранее выдерживались образцы.

В результате проведенных экспериментов было показано, что кристаллы оливина, ортопироксена и шпинели несут в себе информацию об окислительно-восстановительных условиях, при которых они формировались, то есть они обладают «памятью» и закалка не влияет на память кристаллов.

**О КРЕМНЕЗЕМИСТОМ ГЕЛЕ, ОБРАЗУЮЩЕМСЯ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ  
ЭВДИАЛИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА**

**Зайцев В.А., Груздева А.Н., Старшинова Н.П. Хамизов Р.Х., Когарко Л.Н. (ГЕОХИ  
РАН)**

**ABOUT SILICATE GEL, FORMED FROM EUDIALITE CONCENTRATE**

**Zaitsev Z.A., Gruzdeva A.N., Starshinova N.P., Khamizov R.Kh. Kogarko L.N. (ГЕОХИ  
RAS)**

alkaline@geokhi.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(495) 939 7063

Кремнеземистые гели образуются в качестве промежуточных субстанций в разнообразных геологических обстановках, и фиксируются новообразованиями опала в том числе в ультраагпаитовых породах и пегматитах. Например, в Ловозерском массиве отмечались опалы, содержащие заметные концентрации натрия, алюминия, циркония и др.

Они появляются и в технологических процессах, в частности, переходящий в раствор при кислотном разложении нефелина и эвдиалита кремнезем выделяется в виде кремнеземистого геля. С уменьшением концентрации кислоты, использованной для разложения, содержание воды в геле увеличивается от 75 до 90 %.

Гель захватывает большую часть одно- двух и трехвалентных катионов эвдиалита и нефелина. Они вымываются из него дистиллированной водой. Концентрации металлов в промывающей жидкости описываются экспоненциальной зависимостью, что свидетельствует о сорбционном характере их нахождения. Закономерное изменение отношений концентраций металлов от ранних порций промывки к поздним свидетельствует о селективности сорбции.

Это говорит, что в природе в случае выпадения кремнеземистых гелей на пути миграции низкотемпературных растворов их сорбционные свойства могут быть эффективным механизмом локальной дифференциации компонентов.

**ФТОР В СТРУКТУРЕ ПЕРОВСКИТА: ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ**

**Зайцев В.А., Сенин В.Г. (ГЕОХИ РАН)**

**FLUORINE IN PEROVSKITE STRUCTURE: PRELIMINARY EXPERIMENTAL DATA**

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

alkaline@geokhi.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(495) 939 7063

Ранее нами неоднократно докладывалось о необычном аналоге таусонита (минерале группы перовскита), обнаруженном в ходе исследования фазовых равновесий в системе лампрофиллит-нефелин. Он кристаллизуется из титаносиликатного расплава в виде изометричных кристаллов и двойников по флюоритовому закону. Этой фазе приписывалась формула  $(\text{Sr}_{1-x}\text{Na}_x)\text{TiO}_{3-x/2}$ , таким образом, состав описывался как смесь конечных членов  $\text{SrTiO}_3$  (таусонит) и  $\text{NaTiO}_{2.5}$  (гипотетический анион-дефицитный натровый аналог перовскита).

В ходе электронно-микронного изучения в составе кристаллов этой фазы были обнаружены заметные концентрации фтора (как правило, 1–2 мас.%). Содержания натрия и фтора положительно коррелируют, причем содержание фтора в формульных единицах эквивалентно содержанию натрия. Это позволяет приписать натровому миналу формулу  $\text{NaTiO}_2\text{F}$ . Содержание этого минала в синтезированных кристаллах достигает 20 мол.%.

Вхождение минала  $\text{NaTiO}_2\text{F}$  в структуру перовскита может приводить к ощутимым геохимическим эффектам: 1) это позволяет предположить нахождение фтора в составе перовскитового твердого раствора в условиях нижней мантии, 2) вхождение фтора в перовскит должно препятствовать вхождению в эту структуру высокозарядных элементов, прежде всего ниобия и тантала, и, соответственно, понижать их коэффициенты распределения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ СОЛИ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  В  
ПАРОВОЙ ФАЗЕ СИСТЕМЫ  $\text{H}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{CO}_3$  В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА  
ИСХОДНОГО РАСТВОРА

**Закиров И.В., Суворова В.А., (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SOLUBILITY OF  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  SALT IN THE STEAM  
PHASE OF  $\text{H}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{CO}_3$  SYSTEM DEPENDING ON COMPOSITION OF INITIAL SOLUTION

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

lera@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 2554

В интервале температуры  $300\div 500^\circ\text{C}$  при давлении  $10\div 46$  МПа в широком диапазоне состава исходного раствора **впервые** проводилось экспериментальное определение состава пара на кривой кипения  $\text{H}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Опыты выполнялись на оригинальной установке (*Zakirov et al., 2007*), позволяющей отбирать пробу пара в режиме эксперимента. Для проведения опытов по изучению сильнощелочных растворов впервые создана модифицированная установка, в которой использована комбинация материалов реактора и внутренней ампулы для отбора пробы паровой фазы. Соответственно коэффициентам термического расширения подобраны новые материалы узлов и уплотнений установки, обеспечивающие её герметичность. Показано, что использованная в опытах установка позволяет получать корректные результаты в сильнощелочных средах.

Содержание  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в конденсате пара во внутреннем сосуде и в растворе, оставшемся в объеме автоклава, после опытов определяли методом эмиссионно-пламенной фотометрии. Помимо содержания  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в паре и в растворе, также измеряли рН закалочных фаз. В опытах наблюдалось заметное подкисления паровой фазы даже при  $T = 500^\circ\text{C}$ . Границы области гомогенности системы  $\text{H}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{CO}_3$  установлены определенно для низкоконцентрированных ( $0,01\div 0,005$  М) растворов. Несмотря на большой разброс данных, хорошо прослеживается рост растворимости  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  от давления при температуре  $400^\circ\text{C}$ . Чтобы проследить аналогичную зависимость при температурах  $450^\circ\text{C}$  и  $500^\circ\text{C}$  требуются дополнительные исследования высококонцентрированных составов исходного раствора.

РАСТВОРИМОСТЬ ХЛОРАРГИРИТА (AgCl) В МАЛОПЛОТНЫХ  
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ФЛЮИДАХ

**Зотов А.В., Акинфиев Н.Н. (ИГЕМ РАН), Волченкова В.А. (ИМЕТ РАН), Селиванов П.В. (РГГРУ-МГРИ)**

SOLUBILITY OF CHLORARGIRITE (AgCl) IN LOW DENSITY HYDROTHERMAL FLUIDS

**Zotov A.V. (IGEM RAS), Akinfiyev N.N. (IGEM RAS), Volchenkova V.A. (IMET RAS), Selivanov P.V. (RGGRU-MGRI)**

azotov@igem.ru, тел.: 8(499) 230 8231

*Работа выполнена при поддержке программы НШ-2898.2012.5*

Экспериментально определена растворимость  $\text{AgCl}_{(к)}$  в воде при  $400 \pm 1^\circ\text{C}$  в зависимости от давления (100–400 бар). Опыты произведены в автоклаве из титанового сплава ВТ 8 с внутренним пробоотборником (Закиров, Сретенская, 1994). Серебро в растворе анализировалось методом ИСР. В плотном флюиде ( $>0.4 \text{ г/см}^3$ ) результаты воспроизводят данные (Воронин и др., 2005) и близки к расчетным значениям на основании термодинамических свойств в системе  $\text{AgCl-H}_2\text{O}$  (Акинфиев, Зотов, 2010). С понижением плотности растворимость снижается более чем на 3 порядка. В малоплотной области (при давлении 100–200 бар) новые данные существенно уточняют измерения растворимости  $\text{AgCl}$ , выполненные нами ранее (Воронин и др., 2005). Наблюдаемая зависимость растворимости от давления интерпретируется с использованием уравнения состояния Акинфиева-Даймонда (Akinfiyev, Diamond, 2003).

**ВЛИЯНИЕ ХЛОРА, ФТОРА И БОРА НА СТРУКТУРИРОВАНИЕ ГРАНИТНОГО  
РАСПЛАВА ПРИ ШОКОВОЙ ДЕКОМПРЕССИИ**

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

**EFFECT OF CHLORINE, FLUORINE AND BORON IN THE STRUCTURING OF THE  
GRANITIC MELT AT SHOCK DECOMPRESSION**

**Ivanova L.A., Medvedev V.Ya. (IEC SB RAS)**

liva@crust.irk.ru, факс/тел.: (3952) 427 191

На установке высокого давления УВД–10000 изучено влияние различных режимов декомпрессии, состава флюида и влияния Cl, F, B на процессы структурирования и фазообразования в гранитном расплаве. Эксперименты проведены при T=800–850°C и P=2000–2500 атм длительностью 5–9 часов. В зависимости от кинетики декомпрессии в экспериментах реализуются различные морфологические типы структурирования расплава. Шоковая декомпрессия формирует протяженную хорошо структурированную систему с отчетливо выраженными флюидопроводящими свойствами с вертикальной и горизонтальной зональностью. Наиболее четко вертикальная зональность выражена во фторсодержащих системах. Во всех системах фиксируется вынос флюидом широкого набора микроминералов; наиболее структурированной является центральная часть образца.

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И МЕТАМОРФИЗМ УГЛИСТЫХ CO И CV ХОНДРИТОВ

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

THERMOLUMINESCENCE AND METAMORPHISM OF CO AND CV CARBONACEOUS CHONDRITES

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

cosmo@geokhi.ru, тел.: (499) 137 8614

Углистые CO хондриты подобны, в некоторых отношениях, обыкновенным хондритам 3-го типа. Так, например, они имеют хондриты в валовом составе. Кроме того, эти две группы метеоритов подобны по минералогическому составу и состоят из оливина, пироксена, плагиоклаза, металла и сульфидов. CO-хондриты составляют метаморфическую последовательность подобную той, которая обнаружена для обыкновенных хондритов 3-го типа. Наблюдаемое подобие метаморфической последовательности этих двух групп метеоритов отмечается, несмотря на обнаруженные различия: — по изотопному составу, по небольшому, но значимому отношению элементов и т.д. Различие в петрографии, минералогии и химическом составе CO и CV хондритов отражается в интенсивности пика свечения термолюминесценции при температуре 130 °C, который обусловлен содержанием упорядоченного полевого шпата и, соответственно, метаморфизмом родительского тела (Ivliev et al., 2007).

Целью настоящей работы было исследование метаморфизма CO и CV хондритов с использованием шкалы, связывающей величину подтипа с интенсивностью свечения наведенной термолюминесценции (Алексеев и др., 2008). Приведены результаты измерения термолюминесценции, наведенной рентгеновским излучением, в 21-ом образце углистых хондритов.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ГИДРОКСИЛЬНЫХ ГРУПП И  
МОЛЕКУЛЯРНОЙ ВОДЫ В N-O-H ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СИЛИКАТНЫХ СТЕКЛАХ  
МЕТОДОМ ИК СПЕКТРОСКОПИИ

**Кадик А.А., Крюкова Е.Б. (ГЕОХИ РАН), Плотниченко В.Г. (ИЦВО РАН), Кононкова  
Н.Н., Цехоня Т.И. (ГЕОХИ РАН)**

SPECTROSCOPIC ANALYSIS OF MOLECULAR WATER AND HYDROXYL GROUPS  
CONTENT IN N-O-H FERRIFEROUS SILICATE GLASSES BY FTIR SPECTROSCOPY

**Kadik A.A., Kryukova E.B. (GEOKHI RAS), V.G. Plotnichenko V.G. (FORC RAS),  
Kononkova Yu.A., Tsekhonya T.I. (GEOKHI RAS)**

elena@fo.gpii.ru, тел.: 8(499) 503 8181

*Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 11-05-00926, Программы Президиума  
РАН 28, ОНЗ-9*

Продолжены исследования форм растворения летучих соединений Н, N и О в стеклах –  
продуктах экспериментов в системе силикатный расплав + расплавленная металлическая  
фаза Fe + Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (1, 3, 5 и 7 вес. %)+ Н<sub>2</sub> при высоких давлениях и температуре (4 ГПа, 1550–  
1600°С) и низкой летучести кислорода (на 2÷4 логарифмических единицы ниже буферного  
равновесия железо–вюстит  $\Delta \lg f_{O_2}(IW)$ ).

Для оценки концентрации гидроксильных групп ОН<sup>-</sup> и молекулярной Н<sub>2</sub>О, растворенных в  
закаленном расплаве, как функции  $f_{O_2}$  использован метод инфракрасной (ИК) Фурье-  
спектроскопии. Спектры ИК пропускания регистрировались в области частот от 350 до 5000  
см<sup>-1</sup> с разрешением 2 см<sup>-1</sup> и уровнем шума не хуже 0.1%.

Положение и форма широкой асимметричной полосы поглощения на 3548 см<sup>-1</sup> соответствует  
валентным колебаниям гидроксильных групп ОН<sup>-</sup> и молекул Н<sub>2</sub>О (*Newman, et al., 1986, Kadik  
et al., 2004*). Острый пик на 1632 см<sup>-1</sup> является результатом деформационного (изгибного)  
колебания молекул Н<sub>2</sub>О (*Dianov et al., 2005*). В обоих пиках отмечается уменьшение их  
интенсивности с понижением  $f_{O_2}$  в области значений  $\Delta \lg f_{O_2}(IW)$  от -2 до -4, а значит  
содержание окисленных форм водорода ОН<sup>-</sup> и Н<sub>2</sub>О в стеклах уменьшается.

Из полученных ИК спектров поглощения был рассчитан коэффициент поглощения  $\alpha$   
исследуемых стекол в полосах 3548 см<sup>-1</sup> и 1632 см<sup>-1</sup>, соответствующих колебаниям  
гидроксильных групп ОН<sup>-</sup> и молекул Н<sub>2</sub>О. Для расчета значений коэффициента экстинкции  $\epsilon$   
мы воспользовались его эмпирической зависимостью от структурного параметра NBO/T,  
полученной в (*Mercier et al., 2010*). После чего значения концентрации ОН<sup>-</sup> и Н<sub>2</sub>О  
рассчитывались по закону Бугера-Ламберта-Бера (*Stolper, 1982*):  $C = \alpha \times 18.02 / \rho \times \epsilon$ .

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЕТУЧИХ (N, C, H) С Fe-СОДЕРЖАЩИМИ СИЛИКАТНЫМИ РАСПЛАВАМИ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ЗАДАННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ ВОДОРОДА

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

STUDY OF THE INTERACTION OF VOLATILIES (N, C, H) WITH Fe-RICH SILICATE MELTS AT HIGH PRESSURES AND FIXED HYDROGEN FUGACITY

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

kadik@geokhi.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(495) 939 7867

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

*Программы ОНЗ РАН № 9 и Президиума РАН № 28*

Для регулирования парциального давления водорода при изучении растворимости N–C–H–O летучих соединений в силикатных расплавах при высоких давлениях разработан новый вариант метода двойных Pt ампул с исследуемым веществом и кислородным буфером в присутствии воды (Fe–FeO–H<sub>2</sub>O, Ni–NiO–H<sub>2</sub>O).

С использованием разработанного метода проведен эксперимент с расплавом ферробазальтового состава при 1.5 ГПа, 1400°C и  $f_{H_2}$ , определяемой буфером Fe–FeO + 10%H<sub>2</sub>O, который позволил оценить особенности предлагаемого метода регулирования режима  $f_{H_2}$  в исследуемых силикатных системах. Исследования включали определение методом электронного микрозонда химического состава стенок платиновых ампул, платиновой перегородки между камерами, химического состава W фольги с целью оценки взаимодействия материала ампул с силикатным расплавом и Fe–FeO буфером. Для определения степени диффузии водорода в исследуемое вещество использована ИК спектроскопия стекол – продуктов закалки силикатных расплавов.

Проведены первые эксперименты по оценке влияния Ni и Co на растворимость N–C–H–O летучих соединений в силикатном расплаве FeO–NiO–CoO–Na<sub>2</sub>O–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> при 1.5 ГПа, 1400°C и  $f_{H_2}$ , определяемой буфером Fe–FeO + 10% H<sub>2</sub>O.

АНАЛИЗ СПЕКТРОВ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФОРМ РАСТВОРЕНИЯ ВОДОРОДА, АЗОТА И КИСЛОРОДА В ПРОДУКТАХ ПЛАВЛЕНИЯ РАННЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

Кадик А.А., Ю.А. (ГЕОХИ РАН), Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН), Колташев В.В., Плотниченко В.Г. (ИЦВО РАН), Цехоня Т.И., Н.Н. Кононкова Н.Н. (ГЕОХИ РАН)

RAMAN SPECTRA ANALYSIS FOR STUDING THE FORMS OF HYDROGEN, NITROGEN AND OXYGEN DISSOLUTION IN MELTING PRODUCTS OF THE EARLY EARTH'S MANTLE

Kadik A.A. (GEOHGI RAS), Litvin Y.A. (IEM RAS), Koltashev V.V., Plotnichenko V.G. (FORC RAS), Tsekhonya T.I., Kononkova N.N. (GEOHGI RAS)

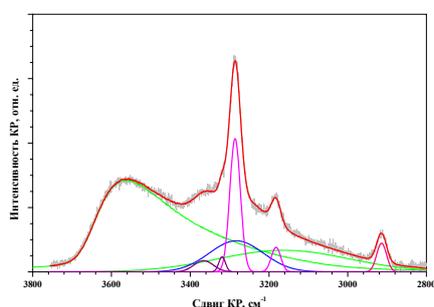
kvv@fo.gpi.ru, тел.: 8(499)5038181

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 11-05-00926, Программа П-28, ОНЗ-9

Для выявления форм нахождения летучих компонентов в стеклах – продуктах эксперимента было проведено изучение спектров комбинационного рассеяния (КР).

Эксперимент проведен на установке анвильного типа при давлении 4 ГПа и 1550 °С в условиях контролируемой летучести водорода. Исходный материал для опытов представлял собой тонкодисперсную смесь альбитового (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) стекла (80 вес. %) и FeO (20 вес. %), к которой был добавлен порошкообразный нитрид кремния (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) в количествах 1, 3, 5 и 7 вес. %.

Были измерены спектры комбинационного рассеяния (КР) стекол в области 20–4200 см<sup>-1</sup>. Анализ спектров, разложение на составные полосы, производилось в диапазоне 2800–3800 см<sup>-1</sup> (см. рис.). Результаты анализа сведены в таблицу.



$\Delta \log fO_2(IW)$ cm <sup>-1</sup>	-2.1	-2.3	-2.9	-3.3
3540–3570	OH <sup>-</sup>	OH <sup>-</sup>	OH <sup>-</sup>	–
3330	–	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
3390	–	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
3320	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
3288	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
3185	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
2915	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	–	–

Разложение спектра КР на Таблица. Спектры комбинационного рассеяния (КР) составные полосы, образец стекол в области 20–4200 см<sup>-1</sup>  
 $\Delta \log fO_2(IW) = -2.3$ .

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОГО  
МЕХАНИЗМА ВЫДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОГО ЯДРА И ОБРАЗОВАНИЯ КОРЫ ЛУНЫ

**Каракин А.В. (ВНИИгеосистем МПР), Лебедев Е.Б. (ГЕОХИ РАН),**

**Покаташкин П.А. (ВНИИгеосистем МПР)**

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL MODELING OF THE POSSIBLE MECHANISM OF  
BEGINNINGS OF THE LUNAR CORE AND CRUST

**Karakin A.V. (VNIIGeosystem MPR), Lebedev E.B. (GEOKHI RAS),**

**Pokatashkin P.A. (VNIIGeosystem MPR)**

avkarakin@post.ru, факс: 8(495) 466 2446

*Работа выполнена при поддержке гранта по Программе фундаментальных исследований  
Президиума РАН № 24*

Рассматривается механизм (связанный с частичным плавлением первичного вещества перидотитового состава) выделения железного ядра Луны в случае миграции двух жидких фаз – металлической и силикатной через кристаллический каркас. Выдвигается гипотеза о том, что данный механизм запускается падением на нее крупных небесных тел, которые приводили к образованию на ее поверхности частично расплавленных областей. В таких магматических очагах происходила дифференциация вещества, которая приводила к выделению железа, а также к всплыванию легких кристаллических фаз. На этой стадии эволюции Луны ее температура была достаточно велика и близка к температуре солидуса перидотитов. Температура плавления железа примерно на 100 °С выше. При своем движении вниз железо охлаждается, однако, за счет вязкого трения и высвобождаемой энергии гравитации будет происходить его дополнительный нагрев, который будет поддерживать железо и его соединения в расплавленном состоянии. В этом случае железо будет проплавливать себе дорогу к недрам Луны. Побочный эффект от этого процесса заключается в том, что наиболее легкие силикатные фракции будут двигаться по проплавленным каналам в противоположном направлении вверх, создавая анортозитовую лунную кору. Мы предлагаем модель двухфазной компакции, которая, возможно, описывает указанные процессы.

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ Zn-СОДЕРЖАЩЕГО МОНТМОРИЛЛОНИТА

Киселева И. А., Огородова Л. П., Мельчакова Л.В.,  
Вигасина М.Ф. (геол. ф-т МГУ), Владыкин Н.В. (ИГХ СО РАН)

CALORIMETRIC STUDY OF Zn-CONTAINING MONTMORILLONITE

Kiseleva I.A., Ogorodova L.P., Melchakova L.V.,  
Vigasina M.F. (geol. dep. MSU), Vladykin N.V. (IGCH, SB RAS)

kiseleva@geol.msu.ru, факс: 8(495) 939 2381, тел.: 8(495) 939 1349

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

Калориметрически изучен Zn-содержащий монтмориллонит из щелочного пегматита Ханбогдинского гранитного массива (Монголия). Проведены рентгенографическое, оптическое, термическое и ИК-спектроскопическое исследования. Методом расплавной калориметрии растворения на высокотемпературном микрокалориметре Кальве определены энтальпии образования из элементов природного и обезвоженного Zn-содержащего монтмориллонита:  $\Delta_f H_{el}^{\circ}(298.15 \text{ K})$ :  $-6509 \pm 14$  кДж/моль для  $\text{Na}_{0.1}\text{Ca}_{0.2}(\text{Zn}_{0.3}\text{Mg}_{0.2}\text{Al}_{1.5})[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 3.5\text{H}_2\text{O}$  и  $-5523 \pm 11$  кДж/моль для  $\text{Na}_{0.1}\text{Ca}_{0.2}(\text{Zn}_{0.3}\text{Mg}_{0.2}\text{Al}_{1.5})[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ . Оценена энтальпия образования безводного крайнего члена ряда монтмориллонит–соконит– $\text{Ca}_{0.2}\text{Zn}_3[\text{Si}_{3.6}\text{Al}_{0.4}]\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ , равная  $-5082$  кДж/моль.

СТРУКТУРЫ РАСПАДА СИНТЕТИЧЕСКИХ ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ В СИСТЕМЕ Cu–Fe–Au–S

**Ковальчук Е.В., Чареев Д.А., Тагиров Б.Р., Кох М.А., Мохов А.В. (ИГЕМ РАН, ИЭМ РАН)**

BREAKDOWN STRUCTURES OF SYNTHETIC SOLID SOLUTIONS IN THE SYSTEM Cu–Fe–Au–S

**Kovalchuk E.V., Chareev D.A., Tagirov B.R., Kokh M.A., Mokhov A.V. (IGEM RAS, IEM RAS)**

geofishko@gmail.com, тел.: 8(499) 230 8231

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 12-05-92601-КО) и гранта Президента Российской Федерации молодым российским ученым*

Выполнен лабораторный синтез сульфидов в системе Cu–Fe–Au–S при температуре 650–700 °С в эвтектических расплавах смеси хлоридов Cs, Na и K. Исходными веществами для синтеза служили порошки меди, железа и серы, которые смешивались с небольшим количеством Au<sub>2</sub>S (~ 20 мг на 1 г смеси металлов и серы) и запаивались в вакуумированной кварцевой ампуле вместе с полоской золотой фольги и солевым флюсом (68 вес.% CsCl, 17% KCl, 15% NaCl). В ряде опытов в ампуле содержался избыток серы, расплав которой контролировал летучесть серы в ходе опыта. Составы шихты перекрывали область составов от халькозина (Cu<sub>2</sub>S) до ассоциации промежуточный твёрдый раствор (iss)–пирит (FeS<sub>2</sub>)–пирротин (Fe<sub>1-x</sub>S). Ампулы выдерживались в горизонтальных печах при желаемой температуре в течение месяца, после чего либо охлаждались в печи, либо закаливались в холодной воде. Анализ образцов выполнялся на рентгеноспектральном микроанализаторе JXA-8200. Установлено, что при распаде золотосодержащего промежуточного твёрдого раствора и борнита золото обогащает фазу, содержащую больше меди (борнит) по отношению к более железистой фазе (халькопирит). При этом золото выделяется как в виде металла (медистого золота), так и в виде соединения состава CuAuS. Характер выделений этой фазы также разный, от мелких гомогенных зёрен до структур распада, что, вероятно, связано с режимом закалки опытов и отражает фазовые переходы в системе Cu–Au–S при изменении температуры.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОБАРНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ  
ЛАРНИТ-НОРМАТИВНЫХ КИМБЕРЛИТОПОДОБНЫХ РАСПЛАВОВ

**Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF HIGH-PRESSURE DIFFERENTIATION OF LARNITE-  
NORMATIVE KIMBERLITE MELTS

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

kogarko@geokhi.ru

В процессах кристаллизационной дифференциации высококальциевых недосыщенных кремнеземом расплавов при понижении температуры отмечается закономерное падение концентраций магния, кальция и заметное увеличение содержаний натрия, калия, алюминия, титана и железа. Порядок кристаллизации минеральных фаз следующий: 1275 – расплав, 1250 – расплав + мелилит + оливин, 1175 – расплав + мелилит + оливин + перовскит, 1050 – расплав + мелилит + оливин + перовскит + клинопироксен. При более высоких давлениях значительно расширяется поле кристаллизации клинопироксена. Порядок кристаллизации минеральных фаз при 5–10 кбар следующий: 1260 – расплав, 1240 – мелилит + оливин, 1150 – мелилит + оливин + клинопироксен. При повышенных давлениях перовскит не кристаллизовался практически до солидуса. В процессе кристаллизации мелилитового нефелинита при повышенных давлениях также падает концентрации магния и кальция в основном за счет кристаллизации оливина и мелилита, возрастают содержания натрия, калия и алюминия. В процессе кристаллизации мелилитового нефелинита отмечается некоторое возрастание коэффициента агпаитности, от (0.64 до 0.68) причем при более высоких давлениях это возрастание более существенно (от 0.75 до 0.85), по-видимому, за счет кристаллизации клинопироксенов, обогащенных алюминием.

