

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ

**ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ
им. В.И.ВЕРНАДСКОГО**

ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ

**РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
15-05-20159**

ВСЕРОССИЙСКИЙ

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

ВЕСЭМПГ-2015

21–22 апреля 2015 г.

тезисы докладов

Москва 2015

Председатели семинара

проф. Арнольд Арнольдович Кадик (ГЕОХИ РАН)
проф. Юрий Андреевич Литвин (ИЭМ РАН)

Оргкомитет:

д.г.-м.н. Алексей Алексеевич Аriskин	(ГЕОХИ РАН)
д.г.-м.н. Андрей Викторович Бобров	(МГУ)
д.г.-м.н. Алексей Рэдович Котельников	(ИЭМ РАН)
чл.-корр. Олег Львович Кусков	(ГЕОХИ РАН)
д.г.-м.н. Олег Александрович Луканин	(ГЕОХИ РАН)
д.х.н. Евгений Григорьевич Осадчий	(ИЭМ РАН)
д.г.-м.н. Юрий Николаевич Пальянов	(ИГМ СО РАН)
д.х.н. Борис Николаевич Рыженко	(ГЕОХИ РАН)
д.г.-м.н. Олег Геннадьевич Сафонов	(ИЭМ РАН)
чл.-корр. Юрий Борисович Шаповалов	(ИЭМ РАН)
к.г.-м.н. Олег Иванович Яковлев	(ГЕОХИ РАН)

Секретарь семинара:

Татьяна Ивановна Цехоня	(ГЕОХИ РАН)
-------------------------	-------------

ФОРМЫ КОЛЛОИДНОГО ПЕРЕНОСА РАДИОНУКЛИДОВ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ ИЗ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ
Александрова Е.В. (ИГЕМ РАН)

COLLOIDAL FORMS OF RADIONUCLIDE TRANSPORT BY GROUNDWATER FROM AN UNDERGROUND REPOSITORY OF RADIOACTIVE WASTE
Aleksandrova E.V. (IGEM RAS)

ligasmy@gmail.com, тел.: 8(499) 230 8440

Развитие атомной энергетики связано не только с потребностью в урановом сырье, но и с необходимостью изоляции радиоактивных отходов (РАО) и облученного ядерного топлива (ОЯТ) от биосферы (Лаверов Н.П., 1991).

Данные радиационного мониторинга, проводимого на территориях участков значительных радиоактивных загрязнений, показали, что реальная скорость распространения радиоактивного загрязнения существенно превышает значения, рассчитанные методами математического моделирования. Как оказалось, это связано в первую очередь с формой переноса радионуклидов подземными водами и, в частности, с коллоидной формой миграции радионуклидов (Penrose W.R., 1990; Ryan J.N., 1996).

В зависимости от происхождения коллоидные частицы, с которыми радионуклиды переносятся подземными водами, разделяют на три группы: истинные коллоиды, первичные коллоиды и псевдоколлоиды.

При оценке значения коллоидной формы переноса радионуклидов в подземной среде особого внимания заслуживает изучение химического и минерального состава коллоидных частиц методами Оже-спектроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, бета-спектрометрии, методами лазерной люминесценции и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS).

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕКОВ VH-ЯДЕР
ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ОБЫКНОВЕННЫХ
ХОНДРИТАХ

Алексеев В.А., Калинина Г.В., Павлова Т.А. (ГЕОХИ РАН)

SOME FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF VH-NUCLEI TRACKS OF
GALACTIC COSMIC RAYS IN ORDINARY CHONDRITES

Alexeev V.A., Kalinina G.V., Pavlova T.A. (GEOKHI RAS)

AVAL37@mail.ru, тел.: 8 (496) 522 1988

Работа частично поддержана Программой № 9 Президиума РАН.

На основе систематики литературных и полученных в Лаборатории космохимии данных о распределении треков VH-ядер галактических космических лучей в обыкновенных хондритах установлена тенденция уменьшения скорости образования треков с увеличением радиационного возраста метеоритов. Выделены две совокупности метеоритов, различающиеся скоростью образования треков, средним содержанием космогенного радионуклида ^{26}Al и представительностью хондритов разных химических групп. Найденные особенности распределения треков могут быть обусловлены различием средних размеров хондритов разных химических групп после их выделения из родительских тел.

**ОСАЖДЕНИЕ СОЛИ ИЗ НЕДОСЫЩЕННОГО РАСТВОРА
ПРИ НАЛИЧИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА**

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

**PRECIPITATION OF A SALT FROM UNDERSATURATED SOLUTION
AT THE PRESENCE OF TEMPERATURE GRADIENT**

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

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

Известно, что минералы растворяются в недосыщенных растворах и осаждаются в пересыщенных. Наши опыты показали, что это правило может нарушаться. Опыты проводились при 30-40°C в закрытой системе с водным раствором NaCl с концентрацией 36 г/кг, что в 10 раз ниже растворимости галита. В условиях горизонтального температурного градиента, соль осаждалась выше раствора на внутренних стенках герметичных контейнеров. Необычный результат объясняется тем, что в условиях общего физического равновесия жидкой воды с паром, на горячем участке поверхности раствора несколько преобладает испарение, а на холодном – конденсация. Совместное действие этих процессов приводит к дистилляции раствора. Обнаруженное явление способно проявляться в системах любого состава в экспериментальных, техногенных и природных условиях.

**РАВНОВЕСИЯ ОСНОВНЫХ ВАЛЕНТНЫХ ФОРМ РТУТИ В ГЕТЕРОФАЗНЫХ
ФЛЮИДАХ**

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

**THE BASIC VALENCE MERCURY FORMS EQUILIBRIUMS IN HETEROPHASE
FLUIDS**

Alekhin Yu.V., Fyayzullina R.V. (geol. dep. MSU)

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

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-05-03065-а.