С ростом давления (свыше 20 кбар) мелилит становится неустойчивой фазой и вместо него появляется мервенит  $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$  в результате реакции  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + \text{Ca}_4\text{Si}_3\text{O}_{10} = \text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2 + \text{CaMgSiO}_3$ . Состав мервенита приведен в таблице 1.

Таблица 1. Состав мервенита  $T = 1300$  °C,  $P = 25$  кбар

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Сумма
36.17	0.35	1.15	4.36	10.51	47.45	99.99

Таким образом, высокобарная дифференциация магматических высококальциевых расплавов будет приводить к очень быстрому обеднению остаточных жидкостей кальцием и накоплению кремнезема. С повышением давления мервенит исчезает и заменяется на ассоциацию гранат–клинопироксен.

КОЭФФИЦИЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЗЭ В МОНАЦИТ-ФЛЮОРИТ-АПАТИТОВОЙ АССОЦИАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ HF И *T-P-X* ПАРАМЕТРОВ ФЛЮИДОВ (ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

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

THE DEPENDENT OF REE DISTRIBUTION COEFFICIENT IN MONAZITE-FLUORITE-APATITE ASSOCIATION ON HF CONCENTRATION AND *T-P-X* PARAMETERS OF FLUIDS (THERMODYNAMIC MODELING)

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

kolonin@igm.nsc.ru shiron@igm.nsc.ru, факс: (383) 333 2792, тел.: (383) 3333 30 26

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

Проведено термодинамическое моделирование распределения РЗЭ между монацитом, флюоритом и апатитом в интервале температур 500–200°C, давлений 2000–250 бар и концентраций HF 0.1–0.002*m* с помощью программного комплекса HCh (Шваров, 1999). Воздействию близонейтральных карбонатно-хлоридно-фторидных растворов подвергался монацит в присутствии кальцита. В рамках разрабатываемой модели идеальных твердых растворов оценены возможные коэффициенты распределения рассмотренных лантанидов (от La до Gd) и иттрия между РЗЭ-фторапатитом, РЗЭ-флюоритом и монацитом. Установлено постоянство коэффициентов распределения всех лантанидов от La до Gd между флюоритом и монацитом независимо от концентрации фтора в системе и pH флюида. Коэффициенты распределения всех РЗЭ (кроме Ce) в парах монацит/апатит и флюорит/апатит оказываются не зависимыми от исходной концентрации HF только в интервале 0.1–0.04*m*. Практически постоянным и зависящим только от температуры остается коэффициент распределения Ce, составляющий для пары монацит/апатит примерно  $7 \cdot 10^4$ ,  $5 \cdot 10^3$  и  $5 \cdot 10^2$  при 500, 400 и 300°C соответственно, а для пары флюорит/апатит – примерно 1800, 50 и 1 соответственно. Предполагается, что коэффициент распределения Ce может служить показателем температуры образования этой минеральной ассоциации.

ВЫСОКОТОЧНЫЙ СУЛЬФИДНЫЙ ТЕРМОБАРОМЕТР: НОВЫЙ ПОДХОД К  
ОБРАБОТКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

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

HIGH-ACCURACY SULFIDE THERMOBAROMETER: A NEW APPROACH TO THE  
HANDLING OF EXPERIMENTAL DATA

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

ekoptev@geol.msu.ru, тел.:8(495) 939 4962

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

1. Показано, что расчёт растворимости FeS на основе предложенной Полсоном и Омото (*Poulson, Ohmoto, 1990*) реакции для низкожелезистых расплавов  $FeS_{(сил)} = FeS_{(сульф)}$ , подходит к широкому диапазону составов базитовых систем, температур и давлений, независимо от содержаний FeO.
2. Проведенная обработка большой выборки экспериментальных данных (204 опыта) методом многомерной статистики позволила получить уравнение сульфидного термобарометра, с высокой точностью описывающее растворимость S в силикатных расплавах, насыщенных сульфидной фазой. Предложенный термобарометр является сегодня единственным, гарантирующим точность  $\pm 10$  относительных процентов от содержаний серы, а не от логарифмов содержаний в диапазоне концентраций 0.1–0.7 мол.%.  
3. Все уже предложенные и разрабатываемые уравнения сульфидных термобарометров следует калибровать не в логарифмическом, а в экспоненциальном виде. В качестве критерия точности построений правильнее использовать не интуитивный коридор  $\pm 10$  относительных процентов от величины исследуемого параметра, а значение доверительного интервала на заданном уровне значимости.
4. Расчёты насыщенной концентрации серы по результатам численного моделирования процесса формирования Ципрингского и Киваккского расслоенных интрузивов удовлетворительно предсказали уровень появления кумулятивной сульфидной фазы в интрузивных камерах.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАСТВОРИМОСТЬ ПИРОХЛОРА  
ВО ФТОРИДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ  $T = 300\text{--}550^\circ\text{C}$  и  $P = 500\text{--}1000$  БАР

**Коржинская В.С. (ИЭМ РАН)**

EFFECT OF PHYSICO-CHEMICAL CONDITIONS ON PYROCHLOR SOLUBILITY IN  
FLUORIDE SOLUTIONS AT  $T = 300\text{--}550^\circ\text{C}$  AND  $P = 500\text{--}1000$  BAR

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

vkor@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 522 5861

Грант РФФИ 10-05-00292

Продолжены экспериментальные исследования по изучению растворимости природного пирохлора  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$  в растворах HF и KF. Получена температурная зависимость растворимости пирохлора для температур  $300^\circ$ ,  $400^\circ$ ,  $500^\circ$  и  $550^\circ\text{C}$  при давлениях 500 и 1000 бар и фугитивности кислорода, соответствующей буферам Ni–NiO и Co–CoO. 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. Концентрация растворов HF и KF варьировала в пределах 0.01 – 2m. Длительность опытов составляла 15–20 суток.

Обнаружено, что пирохлор при всех изученных условиях имеет слабо выраженную температурную зависимость в HF и четкую положительную – в KF растворах. Зависимость растворимости минерала от концентраций HF и KF сильная, положительная. Влияние окислительно-восстановительных условий в пределах буферов Ni–NiO и Co–CoO практически не заметно. Установлено, что зависимость растворимости пирохлора от давления в растворах HF и KF положительная. При  $P = 1000$  бар содержание ниобия в равновесном растворе после опыта оказывается на полпорядка выше, чем при давлении 500 бар в области высоких концентраций фторидов (1 и 2m). В области низких концентраций HF и KF (0.01–0.5 m) влияния давления не наблюдается.

Сделан вывод, что отложению ниобия благоприятствует уменьшение концентрации фтора. Роль температуры, давления и окислительно-восстановительных условий для этого типа месторождений второстепенна.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО  
ТРАНСПОРТА НИОБИЯ ФТОРИДНЫМИ РАСТВОРАМИ

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

EXPERIMENTAL MODELING OF POSSIBILITY OF HYDROTHERMAL TRANSFERRING  
NIOBIUM BY FLUORIDE

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

vkor@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 522 5861

kotova@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 522 5861

Гранты РФФИ – 10-05-00292; 11-05-01185

Изучена концентрационная зависимость растворимости природных минералов колумбита, пирохлора и оксида  $Nb_2O_5$  в растворах HF и KF в широком диапазоне концентраций 0.01–2 m при  $T = 550^\circ C$ ,  $P = 1000$  бар при низкой фугитивности кислорода (буфер Co–CoO). Проведенные эксперименты показали, что во всем изученном диапазоне концентраций HF и KF колумбит, пирохлор и оксид Nb растворяются инконгруэнтно с образованием новых фаз. Установлено, что в растворах HF и KF наблюдается положительная концентрационная зависимость растворимости ниобия как для природных минералов колумбита, пирохлора, так и для  $Nb_2O_5$ . В области низких концентраций HF (0.01m) содержание ниобия максимально для  $Nb_2O_5$  и составляет  $n \cdot 10^{-4} m$ ; для пирохлора оно составляет  $n \cdot 10^{-6} m$ , а для колумбита –  $n \cdot 10^{-7} m$ . В области высоких концентраций HF (1.0m и выше) содержание ниобия возрастает, достигая  $n \cdot 10^{-0.5} m$  для  $Nb_2O_5$  и пирохлора и  $n \cdot 10^{-2} m$  – для колумбита. Аналогичная картина наблюдается в растворах KF. В области низких концентраций KF (0.01m) содержание ниобия максимально для  $Nb_2O_5$  и составляет  $n \cdot 10^{-3.5} m$ ; для пирохлора оно составляет  $n \cdot 10^{-6} m$ , а для колумбита –  $n \cdot 10^{-7.5} m$ . В области высоких концентраций KF содержание ниобия максимально для  $Nb_2O_5$  ( $n \cdot 10^{-2} m$ ), а для пирохлора и колумбита оно имеет сходные величины и составляет  $n \cdot 10^{-3.5} m$ . Полученные данные подтверждают тезис о том, что растворимость простых оксидов ( $Ta_2O_5$  и  $Nb_2O_5$ ) ограничивает верхний предел концентрации этих элементов в гидротермальных растворах.

**ЕСЭМПГ2012...063**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ  
ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ТИТАНОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМ

**Кориневская Г.Г. (ИМ УРО РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF MODELLING FOUR-COMPONENTAL TITANOSILICATE  
SYSTEMS

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

galkor@yandex.ru, факс: (3515) 57 02 86, тел.: (3515) 57 04 08

В настоящее время понимание строения силикатных расплавов и стекол необходимо для оптимизации технологических процессов и направленного синтеза силикатных материалов с заданными свойствами (*Быков, 2001*). В частности, титаносиликатные системы представляют существенный интерес для технологического применения, например, волоконная оптика, керамика и т.д.

Проведены экспериментальные исследования влияния диоксида титана на структуру четырехкомпонентных титаносиликатных систем. Выявлены основные закономерности структурных изменений на модельных системах состава  $K_2O-Li_2O-SiO_2-TiO_2$ ,  $K_2O-Na_2O-SiO_2-TiO_2$  методом спектроскопии комбинационного рассеяния. Установлено, что при взаимодействии оксидов щелочных металлов ( $Li_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ) с  $SiO_2$  и  $TiO_2$  происходит деполимеризация трехмерной сетки диоксида кремния с образованием структурных единиц  $Q^2$ ,  $Q^3$  и титансодержащих структурных единиц. Также определены тенденции перераспределения структурных единиц ( $Q^n$ ) и титансодержащих структурных единиц в зависимости от температуры и состава.

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ  $R = \text{Na}_2\text{O}/\text{B}_2\text{O}_3$  НА СТРУКТУРУ СТЕКОЛ СИСТЕМЫ  $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$

**Королева О.Н. (ИМ УрО РАН)**

THE EFFECT OF  $R = \text{Na}_2\text{O}/\text{B}_2\text{O}_3$  ON A STRUCTURE OF  $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  GLASSES

**Koroleva O.N. (IM UrB RAS)**

koroleva@mineralogy.ru, факс: (3513) 570 404, тел.: (3513) 570 408

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых (МК-109.2011.5), молодежного гранта УрО РАН №10-50-НП-342*

В настоящее время выполнено большое количество исследований оксидных расплавов и стекол бинарных систем (силикатных, боратных, германатных), в том числе и методом спектроскопии комбинационного рассеяния. Вместе с тем большой интерес представляет изучение многокомпонентных оксидных расплавов и стекол, среди которых можно выделить системы с двумя катионами – стеклообразователями, каждый из которых может формировать свои собственные анионные группировки. Особенности строения этих группировок определяются ”конкуренцией” катионов-стеклообразователей, которые стремятся создать вокруг себя энергетически наиболее выгодное окружение из атомов кислорода. Боросиликатные стекла имеют большое прикладное значение как матрица для иммобилизации радиоактивных отходов, и ее эффективность в значительной степени определяется координационным и структурным положением бора.

Натриево-боросиликатные стекла, соотношение  $R = \text{Na}_2\text{O}/\text{B}_2\text{O}_3$  для которых изменялось от 0.31 до 1, изучались методами ИК-спектроскопии и комбинационного рассеяния. Зависимость структуры от состава боросиликатных стекол была изучена также для разреза с постоянным значением  $R = 1$ . Были определены основные боратные и силикатные группировки, присутствующие в системе, и особенности изменения структуры стекол в зависимости от состава.

СОПОСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЛИТИЕВО- И НАТРИЕВОСИЛИКАТНЫХ  
РАСПЛАВОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ

**Королева О.Н. (ИМ УрО РАН)**

COMPARISON OF LITHIUM- AND SODIUM SILICATE MELT STRUCTURE DEPENDING  
ON COMPOSITION AND TEMPERATURE

**Koroleva O.N. (IM UrB RAS)**

koroleva@mineralogy.ru, факс: (3513) 570 404, тел.: (3513) 570 408

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для  
поддержки молодых российских ученых (МК-109.2011.5), молодежного гранта УрО РАН  
№10-50-НП-342 и гранта интеграционных проектов УрО-СО РАН № 12-С-5-1025*

Исследование структуры силикатных расплавов играет важную роль в изучении магматических процессов. Состав и степень полимеризации расплава определяют его структуру и свойства. Локальная структура силикатного расплава может быть представлена в терминах кремнекислородных тетраэдров, так называемых  $Q^n$ -единиц (где  $n$  – число мостиковых атомов кислорода). Тогда зависимость структуры расплава может быть определена как зависимость  $Q^n$  – распределения от типа и содержания катиона-модификатора. Щелочно-силикатные системы являются удобными моделями для экспериментальных исследований из-за достаточно низких температур плавления. Натрий содержащая система досконально изучена в обширной области составов от дисиликата до ортосиликата натрия. В отличие от неё, литиево-силикатная система не была исследована в такой широкой области составов, несмотря на то, что она обладает уникальной структурой. В данной работе рассматриваются результаты колебательной спектроскопии расплавов двух серий составов. Образцы составов  $xLi_2O \cdot (100-x)SiO_2$ , где  $x = 33, 40, 50, 55, 60$  мол.% и  $xNa_2O \cdot (100-x)SiO_2$ , где  $x = 33, 40$  и  $50, 55, 60$  и  $67$  мол.% были синтезированы из карбонатов лития (натрия) и аморфного  $SiO_2$ . Зависимость структуры расплава от состава и температуры исследовалась методом высокотемпературной спектроскопии комбинационного рассеяния при температурах до 1462 К. Для получения количественной информации о степени полимеризации расплавов высокочастотная область спектров КР была представлена в виде суперпозиции линий гауссовской формы. Процедура была проведена с учетом второй координационной области атомов кремния, что позволило получить  $Q^n$  – распределение в зависимости от типа и содержания катиона-модификатора, а также от температуры расплава во всем изучаемом диапазоне.

ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ АРГОНА В РЕГОЛИТОВОЙ БРЕКЦИИ DHO FAR 018

**Корочанцева Е.В., Буйкин А.И., Лоренц К.А., Корочанцев А.В. (ГЕОХИ РАН), Трилофф М. (Хайдельбергский ун-т, Германия)**

ARGON ISOTOPE GEOCHEMISTRY IN GAS-RICH REGOLITH BRECCIA DHO FAR 018

**Korochantseva E.V., Buikin A.I., Lorenz C.A.,**

**Korochantsev A.V. (ГЕОХИ РАН), Trieloff M. (Inst. Geosci., Heidelberg Univ.)**

[kpv-life@mail.ru](mailto:kpv-life@mail.ru), факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8 (495) 939 7071

Исследованы мономинеральные образцы и валовая проба говардита Dhofar 018  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  методом датирования. Валовая проба Dhofar 018 содержит самые высокие концентрации  $^{36}\text{Ar}$  и  $^{38}\text{Ar}$  по сравнению с ранее исследованными говардитами. Отношения  $^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$  во фракциях обычно  $>5$ , а максимальное значение  $^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar} = 5.35 \pm 0.04$  ( $760^\circ\text{C}$ ), что подразумевает еще более высокую величину отношения  $^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$  для состава конечного члена захваченного аргона, т.к. этот метеорит имеет продолжительную историю облучения и  $^{37}\text{Ar}$ , образованный на ядрах Са, выделяется при этой температуре. Очевидно, что эта брекчия, как и другие говардиты, содержит аргон, имплантированный солнечным ветром. Радиационный возраст Dhofar 018 (валовая проба) сильно зависит от используемого при расчете состава аргона солнечного ветра. Если солнечный ветер имеет отношение  $^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$  равное 5.8 (Palma et al., 2002), то радиационный возраст валовой пробы составит  $\sim 100$  млн. лет, если 5.35, то радиационный возраст будет  $\sim 31$  млн. лет. Между тем, наши данные указывают, что Dhofar 018 имеет сложную историю облучения: радиационный возраст крупных зерен плагиоклаза не превышает  $\sim 13$  млн. лет, независимо от отношения  $(^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar})_{\text{захв.}}$  благодаря высокой пропорции  $^{38}\text{Ar}_{\text{косм.}}$  ( $\sim 90\%$ ). Отсюда можно сделать вывод, что порода долгое время находилась на поверхности родительского тела, накапливая космогенные газы и газы солнечного ветра, и в это время происходило внедрение материала ударников, состав которых в этом метеорите сильно варьирует.

Крупнозернистый плагиоклаз содержит пренебрежительно малое количество солнечного аргона, поэтому изохронный анализ был удачно применен и показал, что этот мономинеральный образец содержит захваченный аргон с отношением  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} \sim 400$  (для температурных ступеней  $>660^\circ\text{C}$ ). Скорректированный на этот захваченный внеземной компонент возрастной спектр дает частичное плато с возрастом 2.3 млрд. лет, указывая на относительно недавнее ударное событие. С другой стороны, образец валовой пробы показывает две частичные изохроны ( $>790^\circ\text{C}$ ) с низкими отношениями  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  (между 1 и 2, что гораздо ближе к значению для солнечного аргона), и кажущийся возраст  $\sim 3$  млрд. лет. Полученные данные подчеркивают сложную ударную и радиационную историю метеорита.

СИНТЕЗ ФОСФОР- И МЫШЬЯК- СОДЕРЖАЩИХ ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ

**Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Ананьев В.В (ИВ ДВО РАН), Сук Н.И., Ахмеджанова Г.М. (ИЭМ РАН)**

SYNTHESIS OF PHOSPHORUS- AND ARSENIC-BEARING FELDSPARS

**Kotelnikov A.R. (IEM RAS), Ananiev V.V. (IV FED RAS), Suk N.I., Akhmedjanova G.M. (IEM RAS)**

kotelnik@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 524 4425

Находки фосфор- и мышьяк-содержащих полевых шпатов в природных комплексах описаны в литературе (*London e.a., 1990; Vergasova e.a., 2004*). Синтез фосфор-содержащих полевых шпатов описан в работах (*Simpson, 1977; Бычков и др., 1989*). В нашей работе проведен синтез фосфор- и мышьяк-содержащих натриевых полевых шпатов в гидротермальных условиях при  $T = 600$  °C,  $P = 1.5$  кбар. Исходными смесями служили смеси солей и гелей:  $\text{NaPO}_3 + \text{Al}_2\text{SiO}_5$ ;  $\text{Na}_3\text{AsO}_4$  (или  $\text{NaOH} + \text{As}_2\text{O}_5$ ) +  $\text{Al}_2\text{SiO}_5 + \text{SiO}_2$ . Анализ синтезированных фаз выполняли методами микрозондового и рентгеновского анализа. Показано, что синтезированные фазы по составу и рентгеновским свойствам могут быть отнесены к полевым шпатам. 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 P- и As- содержащих полевошпатовых фаз. Рассчитаны зависимости параметров элементарных ячеек полевых шпатов от среднего размера тетраэдрических катионов.

**ЕСЭМПГ2012...068**

УСТОЙЧИВОСТЬ МАТРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ГИДРОЛИТИЧЕСКОМУ  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЮ

**Котельников А.Р., Ахмеджанова Г.М., Суворова В.А. (ИЭМ РАН), Мартынов К.В. (ИФХ  
РАН), Ковальский А.М. (ИЭМ РАН)**

MATRIX MATERIALS LEACHING STABILITY

**Kotelnikov A.R., Akhmedjanova G.M., Suvorova V.A. (IEM RAS), Martynov K.V. (IPC  
RAS), Kovalsky A.M. (IEM RAS)**

kotelnik@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 524 4425

По методике теста МСС-1 проведено исследование гидролитической устойчивости ряда природных минералов – потенциальных матриц для иммобилизации РАО. Показана их высокая устойчивость. Различными методами (пиросинтезом, горячим прессованием, сорбцией и фазовой трансформацией и др.) синтезированы минеральные матрицы для фиксации различных элементов радионуклидов. Проведены испытания синтетических минеральных матриц на стойкость к гидролитическому выщелачиванию (при 90°C). Показана высокая стойкость матричных материалов.

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ Mg и Fe МЕЖДУ ТРОЙНЫМИ ТВЕРДЫМИ  
РАСТВОРАМИ КЛИНОПИРОКСЕНА И БИОТИТОМ

**Котельников А.Р., Ковальский А.М., Сук Н.И. (ИЭМ РАН)**

THE STUDY OF Mg AND Fe DISTRIBUTION BETWEEN TERNARY SOLID SOLUTIONS OF  
CLINOPYROXENES AND BIOITE

**Kotelnikov A.R., Kovalsky A.M., Suk N.I. (IEM RAS)**

kotelnik@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 524 4425

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 10-05-00570*

Для построения минерального термометра с использованием ассоциации  $CPx + Vi$  необходимы данные по распределению магния и железа между этими минералами. Это равновесие было экспериментально изучено (Ковальский и др., 2008, 2009). Целью нашей работы было изучение влияния вхождения эгиринового минала на свойства твердого раствора клинопироксенов и распределения магния и железа в паре  $Vi-CPx$ . Катионообменные опыты проводили при 650, 750°C и 1.5 кбар. Потенциал кислорода соответствовал равновесию  $IW$  (Граменицкий и др., 2000). Длительность опытов составляла 45 суток. В качестве стартовых материалов использовали синтетические твердые растворы тройных клинопироксенов и синтезированные при 650°C и 1.5 кбар флогопит и аннит. В результате получены изотермы распределения Mg и Fe между  $CPx$  и  $Vi$ . Показано неидеальное распределение магния и железа в системе биотит–клинопироксен. На основе данных изотерм рассчитаны энергетические параметры несимметричной модели Маргулеса для описания избыточной энергии смешения твердых растворов клинопироксенов (система  $Aeg-Di-Hed$ ; мольная доля эгирина  $0.2 \pm 0.04$ ) и выведено уравнение для оценок температур по распределению Mg и Fe между сосуществующими биотитами и клинопироксенами.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ГЕОТЕРМОМЕТРЫ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ  
ПАРАГЕНЕЗИСОВ

**Котельников А.Р., Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН), Щекина Т.И. (геол. ф-т МГУ), Калинин Г.М. (ИЭМ РАН)**

MINERAL GEOTHERMOMETERS FOR LOW TEMPERATURE PARAGENESIS

**Kotelnikov A.R., Suk N.I. (IEM RAS), Kotelnikova Z.A. (IGEM RAS), Tschekina T.I. (geol. dep. MSU), Kalinin G.M. (IEM RAS)**

kotelnik@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 524 4425

В гидротермальных условиях при температуре 200–250°C  $P = 0.5$  кбар проведена экспериментальная калибровка хлоритового геотермометра (Cathelineau & Neiva, 1985), основанного на распределении алюминия между октаэдрической и тетраэдрическими позициями структуры. Показана хорошая сходимость наших опытных данных с результатами (Cathelineau & Neiva, 1985). При температурах 200–350°C,  $P = 0.5$  кбар проведены исследования структурного упорядочения альбита и выведена зависимость для оценки температур по параметру  $\Delta 131$ . С использованием хлоритового и альбитового геотермометров, а также ряда других, основанных на распределении главных и малых элементов между сосуществующими минералами, и методов изучения флюидных включений определены температуры минералогенеза палеовулканитов Западной Сибири.

## ЕСЭМПГ2012...071

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-СОДЕРЖАЩИЕ ФЛЮИДЫ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИ 700°C И P=1000, 2000 и 3000 БАР МЕТОДОМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ

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

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-BEARING FLUIDS: EXPERIMENTAL STUDY AT 700°C AND UNDER 1, 2, AND 3 KBAR PRESSURE USING SYNTHETIC FLUID INCLUSIONS IN QUARTZ

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

kotelnik@igem.ru, факс: 8(495) 951 1587, тел.: 8(499) 230 8217

Из одномолярного раствора Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> методом залечивания трещин синтезированы флюидные включения в кварце. Изучение их показало, что в условиях опытов флюид находился в гетерогенном состоянии и не был инертен относительно кварца и альбита. Часть включений содержала стеклоподобную фазу, из которой при нагревании выделялась жидкость. В некоторых включениях при нагревании происходило расслоение жидкости.

Сравнение изученных особенностей флюида со свойствами аналогичных систем, в которых соль представлена сульфатом или фторидом натрия показало, что у этих систем есть много сходного. Водно-солевой флюид не оставался инертным относительно кварца, а во включениях, захваченных в верхней гетерогенной области, повторной гетерогенизации подвергались растворы различной концентрации, в том числе и пересыщенные.

Полученные экспериментальные данные позволяют предположить широкое развитие процессов флюидной несмесимости в природе в интервале температур и давлений, отвечающем условиям: начиная от отделения флюида от магмы вплоть до гидротермального процесса, при этом возможно многостадийное протекание гетерогенизации флюида.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ РАСТВОРИМОСТИ ОКСИДА НИОБИЯ ВО ФТОРИДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ  $T=550^{\circ}\text{C}$ ,  $P=1000$  БАР И НИЗКОЙ ФУГИТИВНОСТИ КИСЛОРОДА (БУФЕР  $\text{Co}-\text{CoO}$ )

**Котова Н.П. (ИЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF CONCENTRATION DEPENDENCE OF NIOBIUM OXIDE SOLUBILITY IN FLUORIDE SOLUTIONS AT  $T=550^{\circ}\text{C}$ ,  $P=500$  BAR AND LOW OXYGEN FUGACITY ( $\text{Co}-\text{CoO}$  BUFFER)

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

kotova@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 524 4425

*Финансовая поддержка: грант РФФИ № 11-05-01185-а и программа ОНЗ РАН №2*

Проведено экспериментальное исследование концентрационной зависимости растворимости оксида ниобия ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) в водных растворах HF и KF в широком диапазоне концентраций (0.01–2 м) при  $T = 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  бар и низкой фугитивности кислорода (буфер  $\text{Co}-\text{CoO}$ ). Установлено, что при низких концентрациях  $\text{F}^-$ -иона (0.01; 0.1 м) концентрационная зависимость растворимости оксида ниобия в изученных фторидных растворах (HF и KF) имеет сходные величины и носит ярко выраженный положительный характер. В области высоких концентраций фторидов (1.0 м и 2.0 м растворы) наиболее высокие значения имеют концентрации ниобия в растворах HF (до  $10^{-0.5}$  м). Немного ниже растворимость  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  в растворах KF (до  $10^{-1.5}$  м в растворе 2.0 м KF). Во всех исследуемых фторидных растворах оксид ниобия растворяется инконгруэнтно. В твердых продуктах опытов обнаружены различные новообразованные фазы. Результаты экспериментов показали, что при низких концентрациях фторидов (менее  $10^{-2}$  м) растворимость ниобия находится на уровне  $10^{-4}$ – $10^{-3.5}$  м. С повышением концентрации фтора растворимость  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  сильно возрастает и при концентрации фторидов 1.0 м и выше достигает значительных величин ( $10^{-2}$ – $10^{-1.5}$  м), вполне достаточных для реального массопереноса ниобия гидротермальными растворами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ  
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ СУЛЬФИДОВ МЕДИ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ  
«НЕВИДИМОГО» ЗОЛОТА

**Кох М.А., Тагиров Б.Р., Ковальчук Е.В. (ИГЕМ РАН)**

FORMATION OF GOLD-BEARING SULFIDES OF COPPER IN CONNECTION WITH A  
PROBLEM OF «INVISIBLE GOLD»: EXPERIMENTAL STUDY

**Kokh M.A., Tagirov B.R., Kovalchuk E.V. (IGEM RAS)**

kokhmaria@mail.ru факс: 8(495) 951 1587, тел.: 8(499) 230 8231

*Работа выполняется при поддержке РФФИ (грант 10-05-00495)*

Целью работы является определение форм нахождения золота в сульфидах меди (ковеллине,  $\text{CuS}$ , и халькозине,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ). Выполнена серия опытов по гидротермальному синтезу этих минералов путём взаимодействия металлической меди и  $\text{Cu}_2\text{S}$  с растворами  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4$  ( $m(\text{H}_2\text{S}) = 0.5 - 2.5$  и  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1$  моль/ кг  $\text{H}_2\text{O}$ ). Опыты выполнялись с использованием автоклавов из титанового сплава ВТ-8 при  $450^\circ\text{C}$ , 1 кбар в системе, насыщенной по  $\text{Au}_{\text{кр}}$ . Металлическая медь или халькозин помещались в открытом контейнере, на котором закреплялась золотая пластина. Летучесть серы и сероводорода задавались добавлением определённых количеств воды, растворов серной кислоты и навесок сульфида алюминия. Длительность опытов составляла 2-3 недели. В настоящее время выполняется определение содержаний золота, которое при параметрах эксперимента находилось в водном флюиде и сульфидах меди. Анализы выполняются методами атомно-адсорбционной спектроскопии (для растворённого золота), а для твёрдых фаз - на аналитическом сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-5610LV (Япония) с рентгеновским энергодисперсионным спектрометром INCA-450 и на микрозонде JXA - 8200. Предварительные опыты показали, что содержание золота в ковеллине увеличивается по мере роста летучести серы. В ходе настоящей работы характер этой зависимости будет уточнён и распространён на область устойчивости халькозина (меньшие значения летучести серы).

**РОЛЬ ПРИРОДНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ТРАНСПОРТЕ ПЛАТИНЫ И ПАЛЛАДИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМИ КОЛЛОИДАМИ**

**Кошечева И.Я., Тютюнник О.А., Чхетия Д.Н., Кригман Л.В., Кубракова И.В. (ГЕОХИ РАН)**

**THE ROLE OF NATURAL ORGANIC MATTER IN TRANSPORT PLATINUM AND PALLADIUM ORGANIC COLLOIDS**

**Koshcheeva I.Ja., Tyutyunnik O.A., Chkhetija D.N., Krigman L.V., Kubrakova I.V. (GEOKHI RAS)**

kubrakova@geokhi.ru, NMLab@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 8397

С целью изучения миграционного поведения платины и палладия в природных условиях расширены исследования сорбционных свойств основных компонентов природных геохимических барьеров и взвешенного вещества вод по отношению к этим элементам. В модельных экспериментах изучена сорбция растворенных форм платины и палладия (хлоридных, гидроксохлоридных и гидроксофульватных) гуминовыми кислотами (ГК), оксигидроксидом железа (III), органоминеральным осадком на его основе (оксигидроксидом, модифицированном фульвокислотами (ФК)), и алюмосиликатами (глинистом сланце и клиноптилолите) в условиях, характерных для поверхностных пресных вод (рН 3.5–9.0). Установлено, что наибольшей сорбционной способностью обладают аморфный оксигидроксид железа (III) и оксигидроксид, модифицированный ФК, однако платина накапливается в фазе осадка, а палладий взаимодействует преимущественно с растворенным и осадочным органическим веществом.

Результаты, полученные с использованием индивидуальных сорбционных фаз, а также данные проведенных термодинамических расчетов, подтверждены результатами эксперимента по распределению растворенных форм платины и палладия между раствором и взвешенным веществом реальных образцов высокоцветной (50 мг/л ФК, рН 6.7) речной воды. Весь введенный палладий обнаружен в фазе раствора, а платина на 60% – в фазе взвеси, представляющей собой глинистое вещество с примесью гумуса и оксида железа (III). Таким образом, можно полагать, что соотношение вклада процессов переноса и накопления металлов платиновой группы в природных средах определяется природной металла (различия в поведении платины и палладия весьма существенны), присутствием оксигидроксидов железа в составе взвешенного и осадочного вещества, а также содержанием в системе растворенных и осадочных гуминовых веществ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ФАЗ В ОБЛАСТИ  
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ХАЛЬКОПИРИТОВОГО ТВЕРДОГО РАСТВОРА

**Кравченко Т.А., Ненашева С.Н. (ИГМ СО РАН, Минмузей РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PHASE compositions IN THE FIELD OF the  
CHALKOPYRITE SOLID SOLUTION CRYSTALLIZATION

**Kravchenko T.A., Nenasheva S.N. (GM SB RAS, Mineral Museum RAS)**

tanyuk@igm.nsc.ru, факс: (383) 333 2792, тел: 8(913)738 9488

Изучены составы продуктов кристаллизации расплавов в центральной части системы Cu–Fe–S: 45 – 50 ат.% S, Cu/Fe = 1.44 – 0.25. Для тетрагонального халькопирита  $\text{CuFeS}_2$ , изокубанита  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  (кубического fcc кубанита) и хейкокита  $\text{Cu}_4\text{Fe}_5\text{S}_8$  (кубической pc фазы) установлены содержания металлов, значительно отличающиеся от соответствующих стехиометрических соотношений. Из расплавов, содержащих 50 ат.% серы, кристаллизуется обогащенный железом халькопирит ( $1.05 \geq \text{Cu/Fe} \geq 0.67$ ) + обогащенный медью изокубанит ( $0.67 \geq \text{Cu/Fe} \geq 0.5$ ), стехиометрический изокубанит (Cu/Fe = 0.5) + моихукит  $\text{Cu}_9\text{Fe}_9\text{S}_{16}$  и обогащенный железом изокубанит ( $0.5 \geq \text{Cu/Fe} \geq 0.39$ ) + пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ . При уменьшении содержания серы происходит смена состава фазовых ассоциаций: изокубанит + халькопирит → изокубанит + талнахит  $\text{Cu}_9\text{Fe}_8\text{S}_{16}$ , изокубанит + моихукит + борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ; изокубанит + пирротин → хейкоцит + пирротин → хейкоцит + пирротин + борнит. Интервал составов хейкокита с Cu/Fe = 0.66–0.92 включает составы, соответствующие равновесию моихукит – хейкоцит: 47 ат.% S,  $1 > \text{Cu/Fe} > 0.8$ . Если изокубанит с талнахитом кристаллизуются раньше, чем изокубанит с халькопиритом, то происходит уменьшение области кристаллизации халькопирита, и в области кубанит + талнахит + моихукит кристаллизуется неравновесный кубический pc халькопирит.

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ОТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ Ag–Pd–Se ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 623–800К И ДАВЛЕНИИ 1 АТМ

**Криставчук А.В. (Ун-т «Дубна», ИЭМ РАН), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН), Вымазалова А., Лауфек Ф., Драбек М. (Чешская геол.служба)**

THE STUDY OF THE PHASE RELATIONS IN THE Ag–Pd–Se SYSTEM AT TEMPERATURE 623–800K AND PREASSURE 1 ATM

**Kristavchuk A.V. (Univ.Dubna, IEM RAS), Chareev D.A. (IEM RAS), Vymazalova A., Laufek F., M. Drabek (Czech Geological Survey)**

alex-rodni@yandex.ru

*Настоящее исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации молодым российским ученым*

Изучение системы проводилось методом сухого синтеза (Kullerud G., 1971) в вакуумированных ампулах из кварцевого стекла при температуре 623, 700 и 800К. Все синтезированные вещества и ассоциации исследовались методом рентгеновской порошковой дифрактометрии, а также методом рентгеноспектрального микроанализа.

В результате построено три изотермических сечения и найдено три новых тройных соединения:  $\text{Ag}_2\text{Pd}_2\text{Se}$ ,  $\text{AgPd}_3\text{Se}$  и  $\text{Ag}_6\text{Pd}_{74}\text{Se}_{20}$ . Два из них,  $\text{Ag}_2\text{Pd}_2\text{Se}$  и  $\text{AgPd}_3\text{Se}$ , устойчивы во всем исследуемом интервале температур (623–800К). Соединение  $\text{Ag}_6\text{Pd}_{74}\text{Se}_{20}$  устойчиво при температуре выше 700 К.

Также была подтверждена фазовая диаграмма системы Pd-Se (Okamoto H., 1992). Изучена растворимость третьего компонента в бинарных фазах. Показано, что селениды палладия  $\text{Pd}_{17}\text{Se}_{15}$  и  $\text{Pd}_9\text{Se}_2$  растворяют в себе до 6 ат.% серебра.

Установлено, что соединение  $\text{Ag}_2\text{Pd}_3\text{Se}_4$ , минерал кристанлеит (W.H. Paar и др., 1998), устойчиво при температурах ниже 700 К, а выше распадается на  $\text{Ag}_2\text{Se}$ ,  $\text{PdSe}_2$  и  $\text{Pd}_{17}\text{Se}_{15}$ , который растворяет в себе до 5% Ag.

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЛУНЫ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

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

TERMAL STATE OF THE MOON AND GEOCHEMICAL EVIDENCE

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

va\_kronrod@mail.ru

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

Сведения о тепловом режиме Луны крайне важны, в первую очередь для оценки концентраций радиогенных элементов в ее недрах. В настоящей работе по расчетным температурным данным определяются теплопроизводительность недр Луны, тепловые потоки в мантии Луны и на поверхности, а также с помощью известных геохимических зависимостей оценивается валовый состав Th, U, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Рассматривается модель лунного океана. Стационарная тепловая модель Луны состоит из трех сферических оболочек: коры и двухслойной мантии (верхней и нижней). Валовое содержание и концентрации Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в мантии определяются в предположении хондритового отношения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Th (*Taylor S.R. et. all, 2006*) для Луны в целом и Th/U=3.7, K/U=2000. Проведенные оценки тепловых потоков показывают, что при U=80ppb в коре (*Демидова С.И. и др.*) поверхностные тепловые потоки должны быть порядка 4.5-6.5 мв/м<sup>2</sup>, а валовое содержание урана U<sub>bulk</sub>=12-16ppb, что близко к хондритовым значениям (16ppb) и концентрациям в земных силикатах (22ppb). Валовое содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в Луне оценивается 2.5-3.7 масс.%.

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ В ЛУНЕ МЕТОДАМИ  
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

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

ANALYSIS OF SEISMIC PROFILES OF THE MOON BY THERMODYNAMIC MODELING

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

kendr\_ka@bk.ru

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

До недавнего времени большая часть сейсмических моделей Луны представляла собой вертикальный разрез, разделенный на несколько зон, со средним значением скоростей Р- и S-волн в каждой зоне. В недавно опубликованной группой французских ученых (*Garcia et al., 2012*) работе представлено подробное распределение сейсмических скоростей с глубиной, что открывает новые возможности в исследовании теплового поля Луны и химического состава лунных недр. Задачей данной работы является оценка степени достоверности моделей сейсмического строения Луны и построение ограничений на эти модели методами физико-химического моделирования. Для спектра составов в мантии Луны получены ограничения на скоростные профили Луны. Найдены ограничения на градиенты скорости в различных зонах мантии и на максимальные скорости в нижней мантии. Скачок сейсмических скоростей на глубине около 240 км обусловлен фазовым переходом шпинель-гранат. Построены вероятные сейсмические профили в мантии Луны для различных составов и распределений температур в мантии.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕРИДОТИТ-КАРБОНАТИТОВОЙ СИСТЕМЕ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПРИ 8.5 ГПА

**Кузюра А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН), Васильев П.Г. (геол.ф-т МГУ), Джеффрис Т. (Natural History Museum, UK), Волл Ф. (Cornwall Campus of University of Exeter, UK)**

TRACE ELEMENTS PARTITIONING IN PERIDOTITE-CARBONATITE SYSTEM IN EXPERIMENT AT 8.5 GPa

**Kuzyura A.V., LitvinYu.A. (IEM RAS), Vasiliev P.G. (geol.dep. MSU), Jeffries T. (Natural History Museum, UK), Wall F. (Cornwall Campus of University of Exeter, UK)**

shushkanova@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 9687, тел.: 8(496) 522 5876

Гранты РФФИ 10-05-00654, 11-05-0040, грант Президента РФ № МК- 913.2011.5

Данное экспериментальное исследование направлено на изучение геохимического поведения редких элементов в процессе алмазообразования в гетерогенной материнской среде. Материнская среда представляет собой полностью смесимый карбонатно-силикатный расплав с образующимися в нем перидотитовыми минералами, парагенными с алмазом (оливин Ol, ортопироксен OPx, клинопироксен CPx и гранат Grt). В экспериментах использовалась модельная перидотит-карбонатитовая система состава  $[(Ol_{36-60}OPx_{16}CPx_{12-24}Grt_{12-24})_{30}Carb_{70}]_{99}RE_1$ . Смесь редких элементов Li, Rb, Cs, Ba, Th, U, Ta, Nb, La, Ce, Pb, Pr, Sr, Nd, Zr, Hf, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Y, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Sc, и Zn была добавлена к системе преимущественно в виде оксидов. В экспериментах при 8.5 Гпа и 1510°C в карбонатно-силикатном расплаве формировались достаточно крупные (более 100 мкм) кристаллы граната, клинопироксена и оливина. Образование ортопироксена не установлено. После закалки расплав представляет собой мелкокристаллический агрегат, в связи с чем его анализ осуществлялся по площадям  $10 \times 10 - 100 \times 100$  мкм с использованием микрозонда и метода LA-ICP-MS. На основе анализов LA-ICP-MS были рассчитаны коэффициенты межфазового распределения редких элементов для пар оливин-расплав, клинопироксен-расплав, гранат-расплав, а также оливин-гранат. Построены спайдерграммы, наглядно демонстрирующие распределение редких элементов. Из спайдерграмм видно, что гранат и оливин являются главными участниками межфазового распределения для алмазообразующей перидотит-карбонатитовой системы. Основной характеристикой картины перераспределения является то, что легкие редкие элементы (La, Ce, Pr) распределяются в основном в расплавную фазу, в то время как средние и тяжелые элементы (Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) – в гранат ( $Kd = 1 - 6$ ). Такие элементы как Zr, Hf, Y, и Sc также накапливаются в гранате ( $Kd = 1-5$ ), а остальные элементы концентрируются в полностью смесимом карбонатно-силикатном расплаве. Максимальные  $Kd = 5-6$  в паре гранат-расплав зафиксированы для Sc и Lu. Для оливина характерно интенсивное распределение легких редких элементов – Li, Rb, Cs, Ba ( $Kd = 2.5-5$ ), а также Th, U, Pb, и Zn ( $Kd = 1.5-4.5$ ). Следует отметить, что клинопироксен практически не принимает участия в перераспределении редких элементов в случае перидотит-карбонатитовой системы. Новые экспериментальные данные приложены к интерпретации особенностей содержания редких элементов в парагенных включениях перидотитового парагенезиса в природных алмазах.

СЖИМАЕМОСТЬ СТЕКЛА  $\text{CsAlSi}_3\text{O}_8$  В СРАВНЕНИИ СО СЖИМАЕМОСТЬЮ СТЕКОЛ СОСТАВОВ АЛЬБИТА И ОРТОКЛАЗА

**Куряева Р.Г. (ИГМ СО РАН)**

COMPRESSIBILITY OF THE  $\text{CsAlSi}_3\text{O}_8$  GLASS IN THE COMPARISON WITH THOSE FOR THE GLASSES OF ALBITE AND ORTHOCLASE COMPOSITIONS

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

rufina@igm.nsc.ru, тел.: 8(383) 333 0899

Измерен показатель преломления стекла состава  $\text{CsAlSi}_3\text{O}_8$  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 стекол составов альбита и ортоклаза. Изотермический начальный модуль объемной упругости ( $K_{t,0}$ ) стекол уменьшается в ряду катионов щелочных металлов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ . Такое изменение  $K_{t,0}$  свидетельствует об увеличении степени полимеризации структурной сетки стекол в обозначенном ряду щелочных металлов. Для стекла состава  $\text{CsAlSi}_3\text{O}_8$  степень полимеризации, по-видимому, достигает своего предельного значения. Значение  $K'_t$  в обозначенном ряду катионов щелочных металлов увеличивается, что объясняется препятствием сжатию находящихся в пустотах более крупных, чем  $\text{Na}^+$ , катионов  $\text{K}^+$  и  $\text{Cs}^+$ , а для стекол, содержащих  $\text{Cs}^+$ , еще и сопротивлением сжатию более плотной упаковки, содержащей маленькие кольца тетраэдров.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ АККУМУЛЯЦИИ ЖЕЛЕЗОСУЛЬФИДНЫХ ФАЗ В СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ 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 PROPERTIES ON ACCUMULATION OF THE IRON-SULFIDE PHASES IN PARTIAL MOLTEN SILICATE MELT

Lebedev E.B., Roschina I. A., Kononkova N. N., Zevakin E.A. (*ГЕОКНИ RAS*), Averin V.V. (*ИМЕТ RAS*)

leb@geokhi.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(495) 939 7840

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранта 07-05-00630 и гранта по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 28*

Как предполагается, на ранних этапах эволюции планетных тел процессы дифференциации магматических расплавов, аккумуляция и сегрегация металлических фаз и разделения сидерофильных элементов происходили при высокой температуре и низкой летучести кислорода, на несколько порядков ниже значений буфера железо–вюстит (IW),  $\log f_{O_2}(IW) = \sim -(4.5-5.5)$ . Процессы магматической дифференциации обладают сложной динамикой. При экспериментальном изучении возможных механизмов образования металлических ядер планетных тел (Луны) наибольшие сложности возникают при аккумуляции металлических фаз в частично расплавленном модельном планетарном веществе, особенно при максимальном извлечении малых количеств металлической фазы. Моделирование проводится на высокотемпературной центрифуге при температурах 1440–1460°C и при регулируемом потенциале кислорода. 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.

МИКРОНЕОДНОРОДНОЕ СТРОЕНИЕ ОКЕАНИЧЕСКИХ БАЗАЛЬТОВЫХ СТЕКОЛ:  
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ КР МИКРОСПЕКТРОМЕТРИИ

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

MICRONHETEROGTNEOUS STRUCTURE OF OCEANIC BASALTIC GLASSES:  
INVESTIGATION BY RAMAN MICROSPETROMETRY

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

lebedeva@mineralogy.ru, факс: (3513) 57 0286, тел.: (3513) 57 0408

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№12-05-00270 \_a) и ФЦП  
«Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (государственный  
контракт № П-735)*

В настоящей работе с использованием метода локальной КР микроспектрометрии исследована структура природных стекол базальтового состава. В ходе работы установлены особенности строения присутствующих кристаллических и скрытокристаллических фаз, а также гомогенного и микрогетерогенного стекла, образование которого связано с процессами предкристаллизационной дифференциации в переохлажденном базальтовом расплаве. На основании изучения микронеоднородного строения базальтовых стекол методом рамановской микроспектроскопии установлены особенности колебательных спектров кристаллических и некристаллических фаз и определена их взаимосвязь с составом, структурой и условиями образования стекол. Установлено, что основная масса базальтовых стекол может представлять собой, с одной стороны, стекло с кристаллитами пироксена и, с другой стороны, может быть представлена неупорядоченным пироксеном. Эта фаза образовалась в переохлажденном базальтовом расплаве из субмикронных областей неоднородности в стекле путем их упорядочения.

ПОЛЕВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО СОРБИРОВАНИЮ НА ЦЕОЛИТЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВБЛИЗИ ОТ ВУЛКАНА ГОЛОВНИНА (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

**Леснов Ф.П. (ИГМ СО РАН)**

THE FIELD EXPERIMENT ON SORPTION ON THE ZEOLITE OF NOBLE METALS FROM SOLUTIONS OF HYDROTHERMAL SPRINGS NEAR THE GOLOVNIN VOCANO (KURIL ISLANDS)

**Lesnov F.P. (IGM SB RAS)**

lesnovfp@list.ru, факс: 8(383) 333 2792, тел.: 8(383) 333 2686

На двух источниках гидротермальных растворов вблизи вулкана Головнина (о. Кунашир) с применением проточных накопителей, наполненных цеолитом (клиноптилолит), выполнен эксперимент по сорбированию благородных металлов (Ir, Ru, Rh, Pt, Pd, Au, Ag.). Анализ проб инфильтрованного раствором цеолита проводился количественным атомно-эмиссионным спектральным методом на автоматической установке «Поток» (аналитик С.Б. Заякина). Анализ растворов из этих источников, выполненный методом ICP–MS, показал, что содержания названных металлов в них не превышают нижние пределы их обнаружения. В свою очередь, содержание этих металлов в тех пробах цеолита, которые были инфильтрованы гидротермальными растворами в течение нескольких десятков часов, заметно увеличилось по сравнению с «холостой» пробой цеолита и составило (г/т): 1-й источник – Pd (0.005), Pt (2.5), Rh (0.05), Ru (0,04), Ir (0.005), Au (0.82), Ag (0.32), сумма (3.73); 2-й источник – Pd (0.006), Pt (28), Rh (0.07), Ru (0.05), Ir (0.005), Au (0.91), Ag (0,14), сумма (3.98). Результаты эксперимента свидетельствуют об эффективности применения цеолита в качестве сорбента для извлечения благородных металлов из гидротермальных растворов в районах действующих вулканов, как из возобновляемых источников этих металлов, и об актуальности постановки специальных, более детальных исследований по этой проблеме.