Использование буферной пары металл-оксид для конденсированных фаз в системе Hg-HgO позволяет осуществить переход от равновесной летучести кислорода в координатах $\lg f_{O_2} - 1/T$ к распределению валентных форм ртути в жидкой и газовой фазах двухфазных флюидов, используя данные по упругости собственных паров ($\lg f$) над Hg^0 и HgO при переменной летучести кислорода. Растворимость монтроидита ($HgO_{(ТВ.)}$) в воде достаточно велика (51.28 мкг/кг H_2O или $2.37 \cdot 10^{-7}$ моль/кг при 298.15 К) и существенно выше растворимости элементарной ртути в воде (Алехин и др., 2011) при этих условиях в отсутствии кислорода (1.95 мкг/кг H_2O или $9.72 \cdot 10^{-9}$ моль/кг). Для лабильных в газопаровой смеси равновесий в двухфазных флюидах $Hg^0_{(г)} + HgO_{(г)} + H_2O_{(г,ж)} = Hg^{2+}_2 + 2OH^-$. Соотношение концентраций насыщения в водной фазе ($\lg m_{Hg^0} = -8.012$ и $\lg m_{HgO} = -6.626$) позволяет объяснить быстрое вымывание окисленной формы из газовой фазы гетерофазным процессом редокс-диспропорционирования. Рассмотрение наших и литературных данных (натурных и экспериментальных) по составу сосуществующих флюидных фаз снимает ряд ранее необъяснённых противоречий в многочисленных наблюдениях за динамикой изменения концентраций ртути в сосуществующих фазах терм Камчатки и в воздухе. Расчёты для переменных значений летучести кислорода в гидротермальных системах можно проводить, используя выше приведённое уравнение для валентных форм. Для некоторого интервала высот и переменной влажности приземного воздуха удобнее характеризовать соотношение летучестей $Hg^0_{(г)}$, $HgO_{(г)}$ и $H_2O_{(г)}$ при расчётах и на графиках $\lg f_{O_2} - 1/T$ некоторым интервалом значений летучести кислорода от 0.2 до 0.21 бар ($-\lg f_{O_2} = 0.68-0.70$), приняв для стандартной температуры 298.15 К, $1/T = 0.00335$ и $\lg f_{O_2} = -0.69$.

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ СУЛЬФИДНОЙ НЕСМЕСИМОСТИ ПРИ
ЗАТВЕРДЕВАНИИ ОЛИВИНОВЫХ КУМУЛАТОВ**

**Арискин А.А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Данюшевский Л.В.
(Тасманийский ун-т, Австралия), Николаев Г.С., Бармина Г.С. (ГЕОХИ РАН)**

**GEOCHEMICAL EFFECTS OF SULFIDE IMMISCIBILITY IN SOLIDIFYING
OLIVINE CUMULATES**

**Ariskin A.A. (geol. Dep MSU, GEOKHI RAS), Danyushevsky L.V. (Univ. of
Tasmania, Australia), Nikolaev G.S., Barmina G.S. (GEOKHI RAS)**

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

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00216.

Начиная с классической работы (Campbell, Naldrett, 1979) отношение массы расплава к количеству сульфидной фазы (*R*-фактор) рассматривается как главный параметр, определяющий распределение халькофильных элементов в процессах магматической эволюции. Эти соотношения представлены в виде аналитических уравнений, которые используются в “сульфидной петрологии” при обсуждении условий образования Cu–Ni–PGE месторождений (Leshner, Burnham, 2001). Теоретический анализ этой проблемы показывает, что предложенный подход справедлив исключительно для бинарных систем (расплав + сульфид). В случае многофазных равновесий (расплавы + породообразующие минералы + сульфид) необходимо учитывать стадию проявления сульфидной несмеси и пропорцию выделяющейся сульфидной жидкости относительно силикатных минералов и оксидов. Эти задачи позволяет решать новая “сульфидная версия” модели КОМАГМАТ (COMAGMAT-5). С ее помощью проведены расчеты последовательной сульфидной несмеси в процессе затвердевания начально ненасыщенных серой оливиновых кумулатов Йоко-Довыренского расслоенного массива. Результаты вычислений показывают, что обеднение сульфидной жидкости палладием, рением и серебром носит гораздо менее значимый характер, чем предсказывает концепция *R*-фактора. Этот вывод подтверждает сравнение составов интеркумулусных (LA-ICPMS) и модельных сульфидов, рассчитанных с использованием новейших экспериментальных данных о коэффициентах распределения халькофилов между сульфидом и силикатным расплавом (Mungall, Brenan, 2014).

**ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОЛОГИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ ФАЗ
МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ (НА ПРИМЕРЕ ПОРОД
ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО РАССЛОЕННОГО МАССИВА)**

**Арискин А.А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Хомяк А.Н. (геол. ф-т МГУ),
Гилязетдинова Д.Р. (геол. ф-т МГУ), Николаев Г.С. (ГЕОХИ РАН)**

**STUDIES OF THE MORPHOLOGY AND DISTRIBUTION OF SULFIDE PHASES
BY METHODS OF THE COMPUTER TOMOGRAPHY (AS APPLIED TO THE
ROCKS FROM THE YOKO-DOVYREN LAYERED MASSIF)**

**Ariskin A.A. (geol. Dep MSU, GEOKHI RAS), Khomyak A.N. (geol. Dep MSU),
Giliyazetdinova D.R. (geol. Dep MSU), Nikolaev G.S. (GEOKHI RAS)**

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

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00216.

Эффективность массопереноса и накопления сульфидов при затвердевании мафит-ультрамафитовых интрузивов в значительной мере зависит от возможности смачивания сульфидной жидкостью зерен породообразующих силикатов и пористости вмещающей среды (проницаемости кумулуса). Эти соотношения “записаны” в морфологии сульфидных фаз и их распределении по объему пород. Получить эту информацию позволяют современные методы компьютерной рентгеновской томографии. Они используют эффект ослабления рентгеновского поглощения при прохождении через образец, причем для разных минеральных фаз степень поглощения зависит от их плотности и эффективного атомного номера (Zэф) минералообразующих элементов. Таким образом, для высокоплотной сульфидной фазы появляется возможность определения формы, размера и степени связанности магматических сульфидов (Barnes et al. 2008). В этой работе представлены предварительные результаты макро- и микротомографических исследований для серии минерализованных габброноритов и ультрамафитов из Йоко-Довыренского массива в Северном Прибайкалье. Всего изучено 19 образцов размером от ~2×2×2 до 7×7×35 см; разрешение при проведении измерений варьировало от 14 до 150 мкм. Анализ 3D-изображений позволил разделить сульфидные включения на три главных типа: (1) изолированные стяжения, (2) локально-связанные включения и (3) полностью связанные по всему объему.

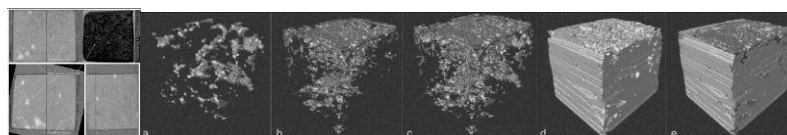


Рис. 1. Примеры рентгеновских плотностных сечений по результатам макротомографии минерализованного габбронорита (слева) и стереологические модели фаз, выделенных в этом образце (наиболее светлые участки отвечают включениям сульфидной фазы).

ЯВЛЕНИЯ АГРЕГАЦИИ НАНОФАЗ И ФАЗОВОЙ СЕГРЕГАЦИИ
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛОВ РУДНЫХ
МИНЕРАЛОВ В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ
СИСТЕМАХ

Арсентьев К.Ю., Таусон В.Л., Липко С.В. (ИГХ СО РАН)

PHENOMENA OF NANOPHASE AGGREGATION AND PHASE SEGRAGATION
OF TRACE ELEMENTS ON THE SURFACE OF ORE MINERAL CRYSTALS IN
MULTICOMPONENT HYDROTHERMAL SYSTEMS

Arsentev K.Yu., Tauson V.L., Lipko S.V. (IGC SB RAS)

arskir@gmail.com, тел.: 8(914) 943 1290

Гранты РФФИ №№ 15-05-00612, 15-05-05767.

Обнаружено явление агрегации наноразмерных поверхностных фаз в процессе роста кристаллов в гидротермальных условиях при повышенных температурах и давлениях. Согласно предложенной модели, поверхностные нанопазы поглощают из среды роста элементы, не совместимые со структурой матричного кристалла, но по мере перехода в объем кристалла сбрасывают их на дефекты поверхности в виде собственных микрофаз этих элементов. Полученные данные показывают, что механизм образования твердофазных включений в минералах более сложен, чем до сих пор считалось, и может неадекватно отражать состав кристаллизационной среды. Например, микрокристаллы пирамидальной формы на поверхности грани {100} пирита, образующиеся из наноразмерных прекурсоров, близки по составу к моносulfиду, но содержат много Cr (15 ат.%), практически отсутствующего в среде роста (0.0005%). Штриховка на грани маркируется микрочастицами, в свою очередь сформированными путем агрегации наноразмерной поверхностной фазы. Аналогичные явления обнаруживаются на поверхности пиритов и арсенопиритов золоторудных месторождений, особенно рельефно в отношении платиноидов и РЗЭ.

СОСТАВ РАСПЛАВОВ КОМАТИИТОВ АБИТИБИ И БЕЛИНГВЕ ПО
ДАНЫМ ИЗУЧЕНИЯ РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ОЛИВИНЕ

Асафов Е.В. (ГЕОХИ РАН), Соболев А.В. (ГЕОХИ РАН, ISTERRE), Гуренко А.А. (CRPG), Арндт Н.Т. (ISTERRE), Батанова В.Г. (ГЕОХИ РАН, ISTERRE)

COMPOSITION OF KOMATIITE MELTS FROM ABITIBI AND BELINGWE
INFERRED FROM MELT INCLUSIONS IN OLIVINE PHENOCRYSTS

Asafov E.V. (GEOKHI RAS), Sobolev A.V. (GEOKHI RAS, ISTERRE), Gurenko A.A. (CRPG), Arndt N.T. (ISTERRE), Batanova V.G. (GEOKHI RAS, ISTERRE)

evasafov@gmail.com, 8(903) 004 7564

При поддержке гранта РФФИ 14-17-00491.

Коматииты – ультрамафические породы, которые представляют максимальные степени плавления мантии (более 30%) и поэтому являются хорошими индикаторами ее состава. Большинство коматиитов сильно изменены, поэтому в них нельзя напрямую определить содержание летучих и подвижных компонентов. Для этих целей нами были проанализированы составы расплавных включений в высокомагнезиальных оливинах из коматиитов возрастом 2.7 млрд. лет – из зеленокаменного пояса Абитибии, Канада и зеленокаменного пояса Белингве, Зимбабве.

Фракции оливина были закалены при температуре 1350 °C в C–O–H атмосфере и буфере кварц–фаялит–магнетит (QFM). Закаленные включения были выведены на поверхность и проанализированы с помощью электронного микрозонда (EPMA) и ионного зонда (SIMS). Полученные составы скорректированы до равновесия с оливином-хозяином с учетом потери железа с помощью программы Petrolog (Danyushevsky & Plechov, 2011). Получены данные по содержанию Mg, Si, Fe, Ti, Al, Fe, Mn, Ca, Na, K, Cr и летучих компонентов – H₂O, Cl, F, S и CO₂. В расплавных включениях установлено повышенное содержания Cl и H₂O. Предполагается, что к повышенному содержанию Cl привел ранний процесс AFC. Включения расплавов из наиболее магнезиальных оливинов (Fo_{94.7}), максимально приближенные к первичному, содержат самое большое количество H₂O (до 0.6 мас.%), которая возможно имеет мантийное происхождение.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОНОМИНЕРАЛЬНАЯ ПИРОКСЕНОВАЯ И
ГРАНАТОВАЯ ТЕРМОБАРОМЕТРИЯ ДЛЯ ПЕРИДОТИТОВ И ЭКЛОГИТОВ
Ащепков И.В. (ИГМ СО РАН)

UNIVERSAL MONOMINERAL CLINOPYROXENE AND GARNET BAROMETRY
FOR ECLOGITES AND PERIDOTITES
Ashchepkov I.V. (IGM SB RAS)

igor.ashchepkov@igm.nsc.ru, тел.: 8(350) 591 8327

РФФИ 03-05-64146; 11 -05-00060.