ПЕТРОГЕННЫЕ СВЯЗИ ГРАНАТОВЫХ ПЕРИДОТИТОВ И ЭКЛОГИТОВ:  
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МАНТИЙНЫХ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫХ МАГМ В ФИЗИКО-  
ХИМИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

**Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)**

PETROGENETIC LINKS OF GARNET PERIDOTITES AND ECLOGITES:  
DIFFERENTIATION OF THE MANTLE ULTRABASIC-BASIC MAGMAS IN PHYSICO-  
CHEMICAL EXPERIMENTS

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

litvin@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 9587, тел.: 8(496) 524 5876

Грант РФФИ 11-05-00401

В основе представлений о первичных гранат-перидотитовых (пиролитовых по *Ringwood, 1962*) и дифференцированных перидотитовых и эклогитовых породах верхней мантии – ксенолиты перидотит-пироксенитовых и эклогит-гроспидитовых серий в кимберлитах. Перидотиты доминируют (95%) по отношению к эклогитам (5%). Однако отмечены и обратные соотношения для трубок Робертс-Виктор (80% эклогитов и 20% перидотитов), Боббейн, Ритфонтейн (ЮАР), Орапа (Ботсвана), Гарнет-Ридж, Мозес-Рок (США), Загадочная (РФ) и др. Биминеральные  $\text{Cpx-Grt}$  породы составляют 63% эклогитов. Это связывается (O'Hara, 1968) с «эклогитовым термальным барьером» (выше 2.7 ГПа) между  $\text{Ol}$ -насыщенными перидотитовыми и  $\text{SiO}_2$ -насыщенными  $\text{Opx-Qtz/Coes-}$  и  $\text{Ky/Crd}$ -эклогитовыми составами. Действительно, экспериментальными исследованиями такой термальный максимум обнаруживается на моновариантной котектике  $\text{Opx+Cpx+Grt+L}$  в точке «протыкания» ею пограничного сечения  $\text{Opx-Grt}$  между перидотитовым и эклогитовым тетраэдрами составов (Литвин, 1991). Этот максимум является непреодолимым препятствием для непрерывной дифференциации ультрабазит-базитовых магм в условиях как равновесной, так и фракционной кристаллизации. Экспериментальный поиск физико-химического механизма, способного осуществить непрерывную ультрабазит-базитовую дифференциацию мантийных магм и тем обеспечить петрогенные связи при формировании перидотит-эклогитовых серий стал возможным после открытия в экспериментах выше 4.5 ГПа реакции между оливином и жадеитом с образованием граната, ортопироксена и  $\text{Na-Mg}$ -силиката (*Gasparik, Litvin, 1997*). Затем изучением модельной системы форстерит (Fo) - диопсид (Di) - жадеит (Jd) при 7 ГПа установлена невариантная перитектика  $\text{Fo + Jd-Di-Cpx + Grt + L}$ , контролирующая с понижением температуры перемещение фигуративной точки состава ультрабазит-базитовой магмы из перидотитового  $\text{Fo + Di-Jd-Cpx + L}$  дивариантного поля в эклогитовое  $\text{Grt + Jd-Di-Cpx + L}$  (Butvina, Litvin, 2008). Работа нового механизма, обозначенного как «перидотит-эклогитовый туннель», при фракционной кристаллизации ультрабазит-базитовых магм наглядно раскрывается фазовой диаграммой системы перидотит ( $\text{Ol}_{60}\text{Opx}_{16}\text{Cpx}_{12}\text{Grt}_{12}$ )–эклогит ( $\text{Cpx}_{50}\text{Grt}_{50}$ ), исследованной экспериментально при 7 ГПа.

ЗАВИСИМОСТЬ СООТНОШЕНИЯ  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  ОТ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА И  
ТЕМПЕРАТУРЫ В РАСПЛАВАХ ГРАНИТОИДНОГО СОСТАВА ПО  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

**Луканин О.А., Воловецкий М.В., Каргальцев А.А. (ГЕОХИ РАН)**

DEPENDENCE OF  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  RATIO FROM OXYGEN FUGACITY AND TEMPERATURE IN  
MELTS OF GRANITOID COMPOSITION ON EXPERIMENTAL DATA

**Lukanin O.A., Volovetskii M.V., Kargal'tsev A.A. (GEOKHI RAS)**

lukanin@geokhi.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(499) 137 4472

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 08-05-00022, 11-05-00926)*

На основании экспериментальных данных, полученных для расплавов гранитного и пантеллеритового составов, установлено, что в интервале температур  $1320\div 1420^\circ\text{C}$  и  $fO_2$   $10^{0.7\div 10^{-11}}$  бар ( $P_{\text{общ}} = 1$  атм) взаимосвязь окислительного состояния железа и летучести кислорода в изотермических условиях описывается уравнением вида  $\lg(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = k\lg(fO_2) + q$ , где  $k$  и  $q$  – константы, значения которых зависят от состава расплава и температуры. При данных  $fO_2$ - $T$  условий степень окисленности железа в более щелочном и железистом пантеллеритовом расплаве выше, чем в гранитном. С увеличением температуры при  $fO_2 = \text{const}$  отношение  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  в обоих типах расплавов уменьшается. Сравнение этих данных с расчетами, выполненными по предложенным ранее эмпирическим уравнениям, показывает, что уравнение вида  $\lg(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = h/T + k\lg(fO_2) + s$ , учитывающее влияние состава на  $s$  и коэффициенты  $h$  и  $k$  (Борисов, Шапкин, 1989; Николаев и др., 1996), лучше описывает результаты экспериментов с гранитным и пантеллеритовым расплавами в изученной  $fO_2$ - $T$  области по сравнению с аналогичными по форме уравнениями с постоянными значениями  $h$  и  $k$  (Kilinc et al., 1983; Kress, Carmichael, 1991; и др). Последние существенно занижают степень окисленности железа в изученных гранитоидных расплавах при данных  $fO_2$  и  $T$ . Наблюдаемое экспериментально изменение коэффициента  $k$  с температурой дает основание предполагать, что коэффициент  $h$  может зависеть не только от состава, но и от летучести кислорода, уменьшаясь с увеличением  $fO_2$ .

**ЕСЭМПГ2012...086**

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДИ МЕЖДУ ВОДНО-ХЛОРИДНОЙ ФЛЮИДНОЙ ФАЗОЙ И  
РАСПЛАВОМ В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГРАНИТНОЙ МАГМЫ**

**Луканин О.А., Дернов-Пегарев В.Ф. (ГЕОХИ РАН)**

**COPPER DISTRIBUTION BETWEEN WATER-CHLORIDE FLUID PHASE AND MELT IN  
THE PROCESS OF GRANITIC MAGMA CRYSTALLIZATION**

**Lukanin O.A., Dernov-Pegarev V. F. (GEOKHI RAS)**

lukanin@geokhi.ru, факс: 8(495) 938 2054, тел.: 8(499) 137 4472

*Работа выполнена при поддержке ОНЗ (программа 2, 2011)*

Представлены результаты численного моделирования поведения меди при дегазации гранитных магм, содержащих  $H_2O$  и  $Cl$ . Показано, что изменение концентрации  $Cu$  в расплаве и водно-хлоридной флюидной фазе, образующейся с увеличением степени кристаллизации, во многом определяется исходным содержанием летучих компонентов в гранитных расплавах ( $Cl$ ,  $H_2O$ ), а также степенью открытости системы, т.е. динамикой удаления флюидной фазы из магматической системы.

**ВТОРИЧНОЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В МЕТАЛЛЕ ОБРИТА NORTON COUNTY**

**Люль А.Ю. (ГЕОХИ РАН)**

**SECONDARY FRACTIONATION OF ELEMENTS IN THE METAL FROM NORTON COUNTY AUBRITE**

**Lyul A.Yu. (GEOKHI RAS)**

ajull@mail.ru, тел.: 8(496) 522 1988

Выявленные межэлементные корреляционные взаимосвязи в металле Norton County и значительные вариации содержания ряда элементов в Fe-Ni фазе метеорита свидетельствует о перераспределении элементов между отдельными минеральными фракциями обрита как в процессе образования родительского тела, так в период последующего остывания метеорита до температур, блокирующих субсолидусную диффузию элементов. Для идентификации процессов, ответственных за наблюдаемую неоднородность состава металла Norton County, рассмотрены вариации отношений элементов, различающихся по летучести, коэффициентам распределения между твердым и жидким металлом и по их поведению в системе металл-силикат в различных  $P-T-fO_2$  – условиях. Анализ имеющихся данных по элементному составу Fe,Ni-фазы обрита Norton County показал, что наблюдаемые в этой фазе положительные корреляции Ni-Ni/Co и Ir-Ir/Au обусловлены частичным плавлением первичного металла метеорита. В свою очередь, наличие корреляций между элементами умеренной летучести (отрицательной Ni-Ni/Au и положительной Ga-Ga/Co) является результатом перераспределения элементов между металлом и силикатом, обусловленного зависимостью сидерофильных свойств этих элементов от физико-химических условий в окружающей среде. Следовательно, полученные данные по вариациям отношений элементов с разными сидерофильными свойствами в металле Norton County указывают на значительное влияние вторичных процессов, протекавших в родительском теле обритов, на первичный состав Fe-Ni фазы энстатитовых ахондритов.

ДОБЫЧА НЕФТИ И ГАЗА И УПРУГИЙ ПОТЕНЦИАЛ НЕДР ЗЕМЛИ

**Магидов С.Х. (ИГ ДНЦ РАН)**

OIL AND GAS EXTRACTION AND ELASTIC POTENTIAL OF THE EARTH'S BOWELS

**Maghidov S.Kh. (IG DSC RAN)**

salavmag@yandex.ru

По оценке ряда авторов (*Л.М. Зорькин, В.Н.Корценштейн, Б.В.Стадник и др.* ) объёмы растворённых газов пластовых вод нефтегазовых бассейнов СССР составляет  $4.2 \cdot 10^{15}$  м<sup>3</sup>, а глобальный объём (среднее)  $5 \cdot 10^{16}$  м<sup>3</sup>. То есть при современном уровне добычи газа его запасов растворённых в подземных водах, должно хватить примерно на 5–10 тыс. лет. Однако, несмотря на такие огромные запасы, упругий потенциал недр в значительной части уже израсходован. Об этом свидетельствуют: существенное сокращение доли фонтанных скважин, снижение их дебитов и нарастание обводнённости. Так, за последние полвека доля фонтанных скважин в РФ сократилась почти на порядок, а эксплуатационный фонд скважин за этот период возрос более чем 8 раз. Вероятно, приведённые выше оценки запасов, сделаны для всей земной коры, тогда указанное несоответствие в какой-то мере объяснимо. Тем не менее, такие стремительные изменения упругого потенциала недр могут свидетельствовать о неучтённой антропогенной дегазации в больших масштабах, и внушают серьёзную тревогу за геозкологическое состояние недр. Эти данные необходимо учитывать, в первую очередь, при составлении прогнозов трансформации гидрогеологических систем. Всё это требует дополнительно проведения обширного комплекса исследований по изучению физико-химических свойств геоматериалов при высоких  $P-T$  условиях, а также изменения упруго-пластичных свойств глинистых пород, особенно пелитовой фракции, при взаимодействии с геофлюидами.

**ЕСЭМПГ2012...089**

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД**

**Майбук З.-Ю.Я. (ИФЗ РАН)**

**INFLUENCE OF ELECTRIC FIELDS ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF  
POLYMETALLIC ORES**

**Maibuk Z.-Yu. Ya (IPE RAS)**

rim@ifz.ru, факс: 8(499) 766 2654, тел.: 8(499) 254 0537

В ИФЗ РАН ведутся исследования нелинейных механоэлектрических преобразований в полиметаллических рудах при воздействии упругими волнами либо изменении напряженно-деформируемого состояния вмещающих горных пород. В процессе преобразований наблюдаются триггерные эффекты с освобождением и диссипацией в радиоволновое импульсное излучение (ЭМИ частотой от 40 кГц до 5–6 МГц) ранее накопленной энергии в рудной области. Возобновляемый источник энергии – электрохимические реакции в области оруденения. Время полного восстановления энергетических процессов от десятков минут до нескольких суток. Во вмещающих породах таких явлений не зарегистрировано. При воздействии на полиметаллическое оруденение электрическими полями (бесконтактная поляризация) естественного либо искусственного происхождения интенсивность преобразования повышается на 15–60%, а при прохождении тока (контактная поляризация) сигналы ЭМИ резко уменьшаются. Блуждающие электрические токи на действующих месторождениях полиметаллов отрицательно влияют на дальность работ прямым геофизическим радиоимпульсным методом «РИМ». Данные работы рекомендуется проводить не ранее чем через сутки после отключения электроснабжения.

**ЕСЭМПГ2012...090**

**СОРБЦИЯ АКТИНИДОВ ОКЕАНИЧЕСКИМИ Fe-Mn КОРКАМИ ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ**

**Мартынов К.В., Константинова Л.И., Захарова Е.В. (ИФХЭ РАН), Асавин А.М. (ГЕОХИ РАН)**

**SORBTION OF ACTINIDES ON OCEAN Fe-Mn CRUSTS FROM SEAWATER**

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

mark0s@mail.ru, факс: 8(495) 335 2030, тел.: 8(495) 335 2030

В статическом режиме при нормальных условиях проведены эксперименты по сорбции U-233, Np-237, Pu-238, Am-241 из околонеитрального (рН=8.0) водного раствора отвечающего модели морской воды с общей соленостью 35‰. В качестве сорбента использовали дробленные (фракция 0.02–0.025 мм) пробы железомарганцевых корок с гайотов Магеллановых гор. Активность радионуклидов в жидкой фазе определяли методом ЖСС. Кинетику сорбции изучили на примере урана, который уже за первый час сорбировался на 96.0%, а после первых суток был достигнут уровень близкий к предельному извлечению – 99.0%. Равновесная степень сорбции изученных радионуклидов оказалась для «молодой» корки немного выше чем для «древней» и увеличивалась для обоих образцов в ряду Np<U<Pu<Am от 96.7% до 99.6%. Таким образом, наши результаты показали перспективность использования материала природных железомарганцевых корок как сорбента для извлечения радионуклидов из жидких радиоактивных солевых растворов с рН близким к нейтральному.

ПРЕДЕЛЫ ЗАМЕЩЕНИЯ Zr И Ti НА Al В ТВЕРДОМ РАСТВОРЕ КОСНАРИТА  
ВКЛЮЧАЮЩЕМ ЩЕЛОЧНЫЕ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ КАТИОНЫ-  
КОМПЕНСАТОРЫ

**Мартынов К.В., Лапицкая Т.С., Тананаев И.Г. (ИФХЭ РАН), Ковальский А.М. (ИЭМ  
РАН)**

LIMITS OF REPLACEMENT OF Zr AND Ti BY Al IN KOSNARITE SOLID SOLUTION  
INCLUDING ALKALINE AND ALKALINE-EARTH CHARGE-COMPENSATING CATIONS

**Martynov K.V., Lapitskaya T.S., Tananaev I.G. (IPCE RAS), Kovalsky A.M. (IEM RAS)**

mark0s@mail.ru, факс: 8(495) 335 2030, тел.: 8(495) 335 2030

*Работа выполнена по ГК № 16.740.11.0538 от 16.05.2011 г*

Методом высокотемпературного (600–1000°C) твердофазового синтеза твердых растворов со структурой коснарита (пр. гр. R-3c/R-3) из прекурсоров приготовленных по золь-гель технологии при атмосферном давлении изучены пределы замещения каркасообразующих октаэдрически координированных катионов  $Ti^{4+}$  и  $Zr^{4+}$  на  $Al^{3+}$  сопровождающегося компенсацией заряда каркаса благодаря заполнению внекаркасных вакансий катионами-компенсаторами ( $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ). С помощью программ CRYSFIRE 2004 (процедура TREOR90) и SNEKCELL по порошковым дифрактограммам проиндцированы отражения, определены пространственные группы и рассчитаны параметры элементарных ячеек синтезированных фаз. С позиции кристаллохимического анализа проинтерпретированы влияние различных типов замещений в твердом растворе  $Me^{n+}_{(1+x)/n}Al_x(Ti,Zr)_{2-x}(PO_4)_3$ , где  $Me^{n+}$ :  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cs^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ , на размеры кристаллической ячейки и связанные с ними ограничения изоморфной смесимости в рамках коснаритовой структуры.

**МОРФОЛОГИЯ КРИСТАЛЛОВ СИЛЛЕНИТА ( $\text{Bi}_{12}\text{M}_x\text{O}_{20\pm\delta}$ ), ВЫРАЩЕННЫХ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ**

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

**MORPHOLOGY OF SILLENITE ( $\text{Bi}_{12}\text{M}_x\text{O}_{20\pm\delta}$ ) CRYSTALS GROWN IN HYDROTHERMAL SOLUTIONS.**

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

anatoly\_marin@mail.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 522 5847

Кристаллы силленитов обладают сочетанием важных физических свойств – пьезо-, фото- и электрооптических эффектов, что позволяет применять их в пьезотехнике и оптоэлектронике. Введение различных элементов в структуру силленитов оказывает существенное влияние на их свойства и морфологию, поэтому получение кристаллов различного состава и их изучение является весьма актуальным.

В щелочных гидротермальных растворах методом спонтанной кристаллизации синтезированы цинк-, галлий-, железо-, кремний-, фосфор- и хром- содержащие кристаллы силленитов размером 0.1–0.5 мм. Эксперименты проводились при температуре 260 °С и давлении порядка 50 МПа. Продолжительность опытов составляла от 5 до 10 сут. В качестве шихты использовался натрий висмутовокислый 95 % и 5% одного из вышеуказанных элементов. В качестве растворителя использовался 10% NaOH. Кристаллизация осуществлялась в автоклаве объемом 250 мл, в который помещались 6 фторопластовых ампул объемом по 10 мл каждая.

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ  
МИНЕРАЛОВ

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

EXPERIMENTAL STUDY OF BISMUTHOUS MINERALS CRYSTALLIZATION

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

marina@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 522 5847

Нами проведены экспериментальные исследования по выращиванию висмутсодержащих кристаллов (бисмит, силленит, эвлитин) в различных гидротермальных средах ( $H_2O_2$ ,  $NH_4F$ ,  $NaOH$ ) при температурах 250–400°C и давлениях 500–1500 атм.

Изучаемые минералы крайне редко встречаются в природе, особенно в виде хорошо образованных кристаллов, поэтому выращивание и изучение их морфологии является весьма актуальной задачей.

Кристаллы эвлитина, выращенные в различных средах ( $NaOH$ ,  $NH_4F$ ,  $H_2O_2$ ) имеют тетраэдрический облик, однако, в основном это сростки кристаллов с нечетко выраженными гранями. Габитус, максимально сходный с природным, имеют образцы, выращенные в перекиси водорода.

Кристаллы силленита, выращенные в  $NaOH$  имеют тригон-тритетраэдрический габитус. Наиболее четко выражены грани  $\{100\}$  и  $\{110\}$ . Т.к. в природе силленит встречается в виде тонкозернистых землистых масс, то изучение его габитуса целесообразнее на синтетических кристаллах.

Бисмит  $Bi_2O_3$  кристаллизуется в моноклиальной сингонии, в природе обычно встречается в виде корочек на самородном висмуте. Нами бисмит был синтезирован в  $NaOH$ . Кристаллы бисмита псевдоромбические, грани плохо сформированы.

Проведенные исследования позволили получить синтетические кристаллы висмутсодержащих минералов, крайне редко встречающихся в природе, а также изучить их габитус.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ БАРОФИЛЬНЫХ  
МИНЕРАЛОВ КИМБЕРЛИТА В ТРУБОЧНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Медведев В.Я., Иванова Л.А. Егоров К.Н. (ИЗК СО РАН)**

**EXPERIMENTAL MODELING OF THE TRANSFORMATION OF KIMBERLITE  
BAROPHILIC MINERALS IN THE PIPE CONDITION**

**Medvedev V.Ya., Ivanova L.A., Egorov K.N. (IEC SB RAS)**

med@crust.irk.ru, факс/тел.: (3952) 42 7191

Проведенное экспериментальное и физико-химическое моделирование процессов регрессивного преобразования пиропов (Медведев и др., 2005) и пикроильменитов (Лашкевич и др., 2004) позволило изучить кинетику их изменения. Результаты физико-химического моделирования и эксперимент имеют хорошую сходимость и соответствуют природным аналогам. В процессе преобразования пикроильменита по нему образуются реакционные каймы, фазовый состав которых зависит от состава исходного пикроильменита, состава метасоматических флюидов и физико-химических условий. Формирование вторичных хлорит-кальцит-серпентиновых кайм на гранатах происходит только по первичной келифитовой кайме. Проведенное моделирование свидетельствует о возможности реакционного замещения гранатов и пикроильменитов на автосоматической стадии высокотемпературного преобразования кимберлитовых тел и позволяет оценить временные рамки существования кимберлитовых трубок в активном состоянии, которые характеризуются тысячами часов.

**ЕСЭМПГ2012...095**

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО АНТЛЕРИТА**

**Мельчакова Л.В., Огородова Л.П., Вигасина М.Ф. (геол. ф-т МГУ), Бисенгалиева М.Р. (ИПКОН, Казахстан)**

**THERMODYNAMIC PROPERTIES OF NATURAL ANTLERITE**

**Melchakova L.V., Ogorodova L.P., Vigasina M.F. (geol. dep. MSU), Bissengaliyeva M.R. (IPKON, Kazakhstan)**

lmelchak@geol.msu.ru, факс: 8(495) 939 2381, тел.: 8(495) 939 1349

На высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Кальве проведено термохимическое исследование природного гидроксилсодержащего сульфата меди  $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$  – антлерита из месторождения Джекказган (Центральный Казахстан). Методом расплавной калориметрии растворения определена энтальпия его образования из элементов:  $\Delta_f H^\circ_{\text{el}}(298.15 \text{ K}) = -1750 \pm 10$  кДж/моль. С использованием полученной ранее для антлерита методом низкотемпературной адиабатической калориметрии (Bissengaliyeva et al., 2010) величины  $S^\circ(298.15 \text{ K})$ , равной  $263.46 \pm 0.47$  Дж/К·моль, рассчитано значение энергии Гиббса  $\Delta_f G^\circ_{\text{el}}(298.15 \text{ K}) = -1467 \pm 10$  кДж/моль.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОН УПЛОТНЕНИЯ В ПЕСЧАНИКАХ МЕТОДАМИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В КАМЕРЕ ЦИЛИНДР–ПОРШЕНЬ

**Насимов Р.М., Патонин А.В. (ИФЗ РАН), Ткачев Е.А. (физ.ф-т МГУ)**

STUDY OF COMPACTION BANDS IN SANDSTONES BY ACOUSTIC EMISSION METHODS IN PISTON-CYLINDER APPARATUS

**Nasimov R.M., Patonin A.V. (IPE RAS), Tkachev E.A. (phys.dep. MSU)**

nasimov@ifz.ru, тел.: 8(499) 254 2865

Высокопористые горные породы в природе являются коллекторами углеводородов. При эксплуатации этих месторождений возникают явления перераспределения напряжений на микроуровне и как следствие возникновение неоднородно напряженного состояния в массиве. При превышении прочности это приводит пород к макродеформациям. Эти явления сопровождаются большими подвижками. Возникает риск техногенных катастрофических явлений, типа «проседания» верхних слоев на значительную величину (*Tembe и др, 2008*), сопровождаемые локальными землетрясениями, опасными в относительно спокойных сейсмических областях. В ИФЗ РАН в течение нескольких лет проводятся эксперименты по изучению зон уплотнения в песчаниках в гидравлической камере при трехосном сжатии. Процесс подготовки и проведения экспериментов, обработки результатов – очень сложный и долговременный процесс. Отличие данной работы от предыдущих, выполненных сотрудниками ИФЗ РАН, является, что эксперимент выполнен на принципиально другой аппаратуре высокого давления – квазигидростатическом аппарате высокого давления, типа цилиндр–поршень. Эта аппаратура отличается простотой снаряжения, компактностью и безопасностью. Кроме того, в отличие от трехосного нагружения в гидравлической камере, эксперименты по нагружению высокопористых песчаников проводятся в одноосном режиме, при условии, что боковые стенки камеры являются жесткими. Таким образом, изучение зон уплотнения будет очень к одномерной задаче. Это упрощает расчет объема пор в исследуемых песчаниках и локацию событий акустической эмиссии.

МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ТВЕРДОФАЗНЫЙ МАССОПЕРЕНОС  
В ТРЕЩИНАХ

**Никитин С.М., Буянова Д.С. (МГГУ)**

MECHANISMS OF DESTRUCTION OF ROCKS AND KINEMATICS OF PARTICLES IN THE  
CRACKS

**Nikitin S.M., Buyanowa D.S. (MSMU)**

archont@mail.ru, тел. : 8 916 438 8939

*Работа выполнена при поддержке фонда РФФИ, проект 10-08-00331*

Многочисленные наблюдения последствий горных ударов в подземных выработках предполагают возможность анализа динамики напряженного состояния разрабатываемых массивов методами кинематического анализа. При этом основное внимание, уделяемое реконструкции деформаций по морфоструктуре рельефа поверхностей скола, не предполагает оценки предельных состояний массива.

Рассматриваемые нелинейной механикой процессы разрушения сводятся в основном к анализу коэффициентов интенсивности напряжений  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  в кончиках трещин, причем в качестве основного критерия принимается J-интеграл Черепанова-Эшелби-Райса.

Предусматриваемый этим критерием вклад в разрушение кинетической энергии позволяет наряду с ростом трещин рассматривать особенности массопереноса образующихся продуктов дробления.

Эксперименты, выполненные при определении трещиностойкости и удельной поверхностной энергии разрушения мрамора, известняка, гранита и серпентинита по схеме трехточечного циклического изгиба призматических образцов обращают внимание на зарегистрированные впервые проявления твердофазного массопереноса, синхронного с ростом трещин. Выбросы материала происходят в виде выстрелов в связи с движением и развитием протяженной зоны предразрушения перед кончиком трещины, причем раскрытие берегов трещины явно запаздывает.

Выполненные *оценки энергетического баланса* с учетом анализа кратерообразной формы разрушения окрестности газово-жидких включений в обсидиане по трассам трещин, *позволяют рассматривать в качестве основного механизма разрушения **фазовый взрыв***.

Реализацией последнего также объясняется переход материала в запределное состояние, что экспериментально подтверждается актами локального разрушения горных пород, катакластически текущих при сбросе нагрузки во время испытания образцов на прочность в режиме одноосного нагружения.

ТЕСТИРОВАНИЕ И ПЕРЕКАЛИБРОВКА ОЛИВИН-ШПИНЕЛЕВОГО  $fO_2$ -  
ГЕОБАРОМЕТРА БАЛЛХАУСА

**Николаев Г.С., Арискин А.А., Бармина Г.С. (ГЕОХИ РАН)**

TESTING AND RECALIBRATION OF THE BALLHAUS OLIVINE-SPINEL OXYGEN  
GEOBAROMETER

**Nikolaev G.S., Ariskin A.A., Barmina G.S. (GEOKHI RAS)**

gsnikolaev@rambler.ru, ariskin@rambler.ru тел.: 8(495) 939 7003

*Выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант №№ 11-05-00268)*

Уравнение Баллхауса (*Ballhaus et al., 1991*) протестировано на независимых экспериментах, проведенных в условиях буферного равновесия IW. Установлено, что для этих условий, в силу структуры использованного для калибровки массива экспериментальных данных, уравнение Баллхауса завышает значения  $fO_2$  в среднем на 2 лог.ед.