Предложено универсальное уравнения мономинерального клинопироксенового барометра, которое дает очень хорошую сходимость с РТ параметрами экспериментальных опытов в эклогитовой (311) опытов и перидотитовой – пироксенитовой (520) системах. $KD = Na/AlCr * Mg/Ca$, где $AlCr = (Al - 0.01) * ((T^{\circ}K - 600)/700)^{**0.75} + Cr * (T^{\circ}K - 100)/1000 + (4 * Ti - 0.0125)/(T^{\circ}K - 801) * 650 + 0.55 * ((Fe - 0.23) * (T^{\circ}K - 900)/10000)$. Уравнение барометра: $P = 0.26 * (5 + 12 * (Al + 0.30 * Na) * KD * T^{\circ}K^{**0.75} / (1 + Fe + Fe * (T^{\circ}K - 600)/1000) - \ln(1273/ToK)) * 40 * (7 * Na - Al - 15 * Ti + 10 * Cr + Mg/4) + 7.5 * Si - 20 * (Al * Na * Mg/Ca / (Al - 2 * Ti + Na - Fe / (Fe + Mg)) + 50 * (Na + 0.1 * Al - 2 * Ti + 0.05 * Mg - 0.22 * Ca - 0.7 * Na) / Ca)$. Данное уравнение решается итерационным путем совместно с модифицированным термометром (Nimis, Taylor, 2000) в РТ программе, написанной на ФОРТРАН (Ter55IGE.for). Данное уравнение прекрасно воспроизводит детали мантийного разреза под кимберлитовой трубкой Удачная полученного с помощью методов ортопироксеновой (McGregor, 1974) (P) и *Орх–Gar* (Brey, Kohler, 1990; Nickel, Green, 1985) для перидотитов и дает согласованную картину для эклогитов. Получены предварительно уравнения гранатового эклогитового барометра, -модифицированную версию барометра (Ащепков, 2006), с поправками на Na/Ti и $Ca/(Mg+Fe)$, что позволяет воспроизводить РТ параметры 131 опытов для эклогитов и 180 для перидотитов.

UNIVERSAL MONOMINERAL

ОЦЕНКА МИГРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ
В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНА И
АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Базова М.М. (ГЕОХИ РАН)

THE ESTIMATION OF MIGRATION ACTIVE ELEMENTS IN NATURAL
WATERS OF KOLA PENINSULA IN THE DEPENDING ON GEOCHEMICAL
FEATURES OF THE REGION AND ENVIRONMENTAL CONTAMINATION

Bazova M.M. (GEOKHI RAS)

mm.bazova@yandex.ru, тел.: 8(906) 062 8348

Работа выполнена при финансовой поддержки гранта РФФ №14-17-00460.

Доказанным является тот факт, что за последнее столетие резко увеличилось антропогенное поступление элементов в окружающую среду, которое связано с увеличением объемов добычи металлов и их рассеиванием в окружающей среде (Мур, Рамамурти, 1987; Моисеенко и др., 2006).

Малые озера Кольского Севера лучше всего отражают особенности формирования их химического состава, а также уровень антропогенного загрязнения регионального масштаба. Обогащение вод теми или иными элементами происходит вследствие антропогенного рассеивания элементов и выщелачивание их кислотными осадками.

В зависимости от ландшафтно-геохимических особенностей региона и удаленности от источника загрязнения выявлены различия в распределении элементов. Рассчитан коэффициент водной миграции как отношение содержания элемента в минеральном остатке воды к его содержанию в горных породах или почвах (или к кларку литосферы). В целом в озерах Кольского региона наблюдается значительное обогащение вод такими элементами, как Re, B, Se, As, Mo, Sb, Cd, Ag, Sc, Ni вследствие техногенного рассеивания. Высокие коэффициенты водной миграции таких элементов как Pb, Zn, Co, As, Br, Sn, Ba, Be, Mo, B, Ga, W, с одной стороны, связаны с геологическими особенностями региона, с другой стороны – глобальными процессами рассеивания и локальной аэротехногенной нагрузкой на регион, включая кислотные дожди. Увеличение уровня содержания металлов и металлоидов в природных водах в результате локальной и региональной антропогенной нагрузки может приводить к изменению биогеохимических циклов и формированию экотоксичных условий для водных организмов.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ КАК ИСТОЧНИК
ИНФОРМАЦИИ О НЕФТЕГАЗАЗОНОСНОСТИ БИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД,
МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ИХ
ФАЗОВОМ СОСТОЯНИИ

**Балицкий В.С., Балицкая Л.В. (ИЭМ РАН), Пентелей С.В., Пиронон Ж.,
Баррес О (Ун-т Лотарингии, Франция)**

SYNTHETIC FLUID INCLUSIONS AS SOURCE OF INFORMATION ABOUT OIL
AND GAS POTENCIAL OF BITUMINOUS ROCKS, METAMORPHIC
TRANSFORMATION OF HYDROCARBONS AND THEIR PHASES STATE

**Balitsky V.S., Balitskaya L.V. (IEM RAS), Penteley S.V., Pironon J., Barres O.
(Loran Univ., France)**

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

В последние годы уделяется большое внимание использованию сланцев для получения сланцевого газа (метана) и сланцевой нефти. При оценке потенциальной нефтегазоносности битуминозных пород обычно используются методы пиролиза и аквапиролиза. Они дают хорошие результаты, но не позволяют наблюдать за фазовым состоянием генерируемых углеводородов, определяющим формы миграции их в земных недрах. Наиболее надежно эта задача решается экспериментально путем изучения синтетических флюидных включений в минералах, в частности, в кварце, выращенном при осуществлении взаимодействия битуминозных пород с гидротермальными растворами в широком диапазоне температур и давлений. Кроме того, подобные исследования позволяют успешно моделировать процессы различных, в том числе метаморфических превращений нефти, их кинетики и причин изменения состава под воздействием ТР параметров и объемных соотношений водной и углеводородных фаз.

О ПРОИСХОЖДЕНИИ АСТЕНОСФЕРЫ У ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)

ON THE ORIGIN OF THE ASTHENOSPHERE OF TERRESTRIAL PLANETS

Barenbaum A.A. (OGRI RAS)

azary@mail.ru, тел: 8(499) 135 7221

Происхождение на планетах земной группы (Земля и Марс) слоя астеносферы – это вопрос, не получивший пока удовлетворительного объяснения. Развиваются представления, согласно которым образование на Земле и Марсе астеносферы вызвано нагревом пород литосферы ударными волнами от разрушающихся в газовой оболочке этих планет галактических комет. Рассмотрен физический механизм нагрева пород литосферы кометными ударными волнами и оценена энергетика данного процесса. Обсуждаются сходства и различия в строении и свойствах слоя астеносферы на нашей планете и на Марсе.