Перекалибровка  $fO_2$ -геобарометра была проведена на вновь сформированной выборке атмосферных и высокобарных экспериментов. Она составлена из 71 пары составов сосуществующих оливина и хромшпинелида. Из них, 13 опытов проводились в условиях буфера IW, 7 экспериментов в условиях буфера WCO, 39 – в условиях буфера QFM и 12 – при буфере NNO.

Форма уравнения претерпела изменения: квадрат  $mg\#Ol$  был заменена на квадрат  $fe_2\#Ol$ , были введены квадратичные зависимости от  $fe_2\#Sp$  и  $fe_3\#Sp$ , а квадрат  $al\#Sp$  был дополнен линейным членом этого показателя. Пересчет шпинели проводился на ионные доли в соответствии со стехиометрией термодимической модели Сэка (*Sack, 1982*).

Тестирование полученного уравнения показало, что при его использовании удастся избежать систематической ошибки в петрологически значимой восстановительной области и повысить точность регрессионной зависимости. Отклонение расчетного значения от экспериментального в среднем составляет 0.34 lg ед.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ ХРОМШПИНЕЛИД-РАСПЛАВ ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 15 КБАР (SPINMELT-2.0)

**Николаев Г.С., Арискин А.А., Бармина Г.С. (ГЕОХИ РАН)**

NUMERICAL MODELING OF CHROMIAN SPINEL–MELT EQUILIBRIUM AT PRESSURES UP TO 15 KBARS (SPINMELT-2.0)

**Nikolaev G.S., Ariskin A.A., Barmina G.S. (ГЕОХИ РАН)**

gsnikolaev@rambler.ru, ariskin@rambler.ru, тел.: 8(495) 939 7003

*Выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант №№ 11-05-00268)*

Представлена новая версия ЭВМ-модели SPINMELT (Ariskin, Nikolaev, 1996) для расчета состава хромшпинелида и  $T$ - $fO_2$  условий его ликвидусного равновесия для широкого диапазона базальтовых расплавов при давлениях до 15 кбар. Программа основана на итерационном решении системы пяти эмпирических нелинейных уравнений, связывающих состав хромшпинелида, описанного в рамках термохимической модели (Sack, 1982), с температурой составом равновесного расплава (двупозиционная модель Нильсена-Дунгана) при заданном давлении.

Калибровочный массив данных включает 350 пар хромшпинелид-расплав, полученных в опытах с сухими природными стеклами нормальной щелочности при  $fO_2 \leq QFM+2$  в 33 исследованиях. В состав выборки входят 221 эксперимент при 1 атм, 105 – при 10 кбар и 24 – при 15 кбар. Диапазон составов расплава даёт представление о границах применимости модели (мас.%):  $SiO_2$  – 42.7÷61.5,  $TiO_2$  – 0.01÷4.5,  $Al_2O_3$  – 9.6÷22.5,  $FeO$  – 3.3÷18.6,  $MgO$  – 4.0÷25.6,  $CaO$  – 4.0÷16.3. Для оценки  $fO_2$  высокобарных опытов использовалось перекалиброванное уравнение Баллхауса (Николаев и др., 2012, см. данный сборник).

Реализован новый подход к способу учета влияния давления, который связан со структурой калибровочной выборки. Предполагая нелинейный характер влияния давления на структуру расплава и константы равновесия для минералообразующих реакций, для каждой из пяти обменных реакций вместо одного общего уравнения для всей выборки выведено три, для каждого из имеющихся значений давления. Для получения решений при промежуточных значениях давления все регрессионные коэффициенты линейно интерполировались.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО ТУРМАЛИНА – ШЕРЛА

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

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF NATURAL TOURMALINE – SCHORL

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

logor@geol.msu.ru, факс: 8(495) 939 2381, тел.: 8(495) 939 1349

Проведено термохимическое изучение природного железистого турмалина – шерла из пегматитов Восточной Сибири (Россия) состава  $(\text{Na}_{0.82}\text{Ca}_{0.13}\text{K}_{0.03})(\text{Fe}^{2+}_{2.23}\text{Fe}^{3+}_{0.22}\text{Al}_{5.90}\text{Mg}_{0.28}\text{Mn}_{0.09}\text{Li}_{0.02}\text{Ti}_{0.11})\text{Si}_{6.04}\text{B}_{3.11}(\text{OH})_{3.00}\text{F}_{0.02}\text{O}_{27.80}$ . По результатам измерения теплоемкости в интервале 270–700 К методом дифференциальной сканирующей калориметрии и приращений энтальпии в интервале 712–973 К методом «сброса» на микрокалориметре Кальве рассчитано уравнение  $C_{p,m}^0 = 1016.5 + 346.8 \times 10^{-3}T - 289.5 \times 10^5 T^{-2}$ , Дж·К<sup>-1</sup> моль<sup>-1</sup>. Стандартная энтальпия образования из элементов определена методом высокотемпературной калориметрии растворения в расплаве 2PbO·B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при T=973 К:  $\Delta_f H_m^0(298.15 \text{ K}) = -14500 \pm 44$  кДж моль<sup>-1</sup>. На основании данных (Куюнко и др., 1984) по S<sup>0</sup>(298.15 К) дравита оценена стандартная энтропия изученного шерла (718 Дж·К<sup>-1</sup>·моль<sup>-1</sup> и рассчитано значение энергии Гиббса его образования из элементов:  $\Delta_f G_m^0(298.15 \text{ K}) = -13585$  кДж моль<sup>-1</sup>; а также оценены термодинамические свойства шерла теоретического состава.

ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО НОНТРОНИТА

Огородова Л. П., Киселева И. А., Мельчакова Л.В., Вигасина М.Ф. (геол. ф-т МГУ),  
Крупская В.В., Бугельский Ю.Ю. (ИГЕМ РАН)

ENTHALPY OF FORMATION OF NATURAL NONTRONITE

Ogorodova L.P., Kiseleva I.A., Melchakova L.V., Vigasina M.F. (geol. dep. MSU), Krupskaya  
V.V., Bugelsky Yu.Yu. (IGEM RAS)

logor@geol.msu.ru, факс: 8(495) 939 2381, тел.: 8(495) 939 1349

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

Нонтронит – железистый слоистый алюмосиликат из группы диоктаэдрических смектитов. Исследования проведены на образце из месторождения Пинарес-де-Маяри (Восточная Куба), по данным рентгеновского, ИК-спектроскопического и термического изучения диагностированного как нонтронит. В связи со значительной зависимостью содержания воды в смектитах от влажности окружающей среды термохимическое изучение было выполнено на обезвоженной гидроксилсодержащей разности минерала  $Mg_{0.4}(Fe^{3+}_{1.5}Mg_{0.4}Ni_{0.1})[Si_{3.7}Al_{0.3}]O_{10}(OH)_2$ . Методом высокотемпературной калориметрии растворения в расплаве  $2PbO \cdot B_2O_3$  при  $T=973$  К на микрокалориметре Кальве определена величина  $\Delta_f H_m^0$  (298.15 К) =  $-4958 \pm 13$  кДж моль<sup>-1</sup>. Значение стандартной энтропии (297 Дж К<sup>-1</sup> моль<sup>-1</sup>) оценено с использованием имеющихся в литературе данных по  $S^0$  (298.15 К) природного смектита близкого состава (Gailhanou et al., 2007); рассчитано значение  $\Delta_f G_m^0$  (298.15 К) изученного безводного нонтронита:  $-4597$  кДж моль<sup>-1</sup>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ЛИТИИ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

**Орлов А.И., Бражкин В.В. (ИФВД РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF PHASE TRANSITIONS IN LITHIUM UNDER HIGH PRESSURE.

**Orlov A.I., Brazhkin V.V. (HPPI RAS)**

anatoly.orlov@inbox.ru, тел.: 8(499) 171 6277

Литий, хотя и является простейшим металлом, и поэтому широко исследованным, имеет фазовую диаграмму температура – давление, которая далеко не достаточно установлена. Даже при небольших давлениях, несмотря на многочисленные исследования, нет четкой картины условий существования и стабильности фаз с различными кристаллическими структурами.

В данной работе проведены измерения электросопротивления и термоэдс лития под давлением до 8 GPa и температурах от комнатной до 400K. На основании аномалий этих зависимостей сделаны некоторые предположения о фазовых превращениях в литии под давлением.

При комнатной температуре ранее был обнаружен фазовый переход, который затем был идентифицирован, как переход из исходной ОЦК кристаллической структуры в структуру ГЦК. Это единственная точка прямого твердофазного превращения на  $P$ – $T$ -диаграмме, которую пытались связать с превращениями при малых давлениях и низких температурах и также экстраполировать на высокие температуры до кривой плавления.

По данным наших измерений гистерезис прямого и обратного переходов, равный 0.3 GPa при комнатной температуре, слабо уменьшается при повышении температуры до 100° C, но не зависит от предыстории образца. Линии фазовых превращений на  $P$ – $T$ -диаграмме имеют наклон  $dP/dT = 0.03$  GPa/K. Предполагается, что ГЦК-фаза лития, стабильная при высоком давлении, образуется из 9R-фазы, которая является промежуточной (и не имеет области стабильности, по крайней мере, при температурах выше комнатной).

МИКРОТВЕРДОСТЬ ТВЕРДОГО РАСТВОРА СФАЛЕРИТА (Zn,Fe)S

**Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ), Чареев Д.А., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)**

THE MICROHARDNESS OF A SPHALERITE SOLID SOLUTION (Zn,Fe)S

**Osadchii V.O. (geol.dep. MSU), Chareev D.A., Osadchii E.G. (IEM RAS)**

chareev@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 9687, тел.: 8(496) 524 4417

*Грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых*

Зависимость микротвердости от содержания изоморфного железа в природных и синтетических образцах сфалерита  $Fe_xZn_{1-x}S$  ( $0 \leq x \leq 0.3$ ) была изучена несколькими исследователями (*Лебедева, 1963, 1969, 1977; Шадлун, Турпенко, 1970*). Ими отмечалось резкое увеличение микротвердости, порядка 20%, в узком диапазоне составов  $0 \leq x \leq 0.02$  и связывалось с разрывом смесимости или полиморфным превращением. Однако этот вывод основывался на единственной точке, при этом чистый сфалерит не измерялся. Для проверки этих данных были синтезированы 23 образца сфалеритов ( $0 \leq x \leq 0.225$ ) из исходных ZnS особой чистоты и синтетического FeS (троилит) методом газового транспорта в вакуумированных ампулах из кварцевого стекла. В качестве транспортного агента использовался хлорид аммония (*Чареев, Осадчий, 2007*). Ампулы помещались в горизонтальную печь сопротивления. Синтез проводился при температуре 850°C с экспозицией 60 суток. Были получены кристаллы сфалерита средним поперечным размером 0.3-0.8 мм с четко выраженной огранкой. Во всех опытах дополнительных фаз или остатков реагентов обнаружено не было. Контроль качества образцов проверялся методами РФА, микронзондового анализа, микроскопически и Рамановской спектроскопии (*Osadchii, Gorbaty, 2010*). Это позволило считать, что составы полученных образцов соответствуют стартовым навескам сульфидов. Зерна помещались в брикеты из эпоксидной смолы и полировались. Измерение микротвердости по Виккерсу (HV,  $kg \cdot mm^{-2}$ ) проводилось на приборе ПМТ-3М с гирей весом 100 г. В каждом образце проводилось пять измерений на пяти зернах. Результаты измерений обрабатывались МНК. Близкое к линейному увеличение микротвердости от  $HV=168 \text{ kg} \cdot mm^{-2}$ ,  $\sigma=7.86$  для чистого сфалерита до  $HV=209 \text{ kg} \cdot mm^{-2}$ ,  $\sigma=13.68$  было установлено на пяти образцах с составами  $x=0, 0.002, 0.006, 0.008$  и  $0.01$ . Далее до состава  $x=0.06$  значение микротвердости остается практически постоянной, а затем плавно убывает до, примерно,  $175 \text{ kg} \cdot mm^{-2}$  при  $x = 0.225$ . Результаты, полученные на синтезированных в одних условиях образцах, качественно хорошо соотносятся с данными, полученными *Лебедевой (1963, 1969, 1977)* и *Шадлун, Турпенко (1970)*, подтверждают наличие максимума микротвердости в диапазоне  $0.01 \leq x \leq 0.05$  и аномального изменения  $HV(x)$  при минимальных концентрациях железа ( $0 \leq x \leq 0.01$ ) в сфалеритовом твердом растворе.

**ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИЙ СТРУКТУРНЫХ ЕДИНИЦ В ОКСИДНЫХ СТЕКЛАХ И РАСПЛАВАХ НА ОСНОВЕ СПЕКТРОСКОПИИ КР В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА КАЛИБРОВОЧНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ: БОРАТНЫЕ СТЕКЛА И РАСПЛАВЫ**

**Осипов А.А., Осипова Л.М. (ИМ УрО РАН, ЮУрГУ)**

**ESTIMATION OF THE FRACTIONS OF STRUCTURAL UNITS IN THE OXIDE GLASSES AND MELTS ON A BASE OF RAMAN SPECTROSCOPY UNDER CONDITION OF A DEFICIT OF CALIBRATION COEFFICIENTS: BORATE GLASSES AND MELTS**

**Osipov A.A, Osipova L.M. (IM UB RAS, SUSU)**

armik@mineralogy.ru, факс: (3513) 57 0286, тел.: (3513) 57 0408

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 11-03-00179-а и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры России» № П-735*

Одним из эффективных методов изучения строения оксидных систем в стеклообразном и расплавленном состояниях является спектроскопия комбинационного рассеяния света (КР). Современные методы структурной интерпретации спектров КР позволяют изучать закономерности изменения структуры оксидных стекол и расплавов не только на качественном, но и на количественном уровне. Последнее подразумевает возможность определения концентраций структурных единиц на основе измерения интегральных интенсивностей характеристических полос, соответствующих валентным колебаниям этих единиц. Пересчет интегральных интенсивностей в концентрации производится в предположении прямопропорциональной взаимосвязи между этими величинами и требует предварительного определения соответствующих коэффициентов пропорциональности. К сожалению, такие коэффициенты не всегда могут быть определены, и в таких случаях приходится ограничиваться качественным рассмотрением структуры объекта исследования. Тем не менее, в данной работе, на примере литий- и натрийборатных расплавов показано, что в условиях дефицита калибровочных коэффициентов возможно полуколичественное определение локальной структуры оксидных стекол и расплавов. Предлагаемый авторами подход позволяет получить взамен средних значений искомым концентраций (случай, когда все необходимые коэффициенты известны) интервалы допустимых значений этих концентраций в случае, когда один или более коэффициентов не могут быть определены.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СТЕКОЛ И РАСПЛАВОВ СИСТЕМЫ BaO–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ПО ДАННЫМ СПЕКТРОСКОПИИ КР

**Осипова Л.М., Осипов А.А. (ИМ УрО РАН, ЮУрГУ)**

STRUCTURAL SPECIFICITY OF GLASSES AND MELTS IN BaO–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> SYSTEM FROM RAMAN SPECTROSCOPY DATA

**Osipova L.M., Osipov A.A (IM UB RAS, SUSU)**

leyla@mineralogy.ru, факс: (3513) 57 0286, тел.: (3513) 57 0408

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 11-03-00179-а и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры России» № П-735*

Методом спектроскопии комбинационного рассеяния света (КР) изучено строение стекол и расплавов системы BaO–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с содержанием BaO, изменяющимся от 20 до 67 мол.%. Установлено, что при содержании оксида-модификатора менее 40 мол.%, локальная структура стекол барийборатной системы качественно подобна локальной структуре литий- и натрийборатных стекол и состоит, главным образом, из B $\text{O}_{3/2}$  и B $\text{O}_{4/2}^-$  единиц. Изменения структуры бариевых стекол в процессе их нагревания и плавления также аналогичны изменениям, наблюдаемым в щелочноборатных системах, и характеризуются смещением реакции изомеризации B $\text{O}_{4/2}^- \rightleftharpoons \text{B}\text{O}_{2/2}\text{O}^-$  вправо с ростом температуры. При дальнейшем увеличении оксида-модификатора качественное подобие между строением щелочноземельных и щелочных образцов нарушается. В диапазоне составов с содержанием BaO от 45 до 60 мол.% в структуре барийборатных расплавов, так же как и в структуре натрийборатных расплавов, образуются метаборатные анионы кольцевого типа (B<sub>3</sub>O<sub>6</sub><sup>3-</sup>). Однако их концентрация в расплавах системы BaO–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> существенно меньше, чем в расплавах системы Na<sub>2</sub>O–B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Кроме того, сопоставление спектров щелочных и щелочноземельных образцов с концентрацией модифицирующих оксидов более 55 мол.% показало, что бариевые расплавы характеризуются повышенной концентрацией метаборатных треугольников B $\text{O}_{2/2}\text{O}^-$  и несколько меньшим содержанием пироборатных единиц B $\text{O}_{1/2}\text{O}_2^{2-}$  по сравнению с щелочными расплавами.

**ПОЛУЧЕНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

**Пальянов Ю.Н., Борздов Ю.М., Хохряков А.Ф., Куприянов И.Н., Сокол А.Г. (ИГМ СО РАН)**

**SYNTHETIC DIAMOND CRYSTALS WITH DESIRED PROPERTIES AND PROSPECTS OF THEIR APPLICATION**

**Palyanov Y.N., Borzdov Y.M., Khokhryakov A.F., Kupriyanov I.N., Sokol A.G. (IGM SB RAS)**

palyanov@igm.ncs.ru, тел./факс: (383) 330 7501

Экспериментальные исследования по росту монокристаллов алмаза проведены на беспрессовой аппаратуре высокого давления «разрезная сфера» (БАРС) методом температурного перепада, реализованном при давлениях 5–6 ГПа в диапазоне температур 1400–1800°C при длительности ростовых циклов до 300 часов. Рекордные кристаллы достигают 10 карат и имеют размеры, превышающие 1 см.

Определено влияние основных ростовых условий (температура, давление, скорость роста, состав среды кристаллизации, тип и концентрация легирующей примеси) на формирование реальной структуры кристаллов алмаза (дефектно-примесные центры, напряжения, линейные и планарные дефекты). В результате воспроизведены основные типы кристаллов, существующих в природе, а также получены алмазы, не имеющие природных аналогов: низкодислокационные, полупроводниковые с р- и n-типом проводимости, а также кристаллы, легированные одновременно бором и азотом.

Кристаллы с различными характеристиками, полученные в ростовых экспериментах, подвергнуты постростовым воздействиям высоких температур до 2650 °С при давлении 8 ГПа с целью модифицирования их дефектно-примесной структуры. В качестве эффективных методов изменения свойств алмаза также применены радиационные воздействия (облучение электронами) и ионная имплантация.

Оптимизация условий роста и модифицирование реальной структуры и свойств монокристаллов алмаза в результате постростовых воздействий позволили устойчиво получать кристаллы с заданными свойствами и показать перспективы их применения в традиционных и новых областях: рентгеновской оптике, электронике, радиологии, медицине и для изготовления алмазных наковален.

КОНЦЕНТРАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТОВ МОЛЯРНОЙ АБСОРБЦИИ ДВУХ ФОРМ РАСТВОРЕНИЯ ВОДЫ ( $\text{OH}^-$  И  $\text{H}_2\text{O}$ ) В СИЛИКАТНЫХ И МАГМАТИЧЕСКИХ РАСПЛАВАХ (СТЕКЛАХ) В РЯДУ КИСЛЫЕ–ОСНОВНЫЕ

**Персиков Э.С. (ИЭМ РАН), Newman S. (Caltech, USA), Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН)**

CONCENTRATION DEPENDENCE OF MOLAR ABSORPTION COEFFICIENTS FOR THE TWO FORMS OF DISSOLVED WATER ( $\text{OH}^-$  AND  $\text{H}_2\text{O}$ ) IN SILICATE AND MAGMATIC MELTS (GLASSES) IN THE SERIES OF ACIDIC–BASIC MELTS

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

[persikov@iem.ac.ru](mailto:persikov@iem.ac.ru), [pavel@iem.ac.ru](mailto:pavel@iem.ac.ru), факс: 8(496) 524 9680, тел.: 8 (496) 522 5058

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 09-05-00417 и*

*№ 12-05-00164*

Разработана структурно-химическая модель расчета и прогнозирования концентрационной зависимости коэффициента молярной абсорбции различных форм растворения воды: гидроксильная форма –  $\text{OH}^-$  и молекулярная –  $\text{H}_2\text{O}$  в силикатных и магматических расплавах (стеклах) в широком диапазоне составов риолит–базальт, которая необходима для корректного количественного определения концентраций и диффузионных профилей различных форм воды в таких стеклах с помощью микро инфракрасной спектроскопии (пик  $4500 \text{ см}^{-1}$  для гидроксила  $\text{OH}^-$  и пик  $5200 \text{ см}^{-1}$  для молекул  $\text{H}_2\text{O}$ , соответственно). Новая модель позволяет значительно повысить точность определения различных форм растворения и диффузии воды ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) в таких стеклах с помощью ИК спектроскопии и может успешно использоваться также в стекольной промышленности с целью достоверного определения концентраций  $\text{H}_2\text{O}$  в технологических силикатных стеклах сложного состава. Ранее подобная модель была предложена и успешно применена (Persikov et al., 2010) для более узкого диапазона составов (водосодержащие андезитовые и базальтовые расплавы–стекла).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ  
РАСТВОРЕННОЙ ВОДЫ НА ДИФФУЗИОННУЮ ПОДВИЖНОСТЬ H<sub>2</sub>O В РАСПЛАВАХ  
ДАЦИТА ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

**Персиков Э.С., Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН), Newman S. (Caltech, USA)**

EXPERIMENTAL STUDY OF WATER CONTENT EFFECT ON DIFFUSION MOBILITY OF  
H<sub>2</sub>O IN DACITE MELTS AT HIGH PRESSURES

**Persikov E.S., Buhtiyarov P.G. (IEM RAS), Newman S. (Caltech, USA)**

pavel@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 9687, тел.: 8(496) 524 9687

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 09-05-00417, № 12-05-00164) и  
программы 9 ОНЗ РАН*

Все предыдущие исследования диффузии воды в силикатных и магматических расплавах, включая и наши (*Persikov et. all, 2010*), не обеспечивали строго экспериментального определения зависимости коэффициента диффузии воды от ее концентрации в магматических расплавах. Поэтому была разработана новая, мало градиентная методология, которая позволяет получать строго экспериментально обоснованные зависимости  $D(H_2O)$  от  $C(H_2O)$  в силикатных и магматических расплавах, и которая не зависит от выбора граничных условий и способов решения уравнений диффузии. Экспериментальная проверка предложенной методологии позволила решить сложную проблему определения функциональной зависимости диффузии воды от ее содержания в модельных дацитовых расплавах (система альбит + диопсид + волластонит,  $Ab_{90}Di_8Wo_2$ , мол. %) в полном диапазоне валового содержания воды в расплаве 0.2–6.0 масс. %,  $T=1200^\circ C$  и давлениях  $H_2O$  до 200 МПа. Эксперименты проводили на установке высокого газового давления с внутренним нагревом, снабженной оригинальным уравнителем-разделителем. Диффузию воды изучали в изотермических условиях методом гидратации безводных и водосодержащих расплавов, с градиентами  $C(H_2O)$  не более 0.5–1.0 масс. %. Концентрацию воды вдоль диффузионных профилей определяли с помощью количественной микро ИК спектроскопии, а значения коэффициентов диффузии определяли путем аналитического решения второго диффузионного закона Фика по методу Больцмана-Матано (*Persikov et. all, 2010*). Строго экспериментально и достоверно установлена экспоненциальная зависимость коэффициента диффузии воды от  $C(H_2O)$  в модельных расплавах дацитового состава при указанных параметрах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАСОМАТОЗА В  
НАДСУБДУКЦИОННОЙ МАНТИИ: СКРЫТЫЙ ХАРАКТЕР ЯВНОГО ПРОЦЕССА

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

EXPERIMENTAL MODELING OF METASOMATISM IN THE SUBDUCTION WEDGE  
MANTLE: CRYPTIC TYPE OF MODAL PROCESS

**Perchuk A.L. (geol. faculty MSU; IEM RAS), Япаскурт V.O. (geol. faculty MSU)**

alp@geol.msu.ru, факс: 8(495) 932 8889, тел.: 8(495) 939 1305

Гранты РФФИ 09-05-01217 и 12-05-00991

В зависимости от характера преобразования исходных пород выделяют два типа мантийного метасоматоза – явный (modal) и скрытый (cryptic). С первым типом метасоматоза традиционно связывается реакционный рост водных минералов (амфибола, слюды), а также ортопироксена, развивающегося по прожилкам или границам зерен оливина. Скрытый метасоматоз обнаруживается только по изменению химического состава минералов, причем зачастую не на уровне породообразующих, а рассеянных элементов (LILE, LREE, HFSE), подтверждая, таким образом, бессилие петрологических методов в диагностике этого вида метасоматоза. Цель данной работы - показать, что продукты преобразования мантийных перидотитов в результате явного метасоматоза будут неотличимы в природных условиях от продуктов скрытого процесса.

В эксперименте (168 часов,  $P=29$  кбар, и  $T=800^{\circ}\text{C}$ ), моделирующем преобразование висячего крыла мантии в так называемой "горячей" зоне субдукции, в качестве исходных веществ использовались порошки оливина (модельный аналог мантии) и глаукофанового сланца (модельный аналог коры). Исходные вещества помещались в 5 мм ампулу в виде «сэндвича», в котором глаукофановый сланец находился ниже, чем оливин. Опыт выполнялся на установке "цилиндр-поршень" в ИЭМ РАН.

В ходе эксперимента глаукофан, составляющий 95% исходной породы, заместился агрегатом зерен омфациита, граната и кварца, к которым в верхней половине глаукофансланцевой области присоединился идиоморфный ортопироксен. Водный флюид, выделившийся при разложении глаукофана, выносил из исходной породы Si, Al и K. Взаимодействуя с оливином, он способствовал образованию ортопироксенового слоя. Выше ортопироксенового слоя во всей оливиновой области образовывался еще один ортопироксен, реже Fe–Mg–Ca гранат и магнезит. Все минералы равномерно и без каких-либо реакционных структур распределены в оливиновой области. Здесь же встречаются следы жидкости, переносящей компоненты для роста новых фаз - это крайне редкие и мелкие (<2 мкм) червеобразные участки со стеклом, в котором фиксируются отчетливые пики K и Al.

Эксперимент демонстрирует, что в ходе метасоматического преобразования дунита может образовываться гранатовый перидотит (гарцбургит), лишенный каких либо признаков реакционного замещения первичного оливина.

МАГНИТНЫЕ МИНЕРАЛЫ МЕТЕОРИТОВ – ИНФОРМАЦИЯ О СТРОЕНИИ И  
ЭВОЛЮЦИИ ПЛАНЕТ

**Печерский Д.М., Марков Г.П. (ИФЗ РАН)**

MAGNETIC MINERALS OF METEORITES: THE DATA ON THE STRUCTURE AND  
EVOLUTION OF PLANETS

**Pechersky D.M., Markov G.P. (IPE RAS)**

diamarmp@gmail.com, тел.: 8(495) 454 9465

Проведены термомагнитный, микронзондовый анализы 25 метеоритов разных типов. Во всех метеоритах, независимо от их типа, присутствуют одни и те же основные магнитные минералы – Fe–Ni сплавы. По содержанию Ni для них характерно трехмодальное распределение: 1) чистое железо с модой 0%, 2) камасит (мода 5–6% в железных и железоканниых метеоритах и 3% в канниых метеоритах), 3) тэнит (мода 50%) в канниых метеоритах. Присутствует также шрейберзит, который по содержанию Ni занимает промежуточное положение между камаситом и тэнитом.

Обнаруженное единообразие магнитных минералов свидетельствует об единообразии физико-химических условий их образования на ранней стадии формирования Солнечной системы. Предлагается «петромагнитный» разрез планет: в коре главные магнитные минералы – титаномагнетиты; в верхней мантии магнитные минералы коры отсутствуют и по мере приближения к ядру в мантии появляются Fe–сульфиды, Fe–Ni сплавы и шрейберзит; в ядре последние два преобладают. Судя по распределению шрейберзита и Fe-сульфидов, сера сосредотачивается в нижней мантии, фосфор – в ядре.

В осадках, как и в метеоритах, наблюдается аналогичное единообразие внеземных магнитных минералов: это, в основном, самородное железо (чистое железо и камасит), встречающееся в осадках повсеместно и связанное с космической пылью.

ТРАНСФОРМАЦИЯ БИТУМОИДЫ–ГРАФИТ (ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)

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

BITUMEN–GRAPHITE TRANSFORMATION (AFTER EXPERIMENTAL DATA)

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

makarovo38@mail.ru, факс: 8(423) 231 7847, тел.: 8(423) 231 7601

*Авторы благодарны ДВО РАН за финансовую поддержку грант 12-3-А-08-154*

Деструкция углеродистого вещества (УВ) – ключевая проблема катагенеза углей, нефти и условий формирования чёрных сланцев. В этой связи изучено влияние термализации на структуру асфальтенов, выделенных из Павловских бурых углей (Приморье). Использован ампульно-автоклавный метод, Au и Pt ампулы (200–500°C,  $P_{\text{общ}} = 1$  кбар). Продукты опытов фракционировали на водную и растворимую в спирто-бензольной смеси при 50°C (РФ) фракции и нерастворимый остаток (НО). РФ и НО изучены ИК-спектроскопией, концентрацию Au и Pt в них определяли атомно-абсорбционным методом. Судя по ИК-спектрам, рост температуры увеличивает в РФ и НО степень ароматизации УВ. При 500°C алифатические соединения исчезают, и аморфный кероген переходит в слабо упорядоченный графит. На сканирующем электронном микроскопе видна глобулярная (глобули 200–500 мкм) микроструктура графита с порами (сечением 1–25 мкм).

Предложены два механизма концентрирования металлов в УВ: хемосорбция с образованием металлоуглеродных соединений (1), выполнение пор и каналов в межплоскостном пространстве графита (2). Скорости процессов различны. Так, хемосорбция в опытах длительностью 7 суток (при 500°C) позволяет фиксировать концентрирование Au и Pt в РФ и НО. Установить заполнение пор в графите экспериментально не удалось: требуется бóльшая экспозиция и проточный реактор. Таким образом, впервые экспериментально выполнен гидротермальный переход бурый уголь → асфальтены → графит и установлена высокая сорбционная емкость последнего в отношении Au и Pt.

СИНТЕЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛАТИНЫ В ХОДЕ ОКИСЛЕНИЯ Mn(II)–Mn(III)  
ПРИ 200–300°C И  $P = 1$  КБАР

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

SYNTHESIS OF THE NANOCRYSTALLINE PLATINUM DURING Mn(II)–Mn(III)  
OXIDATION AT 200–300°C AND  $P = 1$  kb.

**Plyusnina L.P. and Likhoidov G.G. (FEGI RAS)**

makarovo38@mail.ru, факс: 8(423) 231 7847, тел.: 8(423) 231 7601

*Авторы благодарны ДВО РАН за финансовую поддержку грант 12-3-А-08-154*

При изучении растворимости металлической платины в воде и водных растворах 1m NaCl и 0.1m HCl,  $fO_2$  которых задавала смесь MnO–Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, наблюдали осаждение изометричных агрегатов нанокристаллов Pt (60–550 нм) на грани кристаллов гаусманита. Источником Pt при растворении в системе Mn–H<sub>2</sub>O–Cl служили стенки герметизированных платиновых ампул. После опытов концентрацию Pt в растворах измеряли на атомном абсорбере фирмы Хитачи. Фазовый состав твердых продуктов опытов определяли рентгенофазовым анализом на аппарате ДРОН–3, химический - на сканирующем электронном микроскопе EVO–50 XVP. Опыты выполнены ампульным методом в автоклавах из сплава титана. Кинетические кривые растворения Pt фиксируют кооперативный синергетический эффект, возникающий путем совмещения концентрационных и кристаллизационных волн. При 200-300°C MnO не устойчив и окисляется до Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> с образованием промежуточных метастабильных гидроксидов: Mn<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>Cl, MnOOH и Mn(OH)<sub>2</sub>. Кристаллизация их синхронизируется с колебаниями редокс-потенциала, активности воды,  $pH$ , увеличивая неравновесную концентрацию Pt в сосуществующих растворах в диапазоне  $-5.72 < I_{gmPt} < -3.81$ . Результатом является спонтанное осаждение из раствора кристаллов Pt ( $d/n$ - 2.265, 1.96, 1.387, 1.133 Å). С ростом экспозиции опытов до 60 сут., соединения Mn стабилизируются в Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, и растворимость Pt достигает  $I_{gmPt} = -6.00$ .

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМЕ PdO–H<sub>2</sub>O ПРИ 25 °С

**Полотнянко Н.А., Ходаковский И.Л. (Ун-т «Дубна»)**

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF COMPOUNDS IN THE SYSTEM PdO–H<sub>2</sub>O AT 25°C

**Polotnyanko N.A., Khodakovsky I.L. (Dubna Univ.)**

igor-kho@yandex.ru, тел.: 8(496) 219 0747; 8(499) 137 5742

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 06-05-64513, 07-05-01108)*

Проведено согласование литературных данных по термодинамическим свойствам веществ и частиц в водном растворе, существующих в гетерогенной системе PdO–H<sub>2</sub>O и рекомендованы константы равновесия реакций растворения PdO(к) и Pd(OH)<sub>2</sub>(ам) в воде, реакций гидролиза иона Pd<sup>2+</sup>(aq).

Полученное в настоящей работе значение  $\Delta_f G^\circ_{298.15}$  для Pd<sup>2+</sup>(aq) существенно отличается (на 6 кДж/моль) от величин, приведенных в фундаментальных термодинамических справочниках и вычисленных на основе экспериментальных данных по измерению потенциала палладиевого электрода при 25 °С. Для выяснения причин полученного несоответствия необходим детальный анализ литературных данных по термодинамическим свойствам соединений в системе Cl–Pd (aq).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИОНА  $\text{Pd}^{2+}(\text{aq})$  И ХЛОРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ  
ПАЛЛАДИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

**Полотнянко Н.А., Ходаковский И.Л. (Ун-т «Дубна»)**

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF  $\text{Pd}^{2+}(\text{aq})$  AND PALLADIUM CHLORIDE  
COMPLEXES IN AQUEOUS SOLUTIONS

**Polotnyanko N.A., Khodakovsky I.L. (Dubna Univ.)**

igor-kho@yandex.ru, тел.: 8(496) 219 0747, 8(499) 137 5742

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 06-05-64513, 07-05-01108)*

На основании экспертных оценок литературных данных по термодинамическим свойствам веществ системы  $\text{Cl-Pd}(\text{aq})$ , рекомендованы ступенчатые и общие константы устойчивости комплексных частиц состава  $[\text{PdCl}_n]^{2-n}$ , определен стандартный электродный потенциал полуэлемента  $\text{PdCl}_4^{2-}/\text{Pd}(\text{к})$   $E^\circ_{298.15} = 0.646 \pm 0.007$  В, которому соответствует значение  $\Delta_f G^\circ_{298.15} = -400.4 \pm 1.4$  кДж/моль для иона  $\text{PdCl}_4^{2-}$ . Используя результаты калориметрических исследований рассчитаны величины  $\Delta_f H^\circ_{298.15}(\text{PdCl}_4^{2-}) = -524.6 \pm 1.6$  кДж/моль и  $\Delta_f H^\circ_{298.15}(\text{Pd}^{2+}) = 189.7 \pm 2.6$  кДж/моль. Сопоставление принятых значений общей константы устойчивости иона  $\text{PdCl}_4^{2-}$  и стандартного электродного потенциала полуэлемента  $\text{PdCl}_4^{2-}/\text{Pd}(\text{к})$  позволяет рекомендовать  $\Delta_f G^\circ_{298.15} = 190.1 \pm 1.4$  кДж/моль и  $S^\circ_{298.15} = -94.2 \pm 9.9$  Дж/(моль·К) для иона  $\text{Pd}^{2+}(\text{aq})$ .

О ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ БИНАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАТИОН-АНИОН ОТ ПЛОТНОСТИ ВОДЫ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ДЛЯ ПРОСТОЙ МОДЕЛИ (SIT) КОЭФФИЦИЕНТОВ АКТИВНОСТИ

**Попова Е.С. (Ун-т «Дубна»), Плясунов А.В. (ИЭМ РАН)**

ABOUT LINEAR DEPENDENCE OF PARAMETERS OF BINARY CATION-ANION INTERACTION ON WATER DENSITY AT HIGH TEMPERATURES FOR SIMPLE MODEL OF ACTIVITY COEFFICIENTS (SIT)

**Popova E.S. (Dubna Univ.), Plyasunov A.V. (IEM RAS)**

zhenya000@mail.ru

Для 1-1 электролита SIT модель дает следующее выражение для среднеионных коэффициентов активности:

$$\ln \gamma_{\pm} = DH + b_{\gamma} m,$$

где  $DH$  – это электростатический член,  $b_{\gamma}$  – параметр бинарного взаимодействия катион-анион,  $m$  – моляльность электролита. Можно ли предсказать величины бинарного параметра при высоких  $T$  и  $P$ ?

Параметр бинарного взаимодействия можно связать с плотностью воды  $\rho_1^*$  следующим соотношением:

$$b_{\gamma} \approx \frac{4\pi a^3}{3} \cdot \frac{C}{m} = const \cdot \frac{C}{m} = const \cdot \frac{1000\rho}{1000 + mM} \approx \rho_1^* \cdot const$$

Таким образом, предполагается, что параметр  $b_{\gamma}$  приблизительно постоянен в изохорных условиях и линейно уменьшается с уменьшением  $\rho_1^*$ . Это явление характерно для ряда 1-1 электролитов при  $T > 360$  К.

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В  
ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ РУДООБРАЗУЮЩЕМ РАСТВОРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ИУЛЬТИН И СВЕТЛОЕ (ЧУКОТКА)

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

**Сущевская Т.М. (ГЕОХИ РАН)**

ESTIMATES OF REE DISTRIBUTION IN THE HYDROTHERMAL OREFORMING FLUID OF  
THE IULTIN AND SVETLOE DEPOSITS (CHUKOTKA)

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

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

julka\_p@rambler.ru, тел.: 8(495) 939 1239

РФФИ 10-05-00670

Содержание редкоземельных элементов в монофракциях минералов и породах определялось методом ICP–MS с использованием масс-спектрометра Element–2. Концентрации РЗЭ в гидротермальных растворах равновесных с флюоритом, вольфрамитом и шеелитом рассчитаны с использованием соответствующих коэффициентов распределения (*Raimbault, 1985*).

Во флюоритах отмечается изменение спектров РЗЭ, которое соответствует наличию двух генераций. При осаждении одной генерации, вероятно, преобладала экзогенная составляющая в рудоносном флюиде. При осаждении другой, более ранней, генерации, с ярко выраженным европиевым минимумом, по-видимому, преобладала магматогенная составляющая в рудоносном флюиде.

Спектры РЗЭ в вольфрамите дают основания полагать, что во время его осаждения преобладала магматогенная составляющая во флюиде. Состав вольфрамитов, определенный микронзондовым анализом, варьирует от 26% до 92%  $MnWO_4$ . Вольфрамит обоих месторождений неоднороден, в зернах встречаются участки другого состава.

Полученные данные согласуются с представлениями о том, что в гидротермальных системах месторождений активно протекали процессы гетерогенизации рудообразующих растворов и смешения магматогенных флюидов с метеорными водами, прошедшими через взаимодействие с вмещающими породами, что и приводило к образованию касситерит-вольфрамитовых руд (*Сущевская, 2005*).

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ СИБИРСКОГО КРАТОНА ПО  
ДАНЫМ СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ РИФТ И МЕТЕОРИТ

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

INTERNAL STRUCTURE OF THE SIBERIAN LITHOSPHERIC MANTLE ALONG SEISMIC  
PROFILES RIFT AND METEORITE

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

irishrover@yandex.ru

Методом термодинамического моделирования проведена реконструкция термального состояния и плотности литосферной мантии Сибирского кратона. Восстановление температуры на глубинах 100–300 км проведено инверсией сверхдлинных сейсмических профилей Рифт и Метеорит для среднего состава гранатового перидотита с учетом фазовых превращений, ангармонизма и эффектов неупругости. Восстановление осредненной температуры в нормальной континентальной мантии проведено инверсией референц-модели АК135 для деплетированного и фертильного вещества. Одномерные модели и двумерные тепловые поля показывают значительное понижение температур ( $\sim 300^\circ\text{C}$ ) под Сибирским кратоном по сравнению с температурами континентальной мантии и палеотемпературами из данных по термобарометрии ксенолитов. Выведенные из сейсмических данных профили температур лежат между кондуктивными геотермами  $32.5\text{--}35\text{ мВт/м}^2$  и располагаются ниже  $P(H)\text{--}T$  оценок для низко- и высокотемпературных ксенолитов из кимберлитовых трубок кратона. Мощность термической литосферы, определенная по пересечению с потенциальной адиабатой, составляет 300–320 км. Проведено сравнение с данными по тепловым потокам, термобарометрии и сейсмотомографии.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ УРАНИЛ-ИОНА НА  
РУТИЛЕ

**Разворотнева Л.И., Маркович Т.И. (ИГМ СО РАН)**

PHYSICO-CHEMICAL PECULIARTIES OF URANIL ION ACCUMULATION BY RUTILE

**Razvorotneva L.I., Markovich T.I. (IGM SB RAN)**

rasvorot@igm.nsc.ru, факс: (383) 333 2792, тел.: (383) 333 3112

Гидратированный рутил проявляет высокую адсорбционную активность по отношению к водорастворимой форме урана ( $UO_2^{+2}$ ) и может быть использован как сорбент. В качестве объекта исследования использовалась суспензия рутила, состоящая из 75% природного рутила (твердая фаза 20 меш) и 25% воды. Эксперименты по сорбции проводились в широком диапазоне pH (от 1.5 до 10) при  $20 \pm 1^\circ C$  при активном перемешивании на магнитных мешалках. Растворы урана готовились из азотнокислой соли уранила ( $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ). Полученные изотермы сорбции (при различных pH и ионной силе растворов) были описаны уравнением Ленгмюра. Рассчитанные значения предельной величины сорбции составили, в зависимости от величины pH растворов, от 150 до 210  $мкг/м^2$ . Замедление кинетики сорбции при увеличении концентрации урана в растворе до  $10^{-3}$  М (т.е. при высоком заполнении поверхности ионами уранила) свидетельствовали о диффузионных процессах в поровом пространстве рутила. Методом ИК и ЭПР-спектроскопии показана роль дефектов структуры в формировании сорбционных комплексов урана на поверхности рутила.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАСТВОРИМОСТИ  
ПИРОХЛОРА И УРАНИНИТА ВО ФТОРИДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ 800°C, 2300 БАР, Co–  
CoO БУФЕРЕ

**Редькин А.Ф. (ИЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF JOINT SOLUBILITY OF PYROCHLORE AND URANINITE IN  
FLUORIDE SOLUTIONS AT 800°C, 2300 BARS, AND Co–CoO BUFFER

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

redkin@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 522 5861

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

Исследована растворимость синтетического U-пирохлора (примерный состав пирохлора  $(\text{Na}_{1.0}\text{Ca}_{0.7}\text{U}_{0.3})(\text{Nb}_{1.0}\text{Ta}_{1.0})\text{O}_6\text{F}_{0.7}$ ) и уранинита ( $\text{UO}_{2.03}$ ) при  $T=800^\circ\text{C}$ ,  $P=2300$  бар в растворах P-Q типа, содержащих от 5 до 25 % фторидов и до 2 моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$  кремнекислоты. Состав флюида выбран на основе анализа экспериментальных данных, полученных в системе расплав Li–F гранита–хлоридно-фторидный флюид при указанных  $T$ – $P$  параметрах. Состав этого сложного флюида, по-видимому, соответствует 3-х фазовой флюидной системе ( $\text{L}_1+\text{L}_2+\text{Si}$ -расплав). Исходный раствор содержал также 0.66 моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$  хлоридов (Na, K, Li) и 0.01 мНCl. Кислотность раствора, равновесного с расплавом Li–F гранита, соответствовала 0.01–0.1 мНCl. Полученные данные указывают на то, что валовая растворимость U, Nb и Ta в таком флюиде значительна, имеет явную положительную тенденцию от общей концентрации фторидов в растворе.

**ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ВАРИАЦИЯХ ПОЛЕЙ РАДОНА  
СЕЙСМИЧЕСКОГО ШУМА И ТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ТОКА**

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

**FLUIDDYNAMIC EFFECTS IN VARIATIONS OF THE FIELDS OF RADON SEISMIC NOISE  
AND TELLURIC CURRENT**

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

rudak45@mail.ru, тел.: 8(499) 254 9006

При изучении особенностей флюидопереноса в одном из карстоопасных районов Нижегородской области были проведены компарационные измерения вариаций эманационного (радонового) поля, полей сейсмического шума и магнитотеллурического тока, результаты которых подверглись совместной спектрально-корреляционной обработке. Полученные данные свидетельствуют о взаимозависимости измерявшихся параметров, имеющих принципиально различную физическую природу. Установленные эффекты связаны с флюидодинамикой приповерхностной части рыхлых отложений горных пород, определяющей, в том числе, динамику активизации процессов физико-химической деструкции карбонатных отложений.

**ФАКТОРЫ ГЛОБАЛЬНОГО ФЛЮИДОПЕРЕНОСА И КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ  
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ**

**Рудаков В.П. (ИФЗ РАН)**

**FACTORS OF GLOBAL FLUID TRANSMISSION AND CATASTROPHIC EARTHQUAKES**

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

rudak45@mail.ru, тел.: 8(499) 254 9006

При изучении динамики флюидопереноса и сейсмической активности на геодинамических полигонах республик бывшего СССР были установлены некоторые закономерности изменения напряженно-деформированного состояния земной коры, которые составляют основу и определяют детерминированность процессов подготовки катастрофических геодинамических событий (землетрясений и вулканических извержений). Эти закономерности обусловлены иерархической суперпозицией волновых геодеформационных процессов, порождаемых соответствующими вариациями скорости вращения Земли. Показано, что катастрофические землетрясения последних лет, включая землетрясение в Японии 11.03.2011 г. укладываются в рамки установленных ранее закономерностей.

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ КОРТЛАНДИТОВ КАМЧАТКИ ПО СОСТАВАМ АМФИБОЛОВ

**Симакин А.Г., Закревская О.Ю., Салова Т.П. (ИЭМ РАН)**

ASSESSMENT OF CONDITIONS OF CRYSTALLIZATION CORTLANDITE OF КАМЧАТКА BY AMPHIBOLE COMPOSITIONS

**Simakin A.G, Zakrevskaya O. Y., Salova T.P. (IEM RAS)**

simakin@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 9687, тел.: 8(496) 524 9687

В Срединном хребте Камчатки обнаружены месторождения сульфидно-никелевых платиносодержащих руд. Эти руды локализованы в амфиболсодержащих ультраосновных породах – кортландитах (*Селянгин, 2009*). Нами определено давление формирования этих магматических пород, с помощью недавно откалиброванного амфиболового барометра (*Simakin et al., 2012*). Давление оценивалось по содержанию октаэдрического алюминия в структуре амфибола. По результатам микрондовых анализов рассчитывалось экстраполированное асимптотическое содержание  $Al^{VI}_{max}$  при нулевом содержании многозарядных катионов, также занимающих октаэдрическую позицию М. Параметр  $Al^{VI}_{max}$  является функцией давления. Барометр откалиброван по нашим экспериментальным и литературным данным.

Для определения давления формирования кортландитов, мы использовали как данные наших анализов, так и литературные данные. Наши оценки давления (около 8 кбар) совпадают с максимальным давлением, согласно анализу метаморфических парагенезисов вмещающих пород в 6.3–8 кбар (*Селянгин, 2009*). Столь высокое давление отвечает глубине становления кортландитов – 24–27 км. Установленная большая глубина кортландитов в эоценовое время противоречит представлениям некоторых геологов (*Селянгин, 2009*) и является важным маркером при геодинамических реконструкциях истории Камчатки.

НАПРАВЛЕННАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ РАСПЛАВА СОСТАВА  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$

**Синякова Е.Ф. (ИГМ СО РАН), Косяков В.И. (ИИХ СО РАН)**

DIRECTIONAL SOLIDIFICATION OF THE MELT OF  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  COMPOSITION

**Sinyakova E.F. (IGM SB RAS), Kosyakov V.I. (NIIC SB RAS)**

efsin@igm.nsc.ru, факс: (383) 333 27 90, тел.: (383) 333 30 26

kosyakov@niic.nsc.ru, факс: (383) 330 94 89, тел.: (383) 330 92 59

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-05-00099-а и программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН № 2*

Кубанит ( $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  – cb) встречается в виде включений разного размера и в виде очень крупных кристаллов в массивных рудных телах месторождений норильской группы. Однако на фазовой диаграмме Cu–Fe–S отсутствует поле кристаллизации кубанита (*Kullerud et al., 1969*). Поэтому принято считать, что он образуется при твердофазном распаде первичного промежуточного твердого раствора (iss). С другой стороны, в работе (*Dutrizac, 1976*) приведены данные термического анализа природного и синтетического кубанита, свидетельствующие о его инконгруэнтном плавлении при  $902^\circ\text{C}$ .

В докладе приведены результаты экспериментальной проверки возможности образования кубанита при квазиравновесной направленной кристаллизации расплава состава: Fe 33.3, Cu 16.7, S 50.0 ат.%. Полученный образец изучен методами микроскопии, рентгенофазового, микрорентгеноспектрального и термического анализов. Показано, что из расплава последовательно кристаллизуются пирротин, кубанит и, возможно, iss + cb. При охлаждении первичные минералы частично распадались с образованием многофазных смесей. Эти данные свидетельствуют о существовании поля кристаллизации кубанита на тройной фазовой диаграмме и о возможности образования кубанитовых руд в процессе фракционной кристаллизации сульфидной магмы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ MgO–SiO<sub>2</sub>–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ПРИ 7–16 ГПа И 1200–1800°C

Сироткина Е.А., Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ), Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE SYSTEM MgO–SiO<sub>2</sub>–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> AT 7–16 GPa AND 1200–1800°C

Sirotkina E.A., Bobrov A.V. (geol. dept. MSU), Litvin Yu.A. (IEM RAS)

katty.ea@mail.ru, факс: 8(495) 932 8889, тел.: 8(495) 939 4929

Поддержка: РФФИ (12-05-00426), Грант Президента РФ для молодых ученых (МД-534.2011.5)

В работе представлены первые результаты экспериментального изучения фазовых отношений в системе MgO–SiO<sub>2</sub>–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при 7–16 ГПа, проведенного с целью установления условий образования, структурных особенностей и эволюции состава хромсодержащих мэйджоритовых гранатов, являющихся типичными минералами-спутниками алмаза и характеризующих *PT*-параметры сублитосферной мантии. Данная система моделирует поведение двух главных компонентов глубинных гранатов – мэйджорита (в упрощенном виде Mg<sub>4</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>12</sub>, *Maj*) и кноррингита (Mg<sub>3</sub>Cr<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>, *Knr*). Эксперименты проводились на тороидальной твердофазной установке типа «наковальня с лункой» НЛ-13Т в ИЭМ РАН (7 ГПа) и многопуансонном аппарате высокого давления в Баварском Геоинституте (Байройт, Германия) (12–16 ГПа). При 7 ГПа и 1200–1900°C (в поле стабильности энстатита MgSiO<sub>3</sub>, *En*) были изучены стартовые составы *Knr*<sub>50</sub>*En*<sub>50</sub>, *Knr*<sub>70</sub>*En*<sub>30</sub>, *Knr*<sub>30</sub>*En*<sub>70</sub> и *Knr*<sub>100</sub>*En*<sub>0</sub>. Фазовые ассоциации во всех опытах включали в себя энстатит с примесью хрома (до 7.23 мас. % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и эсколаит (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, *Esk*). Установлено увеличение содержания хрома в энстатите с температурой. При 12–16 ГПа и 1400–1600°C были синтезированы кноррингит–мэйджоритовые гранаты широкого диапазона составов; в качестве примесной фазы во всех образцах был зафиксирован *Esk*. Характерно, что даже для стартового состава Mg<sub>3</sub>Cr<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub> полученный гранат содержал существенную примесь мэйджоритового компонента, что отражает более значимое влияние давления на образование мэйджорита по сравнению с кноррингитом. При 16 ГПа и 1600°C были впервые синтезированы кристаллы граната, богатого *Knr*, что позволило нам получить его кристаллохимические параметры и рамановские спектры. Кристаллическая структура граната была исследована с использованием монокристаллического дифрактометра Oxford Diffraction Xcalibur.