Исходя из предложенного механизма, астеносфера представляет нагретый до состояния частичного плавления слой пород в подошве литосферы мощностью до ~200-300 км, который перемещается под поверхностью планет на участки с наиболее высокой плотностью падений галактических комет. Получен вывод, что современная конфигурация астеносфер Марса и Земли в значительной мере определяется последней бомбардировкой Солнечной системы галактическими кометами, имевшей место в период от 5 до 1 млн. лет назад.

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ РАЗРУШЕНИЯ КАРБОНИЗИРОВАННОЙ ВОДЫ
ПРИ ГЕОСИНТЕЗЕ

Баренбаум А.А., Климов Д.С. (ИПНГ РАН)

MEASURING SPEED OF DESTRUCTION OF CARBONATED WATER AT
GEOSYNTHESIS

Barenbaum A.A., Klimov D.S. (OGRI RAS)

azary@mail.ru, тел.: 8(499) 135 7221

Синтез УВ по реакции $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ – широко распространенный в природе процесс эндотермического характера. Источниками энергии в реакции могут служить свет (фотосинтез), процессы в живых организмах (биосинтез), а также процессы в горных породах (геосинтез). Известно, что для протекания реакции $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ в осадочном чехле земной коры необходимым условием является разложение воды с образованием активного радикала водорода (атомарного, гидридного), происходящее на механически активированной поверхности матрицы пород.

Приведены результаты измерений скорости разрушения карбонизированной воды (вода с растворенным CO_2) в условиях, моделирующих активацию пород осадочного чехла. В качестве «активатора» матрицы пород в экспериментах использована железная стружка. Эксперименты проводились при комнатной температуре и близком к атмосферному давлению.

Выполненные исследования дают основания полагать, что геосинтез УВ по реакции $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ играет ключевую роль в современном образовании нефти и газа, а также несет ответственность за явление дегазации недр.

**ОЦЕНКА ЗАПАСОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ УРАНА В
ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЯХ**

**Богуславский А.Е. (ИГМ СО РАН), Гаськова О.Л. (ИГМ СО РАН, геол.-геофиз. ф-т НГУ),
Шемелина О.В., Кабанник В.Г. (ИГМ СО РАН)**

**U-RESOURCE ASSESSMENT IN THE TECHNOGENIC GEOCHEMICAL
ANOMALIES AND U SOLID SPECIES DEFINITION**

**Boguslavskiy A.E. (IGM SB RAS), Gaskova O.L. (IGM SB RAS, geol.-geophys. dep. NSU),
Shemelina O.V., Kabannik V.G. (IGM SB RAS)**

boguslav@igm.nsc.ru, тел.: 8(383) 330 4502

Грант РФФИ 13-05-00032.

Геохимические аномалии, сформированные на участках сброса промышленных стоков предприятиями топливно-ядерного цикла, могут стать вторичными источниками загрязнений после остановки производственного цикла, и даже рекультивации территории шламоотстойников. В настоящей работе объектом исследования служили донные отложения природных озер, находящихся в зоне влияния шламохранилищ одного из сибирских заводов по обогащению урана. Отбор проб производился бурением донных отложений в зимний период. Для геоинформационного объемного моделирования водных котловин и их донных осадков использовались программные пакеты ENVI и ArcGIS. В результате проделанной работы оценены запасы урана, накопленные за 60 летний период эксплуатации шламоотстойников. Максимальные содержания урана в донных осадках составляют 150 г/т. Методом ступенчатого выщелачивания различного типа донных отложений (глины, супеси и торфа) определены соотношения подвижных (водорастворимых и ионообменных) и устойчивых (связанных с карбонатами, гидрооксидами Fe и Mn, органикой) форм нахождения урана. Из экспериментальных и расчетных данных следует, что концентрации загрязняющих элементов в поверхностных водах не превысят региональных фоновых значений и после ликвидации источников загрязнения.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ КОМПЛЕКСОВ МЕДИ В ВОДНЫХ
МЕДНО-КАРБОНАТНЫХ СИСТЕМАХ (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)**

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

**DISTRIBUTION AND STABILITY OF COPPER COMPLEXES IN AQUEOUS
COPPER CARBONATE SYSTEMS (THEORETICAL AND EXPERIMENTAL
DATA)**

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

tmb@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5847

Изучение образования, устойчивости и поведения комплексов меди проводилось в связи с выяснением условий кристаллизации тенорита, малахита и азурита. Опыты по синтезу указанных минералов проводились в кристаллизаторах рециркуляционного типа с использованием медно-аммиачных растворов при температурах до 100°C и давлении насыщенного пара. Теоретически, с использованием программы HCh (Shvarov,1999) рассчитаны минеральные равновесия в водных медно-карбонатных системах $\text{CuO}-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{NH}_3$ (концентрация аммиака от 0 до 2.0 М). На основе расчетов построены зависимости концентрации ионов и комплексов меди как функции pH равновесного раствора, а также определена роль различных комплексов меди в образовании указанных выше медьсодержащих минералов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДА–
ПОРОДА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Бугаев И.А., Бычков А.Ю., Калмыков Г.А., Калмыков А.Г.,
Козлова Е.В. (геол. ф-т МГУ)**

**EXPERIMENTAL STUDY WATER–ROCK INTERACTION WITH HIGHT
ORGANIC CONTENT AT HYDROTHERMAL CONDITION**

**Bugaev I.A., Bychkov A.Y., Kalmykov G.A., Kalmykov A.G.,
Kozlova E.V. (geol. dep. MSU)**

liiabougayev@gmail.com, тел.: 8(495) 939 1239

Проект 4.581.21.0008 (RFMEFI58114X0008).