Установлена кубическая сингония минерала с пространственной группой  $Ia\bar{3}d$  и параметрами ячейки  $a = 11.5718(1) \text{ \AA}$ ,  $V = 1549.54(2) \text{ \AA}^3$ , что

в целом неплохо соответствует полученным ранее данным рентгеновской порошковой дифракции для гранатов сходного состава (*Juhin et al., 2010*). Структурная формула изученного минерала Mg<sub>3</sub>(Cr<sub>0.790</sub>Mg<sub>0.105</sub>Si<sub>0.105</sub>)<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>. Анализ структурных особенностей гранатов промежуточного состава *Maj*–*Knr* показал, что увеличение в их составе *Maj* приводит к постепенному уменьшению параметра ячейки.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И ЛИНИЯ РАВНОВЕСИЯ АЛМАЗ–ГРАФИТ

**Соколова Т.С., Дорогокупец П.И., Данилов Б.С. (ИЗК СО РАН)**

EQUATIONS OF STATE AND DIAMOND–GRAPHITE EQUILIBRIUM LINE

**Sokolova T.S., Dorogokupets P.I., Danilov B.S. (IEC SB RAS)**

sokolovats@crust.irk.ru, dor@crust.irk.ru, boris@crust.irk.ru,

факс: (3952)427000, тел: (3952)511680

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (12-05-00758) и интеграционного проекта № 97 СО РАН*

Недавно Н. W. Day (2012, <http://dx.doi.org/10.2138/am.2011.3763>) пересмотрел термодинамику линии перехода алмаз-графит. Он использовал классические методы расчета термодинамического равновесия (Holland, Powell, 1998; и др.). Поэтому интересно выяснить положение этой линии равновесия, рассчитанной с использованием физически корректных уравнений состояния алмаза и графита. Мы построили уравнения состояния алмаза и графита с использованием формализма (Dorogokupets, Oganov, 2007; Соколова, Дорогокупец, 2011, <http://ptosnm.ru/catalog/s/67>). В докладе будут рассмотрены особенности этих уравнений состояния, будет проведено сравнение с экспериментом и расчетом по имеющимся базам термодинамических данных.

УВЕЛИЧЕНИЕ МАГНЕЗИАЛЬНОСТИ ОЛИВИНА КАК ИНДИКАТОР ПОТЕРИ H<sub>2</sub> ИЗ  
РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

**Соловова И.П., Гирнис А.В. (ИГЕМ РАН)**

INCREASE OF OLIVINE Mg-NUMBER AS AN INDICATOR OF H<sub>2</sub> LOSS FROM MELT  
INCLUSIONS

**Solovova I.P., Girnis A.V. (IGEM RAS)**

solovova@igem.ru, факс: 8(495) 951 1587, тел.: 8(499) 230 8415

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ, программы поддержки  
ведущих научных школ и проектов ОНЗ РАН*

При изучении расплавных включений во вкрапленниках оливина из бонинитов Новой Каледонии обнаружена необычная зональность в оливине – повышение его магнезиальности в зоне, непосредственно контактирующей со стеклом. Известно, что бонинитовые магмы характеризуются повышенными содержаниями воды. Согласно нашим данным, ее количество в гомогенных включениях (температура гомогенизации 1250–1300°C) составляет не менее 1.5 мас.%, а в стеклах негретых включений достигает 4 мас.%. При излиянии магмы на поверхность происходит дегазация и создается градиент потенциала воды в направлении от включений к границе оливина-хозяина. Высокие концентрации H<sub>2</sub>O в расплаве включений стимулирует ее взаимодействие с железом по реакции  $2\text{FeO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2$ . Образующийся Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> сохраняется в расплаве и не участвует в образовании оливина при снижении давления. Потеря всего 0.1 мас % H<sub>2</sub>O приводит к окислению примерно 0.8 мас.% FeO. Расчеты показали, что такое изменение состава расплава приведет к повышению отношения Mg/(Mg + Fe) в оливине на 0.007–0.01. Таким образом, наблюдаемое увеличение магнезиальности оливина вблизи включений может быть объяснено потерей десятых долей процента H<sub>2</sub>O. При этом характер изменения состава оливина вблизи стенок включений зависит от соотношения скоростей потери воды и кристаллизации оливина на стенке включения. Несколько факторов благоприятны для развития данного явления в бонинитах: высокое содержание воды в расплавах, высокие температуры и низкое содержание железа в бонинитовых магмах (5–8 мас.% FeO<sub>сум</sub> при 10–15 мас.% MgO).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ЩЕЛОЧНОГО КАРБОНАТА  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  В *PT*-УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ И НИЖНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

Солопова Н.А. (*геол.ф-т МГУ*), Литвин Ю.А., Спивак А.В. (*ИЭМ РАН*), Дубровинский Л.С. (*Баварский геоинститут, Байройт*)

EXPERIMENTAL STUDY OF PHASE STATE OF ALKALINE CARBONATE  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  AT *PT*-CONDITIONS OF THE EARTH'S TRANSITION ZONE AND LOWER MANTLE

Solopova N.A. (*geol. dept. MSU*), Litvin Yu.A., Spivak A.V. (*IEM RAS*), Dubrovinsky L.S. (*Bayerisches Geoinstitut, Bayreuth*)

solopenok@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 9687, тел.: 8(496) 522 5876

Данные аналитической минералогии сингенетических минеральных включениях в сверхглубинных алмазах (для обзора см. *Kaminsky, 2011*) характеризуют общий химический состав материнской среды не только алмазов, но и всей совокупности первичных (сингенетических) включений в них. Материнская среда сверхглубинных алмазов является многокомпонентной и гетерогенной, о чем свидетельствуют включения оксидов, силикатов, карбонатов, сульфидов и др. веществ. Среди первичных включений в сверхглубинных алмазах идентифицированы нано- и микровключения карбонатов, в том числе арагонита (кальцита)  $\text{CaCO}_3$ , доломита  $\text{CaMgCO}_3$ , ниерерита  $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$  и нахколита  $\text{NaHCO}_3$ . Включения щелочных карбонатов, помимо их значения для решения проблемы генезиса сверхглубинных алмазов, особенно интересны в связи с вопросами о «концентраторах» Na-компонентов в сверхглубинном веществе мантии, их роли в метасоматической и магматической эволюции глубинного вещества Земли, в формировании Na-содержащих силикатов (например, Na-мэйджоритовых гранатов, известных как включения в алмазах) и др. В связи с этим особый интерес представляют физико-химические свойства «глубинного» карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , которые могут быть достоверно изучены исключительно в физико-химическом эксперименте при высоких *P* и *T*.

В настоящей работе влияние давления и температуры на свойства карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  изучалось методом спектроскопии комбинационного рассеяния в интервале статических давлений до 46 ГПа и температур 300–3000 °К с использованием аппарата с алмазными наковальнями и лазерным нагревом сильно сжатого образца. В интервале давлений 0.1–46 ГПа при комнатной температуре карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  не испытывает фазовых превращений. *PT*-условия стабильности карбоната  $\text{Na}_2^{13}\text{CO}_3$ , его плавления и разложения расплава  $\text{Na}_2^{13}\text{CO}_3$  на  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $^{13}\text{CO}_2$  (флюид) экспериментально исследованы до 46 ГПа при 1000–3000 °К. С появлением  $^{13}\text{CO}_2$  происходит реакция разложения  $^{13}\text{CO}_2 = ^{13}\text{C} + \text{O}_2$  с образованием алмаза  $^{13}\text{C}$  и/или графита  $^{13}\text{C}$ .

Полученные результаты позволяют выяснить фазовые отношения карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в условиях экстремально высоких давлений и температур. Вместе с тем они имеют значение для выяснения условий кристаллизации алмаза в карбонат-содержащем веществе переходной зоны и нижней мантии Земли, а также геохимической роли компонентов Na в эволюции глубинного вещества.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ МАГНЕЗИОВЮСТИТ-ПЕРОВСКИТ-КАРБОНАТ ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 80 ГПа: К ПРОИСХОЖДЕНИЮ СВЕРХГЛУБИННЫХ АЛМАЗОВ НИЖНЕЙ МАНТИИ

**Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Солопова Н.А. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ), Дубровинский Л.С. (Баварский Геоинститут, Байройт), Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF THE MAGNESIOWUSTITE-PEROVSKITE-CARBONATE SYSTEM UNDER PRESSURES UP TO 80 GPa: ON SUPERDEEP DIAMONDS ORIGIN AT THE LOWER MANTLE CONDITIONS

**Spivak A.V. (IEM RAS), Solopova N.A. (IEM RAS, geol. dept. MSU), Dubrovinsky L.S. (Bayerisches Geoinstitut, Bayreuth), Litvin Yu.A. (IEM RAS)**

spivak@iem.ac.ru, факс 8(496)524 4425, тел. 8(496) 522 5876

Гранты Президента РФ МК-913.2011.5, ФЦП-2011-1.3.1-151-006\_6, РФФИ 10-05-00654 и 11-05-00401

Цель работы – экспериментальное изучение фазового состояния при плавлении Са-, Mg- и Na-карбонатов и взаимодействия расплавов с минералами переходной зоны (ПЗ) и нижней мантии (НМ). Исследования выполнены при статических давлениях в интервале 10–80 ГПа и температурах до 3500 К в образцах, сильно сжатых в аппарате с алмазными наковальнями, при их лазерном нагреве. Исследование мотивировано фактами обнаружения в природных алмазах первичных включений  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  и  $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$  в ассоциации с оксидными и силикатными минералами ПЗ и НМ. В результате экспериментальных исследований фазового состояния карбонатов установлено: (1) в *PT*-условиях ПЗ и НМ карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$  (арагонит) плавится конгруэнтно, расплав  $\text{CaCO}_3$  устойчив в пределах достаточно протяженной *PT*-области, на высокотемпературной границе которой (около 3500 К при 10–60 ГПа) он разлагается на СаО и плотно сжатую флюидную фазу  $\text{CO}_2$ ; (2) по предварительным данным расплав  $\text{MgCO}_3$  также имеет *PT*-область стабильности с высокотемпературной границей разложения на MgO и  $\text{CO}_2$  при 3400–3600 К и 20–40 ГПа; (3) фазовое поведение щелочного карбоната  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  подобно, однако граница разложения смещена в интервале давлений 20–40 ГПа до 2400–2600 К. Экспериментальное изучение системы магнезиовюстит (Mg,Fe)O–перовскит (Mg,Fe)(Si,Al)O<sub>3</sub>–карбонат  $\text{CaCO}_3$ –углерод С свидетельствует о сингенезисе алмаза, магнезиовюстита и перовскита при *PT*-условиях ПЗ и НМ. Следует отметить, что при изучении бинарного сечения (Mg,Fe)(Si,Al)O<sub>3</sub>– $\text{CaCO}_3$  обнаружена также карбонатно-силикатная реакция, по-видимому, с выделением углекислотного флюида  $\text{CO}_2$  и последующим его разложением с образованием алмаза при 40–80 ГПа и 2000–2200 К.

Факты существования фазовых полей конгруэнтных расплавов Са-, Mg- и Na-карбонатов и сингенетических отношений алмаза и минералов ПЗ и НМ позволяет рассматривать глубинные карбонатно-оксидно-силикатные расплавы как возможные материнские среды сверхглубинных алмазов.

## ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МОНОТЕЛЛУРИДА ПЛАТИНЫ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ

Столярова Т.А., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)

ENTHALPIE OF FORMATION OF PLATINUM MONOTELLURIDE FROM ELEMENTS

Stolyarova T.A., Osadchii E.G. (IEM RAS)

eio@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 9687, тел.: 8(496) 524 4417

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Ведущие научные школы» НШ-5877.2012.5*

Настоящая работа является продолжением исследования термодимических свойств халькогенидов платины и палладия. Монотеллурид платины в отличие от ранее изученных PdTe, PdTe<sub>2</sub> и PtTe<sub>2</sub> (Stolyarova, Osadchii, 2011) получается довольно сложно. Попытки получить чистый монотеллурид платины из стехиометрической смеси Pt+Te или PtTe<sub>2</sub>+Pt в условиях калориметрического опыта при 920°C в течение 5–7 минут не привели к ожидаемому результату. Нагревание в течение 20 суток при 920°C стехиометрической смеси Pt+Te в ампулах из кварцевого стекла показало присутствие фазы Pt<sub>5</sub>Te<sub>4</sub> в количестве ~10%. Дальнейшая экспозиция растертых продуктов опыта в тех же условиях и повторенная дважды привела к образованию чистого теллурида платины.

Реакция образования дителлурида платины



полностью отвечала требованиям к калориметрическим измерениям. Рентгенофазовый анализ продуктов калориметрических опытов показал наличие только дителлурида платины. Стандартная энтальпия реакции (1)  $\Delta_r H^\circ(298.15 \text{ K}) = -24.54 \pm 0.85 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Зная  $\Delta_f H^\circ(\text{PtTe}_2, \text{cr.}, 298.15 \text{ K}) = -81.06 \pm 0.76 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  (Stolyarova, Osadchii, 2011) из реакции (1) определяется искомая величина  $\Delta_f H^\circ(\text{PtTe}, \text{cr.}, 298.15 \text{ K}) = -56.52 \pm 0.85 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

МЕХАНИЗМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГИДРОФОСФАТОВ (Na, Ce) И (Na, Sr) В РЕАКЦИЯХ  
МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО ЗАМЕЩЕНИЯ ПО СХЕМЕ «МОКРОГО ПРОЦЕССА»  
ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ

**Суворова В.А., Ковальский А.М., Ахмеджанова Г.М. (ИЭМ РАН)**

THE MECHANISM OF TRANSFORMATION OF HYDROPHOSPHATES (Na,Ce) AND (Na,Sr)  
IN REACTIONS OF METASOMATIC REPLACEMENT UNDER THE SCHEME OF "WET  
PROCESS» IMMOBILIZATION RADIONUCLIDES

**Suvorova V.A., Kovalskii A.M., Ahmedzhanova G.M. (IEM RAS)**

lera@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 2554

Путем проведения кинетических экспериментов в динамических и статических условиях исследован механизм преобразования гидрофосфатов (Na, Ce) и (Na, Sr) в реакциях метасоматического замещения по механизму «мокрого процесса» (Суворова и др., 2011) при комнатной температуре и атмосферном давлении. Растворы нитратов стронция и церия концентрации 0.1–1.0 М фильтровались через колонки, заполненные модельным гранитом и зернами кристаллического ортофосфата натрия (25 мас.% от веса смеси). При использовании водного фосфата  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$  в качестве стартового материала и 0.2 М растворов нитратов Ce и Sr, замещение  $\text{Na} \rightarrow \text{Ce}$  и  $\text{Na} \rightarrow \text{Sr}$  начиналось с первых минут опытов и в течение часа проходило полностью с последующим выносом избыточного Ce или Sr в фильтрат. В аналогичных экспериментах с использованием исходных водного фосфата  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$  и 0.2 М растворов нитратов Ce и Sr, но проведенных в статических условиях (без протока новых порций раствора) замещение резко тормозится с первых часов опыта и далее практически не наблюдается в течение трех суток. Полученные результаты способствуют определению оптимальных параметров «мокрого процесса» иммобилизации радионуклидов.

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА СИНТЕЗА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТРИЦ ДЛЯ  
ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ

**Суворова В.А., Ковальский А.М., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

OPTIMIZATION OF THE METHOD OF SYNTHESIS CERAMIC MATRIXES FOR THE  
RADIONUCLIDES IMMOBILIZATION.

**Suvorova V.A., Kovalskii A.M., Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

lera@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 2554

С целью улучшения свойств полученных ранее матричных материалов для иммобилизации радионуклидов групп щелочноземельных и редкоземельных элементов, проведены исследования по оптимизации условий компактирования минеральных матриц. Детально отработаны условия отжига и прессования дегидратированных матриц в плотные керамики с минимальной поверхностью для выщелачивания компонентов. Показано, что повышение плотности полученной кристаллической минеральной композиции для дополнительного снижения скоростей выщелачивания компонентов матрицы оптимально проводить: 1) отжигом полученной минеральной композиции в колонке при температуре в интервале 900–1250°C (в зависимости от минерального состава силикатной гранитной основы) и атмосферном давлении или 2) горячим прессованием при температуре в интервале 815–900°C (в зависимости от минерального состава силикатной гранитной основы) и осевом давлении 700 кг/см<sup>2</sup>.

Для дополнительного снижения пористости и одновременного снижения температуры термической обработки, минеральная композиция после фильтрации раствора нитрата, предварительно высушивается непосредственно в колонке, пропитывается жидким силикатом натрия с силикатным модулем равным 2, а уже затем подвергается отжигу или горячему прессованию. В случае использования в опытах мелкозернистого природного гранита эвтектическое подплавление на границах зерен достигается при минимальной температуре, следовательно, такая природная минеральная композиция может быть рекомендована к применению в качестве алюмосиликатной основы минеральной матрицы для иммобилизации компонентов жидких РАО групп щелочноземельных и редкоземельных элементов в кристаллическом фосфате.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ REE, Nb, Ta, Ba и Sr МЕЖДУ НЕСМЕШИВАЮЩИМИСЯ ФАЗАМИ В СИЛИКАТНО-КАРБОНАТНЫХ СИСТЕМАХ (ЭКСПЕРИМЕНТ)

Сук Н.И. (*ИЭМ РАН*)

DISTRIBUTION OF REE, Nb, Ta, Ba AND Sr BETWEEN IMMISCIBLE PHASES IN SILICATE-CARBONATE SYSTEMS (EXPERIMENT)

Suk N.I. (*IEM RAS*)

sukni@iem.ac.ru, факс: 8(496) 524 4425, тел.: 8(496) 524 4425

Экспериментально исследована жидкостная несмесимость и распределение REE, Nb, Ta, Ba и Sr между несмешивающимися фазами в силикатно-карбонатных системах при 1100–1250°C и  $P = 2$  кбар. Показано, что Ba и Sr обогащают карбонатный расплав, а Nb и Ta – силикатный расплав. Показано, что коэффициенты разделения REE между несмешивающимися силикатной и карбонатной фазами зависят от исходного состава магматического расплава и коррелируют с составом сосуществующего силикатного расплава: наблюдается увеличение  $K_{REE}$  с ростом отношения  $(Al+Si)/(Na+K+Ca)$  и уменьшением отношений  $Ca/(Na+K)$  и  $Ca/(Si+Al)$  в силикатном расплаве. При  $T = 1100^\circ C$  и  $P = 2$  кбар в щелочных силикатно-карбонатных системах (где в силикатном расплаве  $Ca/(Na+K) < 0.5$ , а  $Ca/(Si+Al) < 0.25$ ) легкие редкие земли (La, Ce) накапливаются в карбонатных фазах ( $K = C_{карб}^{REE} / C_{сил.}^{REE} > 1$ ). В известковых силикатно-карбонатных системах (где в силикатном расплаве  $Ca/(Na+K) > 0.5$ , а  $Ca/(Si+Al) > 0.25$ ) редкие земли концентрируются в силикатном расплаве. Для иттрия (который рассматривается в качестве модели тяжелых (HREE) редкоземельных элементов) коэффициенты разделения становятся большими единицы только в системах, где  $Ca/(Na+K)$  ниже  $\sim 0.05$ , а  $Ca/(Si+Al)$  ниже  $\sim 0.03$ . Подтверждена также обратная зависимость коэффициентов разделения REE от температуры.

Полученные экспериментальные результаты позволяют сделать вывод о возможности формирования карбонатитовых месторождений редких земель исключительно в связи с щелочным (агпайтовым) магматизмом.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИЛИКАТОВ С  
УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

Сушенцова Б.Ю. (*ГЕОХИ РАН*), Гричук Д.В. (*геол.ф-т МГУ*), Шилобреева С.Н. (*ГЕОХИ  
РАН*)

THERMODYNAMICAL SIMULATION OF CARBON DIOXIDE – SILICATES INTERACTION  
Sushentsova B.Yu. (*ГЕОКНИ RAS*), Grichuk D.V. (*geol.dep. MSU*), Shilobreeva S.N.  
(*ГЕОКНИ RAS*)

sus-bella@yandex.ru, тел.: 8(495) 939 7004

Взаимодействие углекислого газа с минералами и породами имеет значение как для решения фундаментальных проблем геохимии, так и для прикладной проблемы захоронения парниковых газов в геологических формациях.

Целью термодинамического моделирования является прогноз взаимодействия силикатных минералов и пород ультраосновного и основного состава с углекислым газом в широком диапазоне  $T$ - $P$ -условий. Моделирование проводилось при помощи программного комплекса NCh (автор Ю.В. Шваров, МГУ). Была построена модель для систем «минерал- $H_2O$ - $CO_2$ » (оливин, хризотил, ортопирксен) и «порода- $H_2O$ - $CO_2$ » (базальт), учитывающая свойства реальных газов, для широкого интервала термобарических условий ( $T=0$ - $500^\circ C$ ,  $P$  до 1 кбар). Модель верифицирована по результатам собственных экспериментальных исследований и литературных данных. Собственные экспериментальные исследования проводились в системе «оливин – газы C–O–H» при температуре  $100$ – $250^\circ C$  и давлении до 200 атм как в сухих условиях, так с добавлением воды. Термодинамическая модель хорошо воспроизводит экспериментальные данные при условии точного описания моделируемой системы.

При моделировании взаимодействия водно-углекислого флюида с базальтом получено, что результат реакции карбонатизации зависит от условий: соотношения  $H_2O/CO_2$  и температуры. При высокой доле  $CO_2$  устойчивы доломит + кальцит, при низкой доле – только кальцит, сидерит появляется в равновесной ассоциации с кальцитом и доломитом при низких температурах ( $\leq 75^\circ C$ ). При температуре выше  $300^\circ C$  карбонатизация базальта при заданном давлении (20 атм)  $CO_2$  не происходит.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
р.ТЬМАКИ (г.Тверь)

**Тютюнник О.А. (ГЕОХИ РАН), Левинский В.В., Кундряков В.В., Кузовлев В.В. (ТвГТУ),  
Гецина, М.Л., Торопченова Е.С. (ГЕОХИ РАН)**

COMPREHENSIVE STUDY OF WATER AND SEDIMENTS R.T'MAKI (Tver)

**Tyutyunnik O.A.(GEOKHI RAS), Levinsky V.V., Kundrjakov V.V, Kuzovlev V.V. (TvGTU),  
Getsina M.L., Toropchenova E.S. (GEOKHI RAS)**

NMlab@geokhi.ru, тел.: 8(499) 1377526 ,v-levinsky@mail.ru, тел.: (4822) 343 373

Для оценки качества воды, выявления наиболее загрязнённых участков реки и источников загрязнения, а также разработки рекомендаций по организации системы мониторинга, проведены работы по комплексному изучению экологического состояния р.Тьмаки.

Программа наблюдений была рассчитана на один год с учетом осенне-летнего паводка и зимней межени, и включала в себя определение следующего комплекса показателей воды: гидрологических; физических; кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных свойств; содержания главных ионов (гидрокарбонаты, хлориды, сульфаты, кальций, магний, натрий, калий); биогенных компонентов (ионы аммония, нитрит-ионы, нитрат-ионы, фосфаты, железо, кремний); органических веществ; веществ, характеризующих техногенное загрязнение (нефтепродуктов, цинка, кадмия, свинца, меди, марганца и др.), а также содержания микроэлементов и нефтепродуктов в донных отложениях. Помимо химических исследований, выполнено определение токсичности проб воды и вытяжек из донных отложений, отобранных в различные гидрологические фазы, с использованием лабораторных культур гидробионтов.

В результате исследований дана оценка качества воды реки по показателю УКИЗВ (удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды) и критериям токсичности для гидробионтов. Выявлены загрязнители, приоритетные для р.Тьмаки (Ba, Cd, Cr, Cu, Mn, P, Pb, Sr, Zn, Hg, а также нефтепродукты), которым следует уделять внимание при мониторинге состояния реки и контроле сточных вод предприятий города.

МЕТЕОРИТНЫЕ НАНОАЛМАЗЫ И ПЕРВИЧНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

**Устинова Г. К. (ГЕОХИ РАН)**

METEORITIC NANODIAMONDS AND PRIMARY COSMIC RAYS

**Ustinova G. K. (GEOKHI RAS)**

ustinova@dubna.net.ru, тел.: 8(496) 213 0267

На примере формирования изотопных соотношений аномальной компоненты ксенона  $Xe-HL$  в реликтовых зернах наноалмаза хондритов рассмотрены эффекты диффузионного ускорения частиц в ударных волнах. Показано, что эта компонента могла формироваться и захватываться одновременно с синтезом наноалмаза в условиях распространения взрывных ударных волн от вспышек сверхновых. Специфичность изотопного состава компоненты  $Xe-HL$  обусловлена высокой жесткостью спектра радиоактивных частиц на фронте ударной волны и его обогащенностью тяжелыми изотопами. Установлена спаллогенная природа как аномальной, так и нормальной компонент ксенона и указана роль последующих эволюционных процессов в изменении их изотопных систем. Получены экспериментальные основания формирования сверхзвуковой турбулентностью степенного спектра частиц с индексом  $\gamma \sim 1$  при вспышке углеродно-детонационной сверхновой  $SnIa$ , что открывает новые перспективы в исследовании проблемы происхождения космических лучей. Показано, что на стадии свободного разлета взрывной ударной волны степень сжатия вещества на фронте волны составляла  $\sigma=31$  (соответствующее число Маха  $M\sim 97$ ), что приводило к возрастанию магнитного поля и максимальной энергии ускоренных частиц в 31 раз, так что даже энергия протонов достигала  $\sim 3 \cdot 10^{15}$  эВ. Поскольку эффекты высоких радиационных условий наблюдаются и в вымерших радионуклидах в богатых Са и Al включениях углистых хондритов с интервалом образования  $\sim 1$  млн лет, стадия свободного разлета взрывной ударной волны была достаточно продолжительной и должна была внести заметный вклад в формирование наиболее высокоэнергичной части спектра первичных космических лучей.

ОЦЕНКА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ МАГМ ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО РАССЛОЕННОГО ИНТРУЗИВА НА ОСНОВЕ НОВОГО ОЛИВИН-ШПИНЕЛЕВОГО  $f_{O_2}$ -ГЕОБАРОМЕТРА

**Фомин И.С., Николаев Г.С., Арискин А.А. (ГЕОХИ РАН)**

EVALUATION OF REDOX CONDITIONS FOR MAGMAS OF THE YOKO-DOVYREN LAYERED INTRUSION BY A NEW Ol-Sp  $f_{O_2}$ -GEOBAROMETER

**Fomin I.S., Nikolaev G.S., Ariskin A.A. (GEOKHI RAS)**

fomin@web.ru, gsnikolaev@rambler.ru, ariskin@rambler.ru, тел.: 8(495) 939 7003

*Выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-05-00268)*

Для оценки окислительно-восстановительных условий кристаллизации магм Йоко-Довыренского расслоенного интрузива использован новый Ol-Sp  $f_{O_2}$ -геобарометр, представляющий модификацию уравнения Баллхауса (Николаев и др., 2012, см. данный сборник). Эмпирической основой этих расчетов явились данные по составам включений хромшпинелида и вмещающих зёрен кумулузного оливина из пород вертикального разреза “Йоко” в юго-западном замыкании массива. Поскольку  $f_{O_2}$  сильно зависит от температуры закрытия кумулузной системы (завершения диффузионного обмена), решение задачи редоксиметрии предполагает наличие независимой оценки температуры субсолидусного равновесия оливин-шпинель. Для этого использовался новый Ol-Sp геотермометр, калиброванный по результатам 43 экспериментов при  $P=1$  атм в условиях буфера QFM и интервале температур 1150–1500°C:

$$1000/T = -0.1264 \cdot X_{Mg}^{Sp} / X_{Mg}^{Ol} - 0.1924 \cdot X_{Mg}^{Sp} + 0.1252 \cdot X_{Al}^{Sp} + 0.7777.$$

Применение этого полинома к исходной выборке экспериментальных данных воспроизводит температуры с точностью порядка 15°C.

Оценки субсолидусных температур по составам 46 пар природных шпинелида и оливина дают интервал 1040÷1190°C, что соответствует условиям закрытия системы Ol-Sp. Расчёт летучести кислорода для тех же минералов при установленных температурах показал значения на уровне QFM–3. При этом отмечено резкое снижение  $f_{O_2}$  до значений, отвечающих QFM–5, в нижней части разреза (100÷300 м от подошвы интрузива). Это коррелирует с присутствием сульфидной фазы троилитового состава в придонных плагиодунитах. В целом, полученные нами данные указывают на более восстановительные условия кристаллизации довыренских магм по сравнению оценками Пушкарёва и др. (2004), которые при сходных температурах для пород из центральной части массива дают QFM±1. Подобные вариации редокс-условий предполагают необходимость редоксиметрии ультрамафитов в других разрезах Йоко-Довыренского массива (одним и тем же методом) и выяснение их систематики.

НОВЫЕ ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ  
ТЕПЛОЕМКОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ТЕРМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ ДЛЯ  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

**Ходаковский И.Л. (Ун-т «Дубна», ГЕОХИ РАН)**

A NEW SEMI-EMPIRICAL EQUATIONS OF TEMPERATURE DEPENDENCES OF HEAT  
CAPACITY AND THERMAL EXPANSION COEFFICIENT FOR INORGANIC SUBSTANCES

**Khodakovskiy I.L. (Dubna Univ., GEOKHI RAS)**

igor-kho@yandex.ru, тел. 8(496) 219 0747

Рассмотрены различные типы эмпирических и полуэмпирических уравнений температурной зависимости теплоемкости кристаллических веществ. Проверка применимости уравнения, предложенного автором в 2000 году:

$$C_P = Rn \{ [a_3 T^3 / (1 + a_3 T^3)] + [b_2 T^2 / (1 + b_2 T)] + [c_1 T / (1 + c_1 T)] \} + \alpha^2 V K_T T \quad (1)$$

показала, что для более корректного представления экспериментальных данных последний член уравнения (1) должен быть исключен, но необходимо включение нового параметра  $k$ , который определяет «Дебаевский» вклад в решеточную составляющую теплоемкости кристаллов:

$$C_P = Rn [k L_D + (3 - k) L_E] + \alpha^2 V K_T T \quad (2),$$

где  $L_D = [1 - 1/(1 + bT^3)]$ ,  $L_E = [1 - 1/(1 + cT^2)]$ ,  $R$  - газовая постоянная,  $n$  - число атомов в молекуле,  $\alpha$  - объемный коэффициент термического расширения,  $K_T$  - изотермический модуль сжатия,  $V$  - объем одного грамм-моля вещества,  $T$  - температура,  $b$ ,  $c$  и  $k$ , - эмпирические коэффициенты.

Температурная зависимость эмпирического параметра  $k$ , который изменяется в пределах от 3 до 0, может быть представлена уравнением:  $k = 9/(9 + xT^{1/2})^{1/2}$ . При  $k = 3$  и  $T \rightarrow 0$  первый член в квадратных скобках уравнения (2) дает уравнение Дебая ( $C_V = aT^3$ ). При  $T > 10 - 40$  К становится значительным вклад в теплоемкость описываемый теорией Эйнштейна.

Предложено также новое уравнение для температурной зависимости коэффициента термического расширения, которое приводит к  $\alpha = 0$  при  $T = 0$ .

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАБАЗИТОВ  
В СИСТЕМЕ H<sub>2</sub>O–NaCl

**Ходоревская Л.И. (ИЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY PARCIAL MELTING OF THE METABASITES IN THE SYSTEM  
H<sub>2</sub>O–NaCl

**Khodorevskaya L.I. (IEM RAS)**

khodorevskaya@yandex.ua, тел.: 8 916 651 2553

Изучено взаимодействие амфиболита с флюидной фазой, представленной H<sub>2</sub>O и растворами NaCl с  $X_{\text{NaCl}} = 0.1-0.5$ . Опыты проводились в золотых ампулах при 900°C и давлении 5 кбар на установке высокого газового давления с внутренним нагревом по закалочной методике. Соотношение флюид/ навеска в ампуле менялось от 1/1 до 10/1, продолжительность опытов – 4 суток. Основные минеральные ассоциации после опытов были представлены зональным амфиболом, плагиоклазом, редкими кристаллами клинопироксенов, расплавом, магнетитом, иногда апатитом, не содержащим хлора. Кроме того, среди минеральных фаз отмечались четко выраженные шарики размером от 20 до 80–250 мкм, представляющие собой флюидную фазу, осаждаемую при закалке. При увеличении концентрации NaCl в исходном растворе клинопироксен не отмечался.

Появление расплава в экспериментах связано с инконгруэнтным плавлением амфиболита. Увеличение  $X_{\text{NaCl}}$  в исходном флюиде приводит к слабому увеличению трондьемитовой составляющей в расплаве. Средние значения химического состава расплавов: SiO<sub>2</sub> – 60–63 мас.%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 23–25%, Na<sub>2</sub>O – 5–10%, (CaO+MgO+FeO) < 10%. Расплавы являются кварц нормативными, и только введение в систему флюидной фазы с  $X_{\text{NaCl}} > 0.5$  определяет образование нефелин нормативных составов расплавов. Содержание хлора в расплаве возрастает от 0.4 до 1.5 мас.% с увеличением  $X_{\text{NaCl}}$  во флюидной фазе от 0.1 до 0.47. Состав закалочных фаз, отражающих состав флюида при параметрах опытов практически полностью идентичны составам расплавов, образующимся при частичном плавлении амфиболита. Это обстоятельство следует учитывать при определении генезиса кислых выплавов в метабазитах.

О ВОЗМОЖНЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ СЛЕДАХ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

**Цельмович В.А. (ГО «Борок» ИФЗ РАН)**

POSSIBLE MICROSCOPIC TRACES OF THE TUNGUSKA METEORITE

**Tselmovich V.A. (GO "Borok" IPE RAS)**

tselm@mail.ru, факс: 8(48547) 24024, тел.: 8(48547) 24631

*Работа выполнена при поддержке РФФИ проект 10-05-00117*

Попытки обнаружить макроскопические остатки вещества метеорного тела Тунгусского болида не привели к успеху, несмотря на множественные экспедиции. На микрозонде «Тескан Вега II» с приставкой для катодolumинесценции была изучена веточка, найденная Е. В. Дмитриевым в небольшой воронке в торфянике, на северных островах Южного болота. Цвет веточки, даже в тонких срезах, был абсолютно черный. Это может быть признаком того, что угольное вещество по составу – высокометаморфизованное, т.е. типа графита, что подтверждено микрозондовыми исследованиями. Исходя из предположения, что частицы метеорного вещества внедрились при взрыве в древесину, частицы отбирались из поверхностного слоя веточки. Анализировался химический состав микрочастиц при помощи энергодисперсионного спектрометра Drycool Oxford Instruments, проводилось катодolumинесцентное исследование светящихся частиц на спектрометре MonoCL3 фирмы Gatan. В результате были обнаружены частицы минералов, которые могут иметь как космическое, так и земное происхождение. К космическим можно отнести находки зерен, которые могли сформироваться при сильно восстановительных условиях. К ним относятся частицы самородных металлов: Sn, Zn, W, Cr, Ni, Al, Fe. Возможно присутствие карбидов металлов. Среди этих находок особо выделяются частицы алмаза типа лонсдэлейта и муассанита, которые являются лучшими маркерами импактного события. Схожие находки были сделаны при изучении границы мела и палеогена, где предполагается импакт (*Grachev, 2005*).

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МОДЕЛЬНЫХ БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ СИСТЕМЫ  $\text{Cs}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$

**Шабунина Л.А., Еремяшев В.Е., Осипов А.А. (ИМ УрО РАН, ЮУрГУ)**

INVESTIGATION OF CRYSTALLIZATION OF BOROSILICATE GLASSES  $\text{Cs}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  SYSTEM

**Shabunina L.A., Eremiashev V.E., Osipov A.A. (IM UB RAS, SUSU)**

sler@ilmeny.ac.ru, факс: (3513) 570 286, тел.: (3513) 570 408

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 10-05-96029-р\_урал\_а 12-05-00293\_а и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (государственный контракт № П-735)*

В рамках проекта, посвященного исследованию факторов, определяющих устойчивость матричных материалов на основе боросиликатных стекол, методами спектроскопии КР и рентгенофазового анализа было изучено влияние процессов закалки и термообработки на раскристаллизацию стекол состава  $\text{Cs}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ .

При исследовании методом локальной спектроскопии КР на поверхности образцов стекол состава  $20\text{Cs}_2\text{O}-20\text{B}_2\text{O}_3-60\text{SiO}_2$ ,  $25\text{Cs}_2\text{O}-25\text{B}_2\text{O}_3-50\text{SiO}_2$  и  $30\text{Cs}_2\text{O}-30\text{B}_2\text{O}_3-40\text{SiO}_2$ , полученных закалкой расплава, установлено присутствие зон, спектры КР которых соответствуют стеклу, содержащему кристаллиты, и полностью раскристаллизованному веществу. Степень раскристаллизации стекол после термообработки при температуре  $500\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 240 часов растет при увеличении доли  $\text{Cs}_2\text{O}$  и  $\text{B}_2\text{O}_3$  в их составе. Во всех стеклах после термообработки зафиксировано проявление кристаллических фаз состава  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CsBSi}_2\text{O}_6$  и  $\text{Cs}_3\text{B}_3\text{O}_6$ . Во всех стеклах также наблюдается одновременная кристаллизация нескольких фаз неуставленного состава. Установлено, что борату цезия  $\text{Cs}_3\text{B}_3\text{O}_6$  в спектрах КР соответствуют полосы  $630$ ,  $670$  и  $1010\text{ см}^{-1}$ .

Сделан вывод о том, что цезиевые боросиликатные стекла являются термически менее устойчивыми по сравнению с натриевыми и калиевыми стеклами аналогичных составов.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО ГРАНИТА В ПРИСУТСТВИИ ЩЕЛОЧНО-КАРБОНАТНЫХ РАСТВОРОВ

**Шапошников В.В. (геол. ф-т. МГУ), Аранович Л.Я. (ИГЕМ РАН, ИЭМ РАН)**

## EXPERIMENTAL STUDYING OF CONDITIONS OF MELTING OF MODEL GRANITE WITH CALC-ALCALINE LIQUID

**Shaposhnikov V.V. (geol. dept. MSU), Aranovich L.Y. (IGEM RAS, IEM RAS)**

Vadim\_msu@gmail.ru, факс: 8(495) 951 1587, тел.: 8(495) 951 7270

Работа направлена на экспериментальное и теоретическое изучение условий плавления модельного гранита (альбит + кварц) в присутствии щелочно-карбонатных растворов в интервале температуры 550–700°C и давлении 4 кбар. Проведенные опыты моделируют возможный процесс образования низкотемпературных расплавов в земной коре за счет взаимодействия пород кислого состава с щелочными растворами, либо в ходе эволюции кислых расплавов повышенной щелочности. Карбонатно-щелочные природные магмы до недавнего времени рассматривались исключительно как щелочно – ультраосновные породы, например, карбонатиты и кимберлиты. Недавние находки флюидных и расплавных включений щелочных бикарбонатных и карбонатных сред в кварце и полевом шпате из гранитных пегматитов Ренне (остров Борнхольм, Дания) указывают на участие щелочно-карбонатных растворов в формировании гранитов и пегматитов. Во включениях в кварце и полевом шпате из этих гранитов найдены такие редкие минералы, как: нахколит ( $\text{NaHCO}_3$ ), карбонат лития ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ), в редких случаях карбонат калия ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ); в качестве летучих фаз содержится  $\text{CO}_2$  и водный карбонат/бикарбонат натрия (*Thomas, Davidson, Schmidt, 2011*).

По полученным результатам проведенных экспериментов в системе  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{--SiO}_2\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$  при 4 кбар, можно говорить о значительном понижении температуры плавления альбит–кварцевой эвтектики. По сравнению с чисто водной системой добавление карбоната натрия понижает температуру плавления модельного гранита примерно на 150°C. В присутствии  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  плавление наблюдалось при 600°C. Это связано с высокой растворимостью карбоната натрия в силикатном расплаве. По полученным ранее экспериментальным данным растворимость  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в силикатном расплаве составляет примерно 20% (*Koster van Groos and Wyllie, 1968*). Это значение на порядки выше растворимости хлоридов и фторидов и в 3–4 раза выше растворимости воды в силикатном расплаве. В смешанно – анионных  $\text{Cl}/\text{CO}_3^{2-}$  растворах обнаружено разнонаправленное влияние солей на температуру плавления:  $\text{NaCl}$  – повышает,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – понижает солидус системы. Так что суммарный эффект зависит от соотношения  $\text{Cl}/\text{CO}_3^{2-}$ . По экспериментальным данным рассчитаны термодинамические параметры смешения расплава системы  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{--SiO}_2\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--H}_2\text{O}$ , согласованные с базой данных (*Holland, T.J.B. and Powell, R. 1998*).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В СОСТАВЕ  
ГАЗОВОЙ ФАЗЫ НАД ОКСИДНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ (СИСТЕМА  $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO-SiO}_2$ )

**Шорников С. И. (ГЕОХИ РАН)**

A THERMODYNAMIC STUDY OF REGULARITIES IN VAPOR COMPOSITION OVER  
OXIDE COMPOUNDS

(THE  $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO-SiO}_2$  SYSTEM)

**Shornikov S. I. (ГЕОКНИ)**

sergey.shornikov@gmail.com, тел.: 8(812) 540 0342

В газовой фазе над оксидными соединениями могут присутствовать как *простые* газообразные оксиды, состоящие из соединения одного элемента с кислородом, так и *сложные* газообразные оксиды. Обычно их содержание в газовой фазе невелико. Однако известны случаи, когда газовая фаза над оксидным соединением состояла преимущественно из сложных газообразных оксидов.

В случае соединений системы  $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-FeO-SiO}_2$ , как следует из экспериментальных данных, полученных масс-спектрометрическим эффузионным методом Кнудсена в интервале температур 1500–2500 К (*Шорников, 2003*), количество сложных газообразных оксидов в паре незначительно.

Базируясь на этих данных, закономерности процессов диссоциации сложных газообразных оксидов, содержащихся в газовой фазе над соединениями, были рассмотрены в рамках разработанного термодинамического подхода (*Шорников, 2009–2011*). Выполненные расчеты учитывали влияние окислительно-восстановительных условий на испарение соединений и возможное изменение состава конденсированной фазы при испарении.

**ИЗУЧЕНИЕ ПОРОД В МОЛОДЫХ УДАРНЫХ КРАТЕРАХ ЛУНЫ НА ОСНОВЕ  
ОРБИТАЛЬНОЙ СЪЕМКИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ**

**Шпекин М.И. (КФУ), Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)**

**STUDY OF MATERIAL YOUNG MOON CRATERS BASED ON ORBITAL HIGH  
RESOLUTION IMAGES**

**Shpekin M.I. (KFU), Barenbaum A.A. (OGRI RAS)**

Michael.Shpekin @ksu.ru, факс: (843) 292 7797, тел.: (843) 292 7797

azary@mail.ru, факс: 8(499) 135 5465, тел.: 8(499) 135 7221

Рассмотрены возможности снимков высокого и сверхвысокого разрешения для изучения физико-механических свойств лунных пород. Технология такого изучения основана на детальном анализе снимков поверхности Луны с низкой окололунной орбиты. Снимки доставлены экипажами кораблей Аполлон и переданы на Землю с борта спутника Lunar Reconnaissance Orbiter.

Изучались детали днища и внутренних склонов нескольких молодых ударных кратеров. Обнаружено большое число участков, где формы лунного рельефа имеют большое сходство с ледниками Земли и подтаивающими склонами гор в приэкваториальных областях Марса. Такого рода формы рельефа могут быть интерпретированы наличием на склонах и на днище кратеров значительного количества замороженного в породы водяного льда.

Результаты обследования указывают на то, что в дополнение к поискам воды в полярных областях Луны целесообразно искать воду на участках, где априори высока вероятность наличия в породах водяного льда. В частности, в кратерах, происхождение которых связывают с падением галактических комет. Наиболее крупные кометные кратеры, как мы показали ранее, могут содержать под днищем магматические камеры, что находит отражение в свойствах пород.

УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ТОПАЗА, КРИОЛИТА И ВИЛЛИОМИТА В СИСТЕМЕ  $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Na}_2\text{O--K}_2\text{O--Li}_2\text{O--H}_2\text{O--F}$  И В ПРИРОДЕ

**Щекина Т.И., Алферьева Я.О. Граменицкий Е.Н. (геол.ф-т МГУ)**

CRYSTALLIZATION CONDITIONS OF TOPAZ, CRYOLITE AND VILLIAUMITE AT THE SYSTEM  $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Na}_2\text{O--K}_2\text{O--Li}_2\text{O--H}_2\text{O--F}$  AND IN NATURE

**Shchekina T.I., Alferieva Ya.O., Gramenitskiy E.N. (geol.dep. MSU)**

t-shchekina@mail.ru, факс: 8(495) 932 8889, тел.: 8(495) 939 2040

При дифференциации магматических расплавов них происходит последовательное возрастание содержаний летучих компонентов, в том числе воды и фтора. При достижении предела растворимости фторсодержащих фаз они кристаллизуются из магматического расплава в виде акцессорных, иногда второстепенных породообразующих минералов. В изученной нами системе  $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--Na}_2\text{O--K}_2\text{O--Li}_2\text{O--H}_2\text{O--F}$  при температурах от 650 до 800° и давлении 1000 бар этими высокофтористыми фазами являются криолит  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , эльпасолит  $\text{NaK}_2\text{AlF}_6$ , виллиомит  $\text{NaF}$ , топаз  $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$  и криолитионит  $\text{Na}_3\text{Li}_3\text{Al}_2\text{F}_{12}$ . Помимо минералов подобной фазой может быть фторидный расплав, равновесный с алюмосиликатным, поле устойчивости которого существенно расширяется в системе с Li. В системе каждый силикатный расплав имеет фиксированное содержание фтора, что позволяет говорить о растворимости фтора в нем. Показано, что как в экспериментальных стеклах, так и валовых составах пород, содержащих высокофтористые минералы, наблюдается тенденция к уменьшению концентраций фтора при увеличении содержаний  $\text{SiO}_2$ . Доказана магматическая природа акцессорных топаза, криолита и виллиомита в гранитах и нефелиновых сиенитах. Показано соответствие валовых составов криолит-, топаз-, виллиомит-содержащих пород соответствующим составам расплавов на экспериментальной диаграмме. Полю силикатного расплава, равновесного с фторидным солевым расплавом соответствуют крупные рудные тела криолита, часто в ассоциации с топазом и криолитионитом, связанные с гранитами и пегматитами, и виллиомита в нефелиновых и содалитовых породах и пегматитах щелочных массивов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ  
СИЛИКАТНЫХ И ОКСИДНЫХ ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ ФАЗ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ  
ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ РАСПЛАВАМИ**

**Щекина Т.И., Алферьева Я.О. Граменицкий Е.Н. (*геол.ф-т МГУ*)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE FORMATION MECHANISM OF SILICATE, AND OXIDE  
SOLID AND LIQUID PHASES IN THE INTERACTION OF REFRACTORY MATERIAL  
WITH METALLURGICAL MELTS**

**Shchekina T.I., Gramenitskiy E.N., Batanova A.M., Alferieva Ya.O., (*geol.dep. MSU*)**

t-shchekina@mail.ru, факс: 8(495) 932 8889, тел.: 8(495) 939 2040

Диффузионное взаимодействие расплавов с кристаллическим веществом, сопровождающееся образованием зональности и расплавленным замещением, является главным направлением работы. Изучены закономерности изменения состава и структуры огнеупорных материалов по зональности колонок взаимодействия, возникающих в огнеупорах в процессе выплавки металла. Проводилось исследование химической стойкости огнеупорных магнезиально-доломитовых масс, применяемых в черной металлургии, и хромитопериклазовых огнеупоров, используемых в цветной металлургии: Образование новых фаз, их зональное распределение на границе огнеупорных материалов с металлургическими расплавами составляют сущность механизма их взаимодействия. Одной из главных причин коррозии и разрушения огнеупорных футеровок в пирометаллургических процессах, является возникновение расплавов в наиболее интенсивно измененных зонах огнеупора. Это явление имеет прямую аналогию с процессом взаимодействия магмы с кристаллическими породами различного состава и приконтактовыми изменениями, проявляющимися при высокотемпературном метаморфизме. Силикатные, оксидные (вюститовые и магнетитовые) и металлические расплавы, рождающиеся в результате взаимной диффузии компонентов в металлургических процессах, имеют аналогию с природными магмами. Образующиеся минералы со сложным изоморфизмом, такие как оливин, шпинель, перовскит-браунмиллерит, также имеют аналоги в природных объектах. Задачи исследований ориентированы на улучшения свойств огнеупоров и технологий производств черных и цветных металлов.

НОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ КЛАСТЕРНОГО ИСПАРЕНИЯ  
СИЛИКАТОВ

**Яковлев О. И. (ГЕОХИ РАН), Диков Ю.П. (ИГЕМ РАН), Герасимов М.В. (ИКИ РАН)**

CLUSTER VAPORIZATION OF THE SILICATES: NEW EXPERIMENTAL DATA

**Yakovlev O.I. (GEOKHI RAS), Dikov Yu.P. (IGEM RAS), Gerasimov M.V. (IKI RAS)**

yakovlev@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7003

Испарение силикатных минералов может быть разделено на три типа: 1) конгруэнтное испарение с разложением соединения в паровой фазе; 2) инконгруэнтное испарение; 3) кластерное испарение. Второй тип испарения наиболее распространён и характерен для сложных по составу минералов. В составе пара преобладают, как правило, более летучие оксиды и продукты их диссоциации. Наименее изучен третий тип, который мы назвали кластерным испарением. Он характеризуется испарением молекулярных блоков минерала, что наблюдается в высокотемпературной области испарительного процесса и в условиях резкого подъёма температуры. Состав молекулярных блоков не зависит от индивидуальной летучести входящих в его состав веществ. Поэтому кластеры могут объединять вещества с разнообразной индивидуальной летучестью, что часто приводит к обогащению паровой фазы элементами традиционно считающимися труднолетучими. В качестве примеров кластерного испарения приводятся новые данные лазерных экспериментов с ларнитом, мервинитом и волластонитом. Показано, что в сконденсированном паре, полученном при испарении островных силикатов (ларнита и мервинита), доминировали цепочечные связи кремнекислородных тетраэдров и наблюдались молекулярные группировки с волластонитовой и псевдодиопсидовой стехиометрией. Кластерный механизм испарения может играть важную, если не решающую, роль в распределении элементов между паром и остаточным расплавом в ударных процессах. В этих случаях использование классического ряда летучести элементов и окислов для интерпретации составов остаточного ударного расплава и образующихся конденсатных форм может привести к ошибочным выводам.