Представлены результаты экспериментов по извлечению сланцевой нефти из пород баженовской свиты при гидротермальных условиях. Извлечение углеводородов проводилось в автоклавах из жаропрочной стали объемом 50 мл, запираемые медной прокладкой. В автоклав загружалась навеска 10 г образца породы Баженовской свиты и водный раствор так, чтобы давление при температуре ниже критической точки воды соответствовало давлению насыщенного пара воды, а при температуре выше критической составляло 1000 бар. В эксперименте показано, что при увеличении времени опыта возрастает выделение нефтяных фракций. Потенциал извлечения нефтепродуктов нефтяных фракций пород баженовской свиты при гидротермальном воздействии составляет до 25 мг/г или 2.5 масс. %. Также были проведены эксперименты с введением восстанавливающих добавок (алюминий, щавелевая кислота), результаты показывают, что это не приводит к повышению коэффициента извлечения нефти. Установлено, что при температуре 250°C выход нефтяной фракции незначительный, при 300°C выделение нефтяных фракций составляет до 25 мг/г, а при 350°C – до 15 мг/г. Обращает на себя внимание, что повышение температуры с 300 до 350 градусов не приводит к увеличению извлечения нефти. Поскольку в пластовых условиях данных разрезов температура составляет 80–100 градусов, требуется относительно небольшой прогрев для активации реакций, приводящих к извлечению нефтяных фракций. Поэтому температура 300°C является предпочтительной, так как выход нефтяного продукта больше, а состав нефтяных фракций представлен преимущественно нормальными алканами, в то время как хроматограммы при температуре 350°C свидетельствуют о протекании сложных процессов, в том числе графитизации керогена.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОСЕКУНДНЫХ
ИМПУЛЬСОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ
И МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ
КИМБЕРЛИТОВ**

Бунин И.Ж., Анашкина Н.Е., Рязанцева М.В. (ИПКОН РАН)

**EXPERIMENTAL STUDY OF HIGH-VOLTAGE NANOSECOND PULSES
EFFECT ON THE STRUCTURE SURFACE AND MICROHARDNESS OF
KIMBERLITE ROCK-FORMING MINERALS**

Bunin I.Zh., Anashkina N.E., Ryazantseva M.V. (IPKON RAS)

bunin_i@mail.ru, for_nataliya@list.ru, тел.: 8(495) 360 7328

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ «Научная школа акад.
В.А. Чантурия» НШ-748.2014.5 и гранта РФФИ № 14-05-00007-а.*

Методами ИК-Фурье-спектроскопии диффузного отражения и РЭМ-РСМА изучали механизм нетеплового воздействия мощных (высоковольтных) наносекундных импульсов (МЭМИ: Чантурия, Гуляев и др., 1999, 2001) на структурно-химические свойства поверхности и микротвердость породообразующих минералов кимберлитов (оливина, кальцита и серпентина). МЭМИ вызывали следующие изменения в ИК-спектрах минералов: для серпентина наблюдалось увеличение площади полосы ($850\text{--}1150\text{ см}^{-1}$), относящейся к колебаниям связи кремний - кислород в тетраэдрах структуры минерала; для оливина – увеличение площади полосы поглощения $750\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ и исчезновение слабой полосы при 864 см^{-1} после обработки МЭМИ в течение 50 с. Изменения спектральных характеристик, вероятно, обусловлены нарушением микроструктуры поверхностных слоев минералов вследствие образования микродефектов, разупорядочения и аморфизации поверхности, искажения и разориентации кристаллической структуры. По данным РЭМ-РСМА на поверхности серпентина наблюдались следы пробоев в местах локализации микровключений оксидов (возможно, хромита), сульфидов (миллерита, NiS), других металлсодержащих микро- и наночастиц.

С использованием метода измерения твердости по Виккерсу установлен эффект разупрочнения поверхности природных минералов-диэлектриков в результате воздействия высоковольтных наносекундных импульсов: максимальное относительное изменение (снижение) микротвердости (HV, МПа) составило для оливина величину порядка 63% (с 4250 до 1560 МПа), для кальцита – 66% (с 790 до 265 МПа), для серпентина – 40% (с 430 до 260 МПа).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АУРОСТИБИТА И ХУНЧУНИТА

**Бычков И.В. (Государственный ун-т «Дубна»), Тюрин А.В. (ИОНХ РАН),
Чареев Д.А. (ИЭМ РАН), Полотнянко Н.А. (Государственный ун-т «Дубна»),
Гавричев К.С. (ИОНХ РАН)**

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF AUROSTIBITE AND HUNCHUNITE

**Bytchcov I.V. (Dubna Univ.), Tyurin A.V. (IGIC RAS), Chareev D.A. (IEM RAS),
Polotnyanko N.A. (Dubna Univ.), Gavrichev K.S. (IGIC RAS)**

ilya-bytchcov@rambler.ru, тел.: 8(496) 213 4671

В работе представлены результаты низкотемпературных калориметрических исследований фаз в бинарных системах с участием золота.

Синтетические аналоги минералов аурустибита AuSb_2 и хунчунита Au_2Pb получены прямым синтезом из элементов в вакуумированных кварцевых ампулах при 200–400°C в течение 20 дней с одним промежуточным перетиранием. Фазовая чистота образцов доказана с помощью рентгенофазового анализа.

Теплоемкость AuSb_2 и Au_2Pb изучена методом адиабатической калориметрии в интервале температур от $T \rightarrow 0$ К до 350 К. Для обеих фаз рассчитаны стандартные термодинамические функции: теплоемкость C_p° , энтропия S° , изменение энтальпии $H^\circ(298.15) - H^\circ(0)$ и приведенная энергия Гиббса Φ° .

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
АМФИБОЛА С H_2O – KCl – $NaCl$ ФЛЮИДОМ**

Варламов Д.А., Ходоревская Л.И. (ИЭМ РАН)

**INTERACTION BETWEEN AMPHIBOLE AND H_2O – KCl – $NaCl$ SOLUTION:
EXPERIMENTAL STUDY**

Varlamov D.A., Khodorevskaya L.I. (IEM RAS)

dima@iem.ac.ru, тел.: 8(916) 251 8933

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00272 а.

При $T = 750^{\circ}C$, $P = 700$ МПа проведено экспериментальное изучение взаимодействия амфибола (Hbl) с растворами KCl – $NaCl$ – H_2O . При $X_{H_2O}=0.3-0.4$ в отсутствие KCl во флюиде в опытах помимо исходных чермакитов начинают появляться Ca – Na амфиболы – магнезиотарамиты. Содержание хлора в таких амфиболах достигает 1-1.2 мас.%. Присутствуют содалит и нефелин, что свидетельствует о ненасыщенности системы кремнеземом и пересыщении натрием. При соотношении $KCl/(KCl+NaCl) \geq 0.1$ наряду с вышеупомянутыми минералами появляются хорошо выраженные единичные кристаллы клинопироксена с содержанием жадеитового минала 3-5 мол.%, которые фиксируются практически только в срастаниях с плагиоклазом; появляется магнезиальный биотит. С дальнейшим увеличением $KCl/(KCl+NaCl)$ появляется калиевый полевой шпат (зачастую обрастающий более ранний плагиоклаз), сокращается количество нефелина и амфибола, полностью эти минералы исчезают при $KCl/(KCl+NaCl) \geq 0.5$, основная минеральная ассоциация при этом после опыта – $Sprx+Bt+Grt+Kfs+Pl$. Гранат относится к андрадит-гроссуляровому ряду.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ АРМЕНИИ

Галстян А.В, Саркисян Ш.Э. (ЕГУ, Армения)

EXTRACTION OF RHENIUM BY NATURAL ZEOLITES OF ARMENIA

Galstyan A.V., Sarkisyan S.E. (YSU, Armenia)

arshaluysgalstyan@mail.ru, тел.: (+37493) 79 7081

Извлечение рения предприятий цветной металлургии Армении в связи с большими объемами, высокой температурой процессов и низкой концентрацией рения в выбросах отходящих газов в атмосферу является достаточно сложной задачей. Извлечение рения целесообразно организовать с применением твердых адсорбентов, одним из которых служит природный цеолит. Для исследования были использованы 3 разные формы модификации цеолитов: термически обработанные, обработаны хлоридом и гидроксидом натрия цеолит содержащие туфы. Показано, что природные и модифицированные цеолитовые породы Ноемберянского месторождения Армении являются эффективными адсорбентами для поглощения рения из отходящих газов.

**ИСПАРЕНИЕ ОЛИВИНА В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНОГО
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРЕВАНИЯ**

**Герасимов М.В., Зайцев М. (ИКИ РАН), Диков Ю.П. (ИГЕМ РАН),
Яковлев О.И., Рязанцев К.М., (ГЕОХИ РАН)**

**OLIVINE VAPORIZATION IN CONDITIONS OF HIGH TEMPERATURE
IMPULSE HEATING**

**Gerasimov M.V., Zaitsev M. (IKI RAS), Dikov Yu.P., (IGEM RAS),
Yakovlev. O.I., Ryazantsev K.M. (GEOKHI RAS)**

mgerasim@mx.iki.msk.su, тел.: 8(495) 333 1155

Представлены новые экспериментальные данные по импульсному (лазерному) испарению оливина, являющегося главным минералом метеоритов и мантийных недр планет. Целью экспериментов было изучение возможных геохимических трендов дифференциации силикатного вещества в условиях ударно-испарительного процесса на начальной (аккреционной) стадии эволюции Земли.

Для имитации высокотемпературного «ударного» испарения использовалось лазерное излучение ($\lambda = 1.06$ мкм) с длительностью импульса 10^{-3} сек, плотностью излучения 10^6 Вт/см² и диаметром фокусировки ~ 3 мм. Температура в зоне испарения достигала ~ 4000 – 5000 К. Лазерный импульс испарял несколько десятков мг оливина, что было достаточно для получения конденсатной плёнки толщиной ~ 5000 Å и анализа её методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Составы конденсатов сравнивались с исходными составами оливинов – Fo87 и Fo91.

Результаты анализа показали, что составы конденсатов значительно отличались от состава мишеней высоким содержанием Si и низким содержанием Mg. При этом отношение элементов Mg/Si в конденсате было близко к 1. Полученные данные позволяют предполагать, что при высокотемпературном испарении оливина в условиях импульсного нагрева в паре может присутствовать устойчивая группировка атомов пироксенового типа. Помимо вероятного соединения со стехиометрией энстатита (MgSiO_3), в конденсате определены в небольших количествах соединения метасиликата железа, простые оксидные формы – MgO , FeO , SiO_2 и металлическое железо (Fe^0).

**ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ АЛМАЗА В ХОДЕ ПЛАВЛЕНИЯ
ГРАФИТСОДЕРЖАЩИХ КАРБОНАТИЗИРОВАННЫХ ОСАДКОВ ПРИ 7.5–12
ГПа**

**Гирнис А.В. (ИГЕМ РАН), Булатов В.К. (ГЕОХИ РАН),
Брай Г.П. (Ун-т им. И.-В. Гете, Франкфурт на Майне, Германия)**

**PHASE EQUILIBRIA AND DIAMOND FORMATION DURING MELTING OF
GRAPHITE-BEARING CARBONATED SEDIMENTS AT 7.5–12 GPa**

**Girnis A.V. (IGEM), Bulatov V.K. (GEOKhI),
Brey G.P. (J.-W. Goethe Univ., Frankfurt, Germany)**

girnis@igem.ru, тел.: 8(499) 230 8415

Работа выполнена при поддержке гранта 34П Президиума РАН.

Плавление карбонатизированных осадков в присутствии элементарного углерода (графит или алмаз) было исследовано на многопуансонном аппарате при 7.5–12 ГПа и 800–1600°C. Для проведения исследований из окислов, гидроокислов, карбонатов и графита были приготовлены две смеси, одна из которых была идентична модельному составу GLOSS (Plank and Langmuir, 1998), а вторая отличалась от GLOSS пониженным содержанием Na и более высоким – K (GLOSS^{Na}). Опыты проводились при избытке летучих компонентов (H₂O и CO₂), поэтому фаза флюида или расплава присутствовала при любых условиях. При повышении температуры наблюдается постепенный переход от плотного существенно водного флюида к карбонатно-силикатным расплавам (<10 мас.% SiO₂) и силикатным расплавам, богатым CO₂ и H₂O (до 40 мас.% SiO₂). Низкотемпературная (800–900°C) минеральная ассоциация включала коэсит/стишовит, гранат, кианит, клинопироксен, карбонаты (арагонит и Fe–Mg карбонат), циркон, рутил, беартит [Ca₂Al(PO₄)₂OH] и водосодержащие фазы (фенгит и лавсонит при P < 9 ГПа и топаз или фазу EGG при P > 10 ГПа). Водосодержащие фазы исчезают при температуре ~900°C, карбонаты устойчивы до 1000–1100°C. При температурах >1200°C минеральная ассоциация представлена коэситом/стишовитом, кианитом и гранатом. Стабильность клинопироксена зависит от содержания Na в исходной смеси; он сохраняется в смеси GLOSS до 1600°C при 12 ГПа и отсутствует в экспериментах с GLOSS^{Na} выше 1200°C. Хотя все эксперименты были проведены в поле стабильности алмаза, в продуктах низкотемпературных опытов был обнаружен только графит. Спонтанная нуклеация алмаза происходила при температурах выше 1200–1300°C и выдержках порядка 24 часов. При этом превращение графита в алмаз всегда было полным по всему объему образца; присутствие одновременно графита и алмаза в продуктах опытов никогда не наблюдалось. Мы полагаем, что характер трансформации графит-алмаз контролируется соотношениями между кинетикой растворения метастабильного графита и нуклеацией алмаза в пересыщенных углеродом силикатно-карбонатных расплавах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРИДОТИТ–БАЗАЛЬТ–СУЛЬФИД–ФЛЮИД ПРИ $T=1400^{\circ}\text{C}$, $P=4$ ГПа: ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ФЛЮИДА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И КРИТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ

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

EXPERIMENTAL STUDY OF BASALT–PERIDOTITE–SULPHIDE–FLUID SYSTEM AT $T=1400^{\circ}\text{C}$, $P=4$ GPa: INFLUENCE OF FLUID ON THE PHASE COMPOSITION AND CRITICAL RELATIONSHIPS

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

gor@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5880

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-05-00777, 14-05-00752а.

Система перидотит–базальт–сульфид–флюид (H_2O , $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$) изучена при $T=1400^{\circ}\text{C}$, $P=4$ ГПа. Эксперименты выполнены в ИЭМ РАН на аппаратуре типа НЛ-40 с использованием методики перидотитовой ампулы. Закалочные образцы из экспериментов с $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ и с H_2O отличались по текстуре и фазовому составу. В первом случае массивная текстура и фазовый состав – $\text{Cpx}+\text{Opx}+\text{Gl}$ (силикатное стекло пикритобазальтового состава) с включениями Fe–Ni–Cu–сульфидных глобуль с четкими границами между фазами однозначно указывают на частичное плавление перидотита с образованием расплава и рестита. В экспериментах с H_2O наблюдалась полная дезинтеграция закалочных образцов, в виде спрессованного порошка, состоящего из микролитов и их сростков силикатов, сульфидных, Fe–Ni металлических и алюмосиликатных микроглобуль. Особенности их текстуры и фазового состава свидетельствуют о существовании в H_2O -содержащей системе сверхкритического флюидорасплава, а P – T эксперимента – 4 ГПа, 1400°C характеризуют P – T второй конечной критической точки (2КТ). Сравнение P – T 2КТ и мантийных геотерм свидетельствует о возможности существования сверхкритических флюидорасплавов при плавлении водосодержащей мантии в мантийном клине над зонами субдукции и в мантийных плюмах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ И ФАЗОВЫХ
СООТНОШЕНИЙ УЛЬТРАВЫСОКОБАРНОГО GRT-СОДЕРЖАЩЕГО
КАРБОНАТИТА ИЗ КАЛЕДОНСКОГО ПОКРОВА БАЛТИЙСКОГО ЩИТА
ПРИ $T=950-1400^{\circ}\text{C}$ $P=4$ ГПа

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

EXPERIMENTAL STUDY OF MELTING AND PHASE RELATIONSHIP OF UHP
GRT-CONTAINING CARBONATITES FROM CALEDONIAN COVER BAL TIC
SHIELD AT $T=950-1400^{\circ}\text{C}$, $P=4$ GPa

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

gor@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5880

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-05-00777, 14-05-00752а.

Особенности Grt-содержащих ультравысокобарных карбонатитов (УНРС) Каледонского покрова района Тромсе, Норвегия свидетельствуют о взаимодействии карбонатитового расплава с веществом мантии [1]. Для выяснения физико-химических условий формирования УНРС изучено его плавление при $T=950-1400^{\circ}\text{C}$, $P=3.8-4.0$ ГПа в «сухих» условиях и с $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ флюидом. Эксперименты выполнены в ИЭМ РАН на аппаратуре типа НЛ-40 в Au и Pt ампулах по закалочной методике. При $P=4.0$ ГПа, $T\geq 1300^{\circ}\text{C}$ наблюдалось полное плавление УНРС. Надликвидусный карбонатно-силикатный расплав (CSM) закаливался в виде смеси микролитов, состав которых изменялся от обогащенной Са (до 40 мас.%) карбонатно-силикатной (CaSi) до обогащенной SiO_2 (до 40 мас.%) силикатно-карбонатной (SiCa) компонент. Особенности текстуры и состава закалочных образцов свидетельствуют о полной смесимости силикатного и карбонатного расплавов. При $T=1400^{\circ}\text{C}$ наблюдалось расслоение CSM на высоко и низко-Са карбонатно-силикатные жидкости с выделением С (графит). По предварительным данным, T «сухого» ликвидуса УНРС $\sim 1280^{\circ}\text{C}$, T солидуса $\sim 1150^{\circ}\text{C}$. При плавлении УНРС с $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ T ликвидуса и солидуса понижались на $75-100^{\circ}\text{C}$. Независимо от состава флюида на ликвидусе с CSM сосуществует Grt. Наблюдались реакционные соотношения между Grt и CSM, о чем свидетельствует зональность Grt с замещением FeO (кайма) $\rightarrow$ $\text{MgO}+\text{CaO}$ (центр). Близосolidусная и субsolidусная ассоциации представлены кальцитом (Cal), Grt, Cpx, флогопитом (Phlog) и акцессорными минералами апатитом (Apt), ильменитом (Ilm), рутилом (Rt). Результаты экспериментов свидетельствуют о формировании характерной для УНРС ассоциации карбонат-зональный гранат в интервале $T=1200-1250^{\circ}\text{C}$.

РАСТВОРИМОСТЬ ФЛЮИДА СИСТЕМЫ C–O–H
В АЛЬБИТОВОМ РАСПЛАВЕ

**Горбачев П.Н., Симакин А.Г., Салова Т.П. (ИЭМ РАН),
Дышин А.А. (ИХР РАН, Иваново)**

SOLUBILITY OF THE FLUID OF C–O–H SYSTEM IN ALBITE MELT

**Gorbachev P.N., Simakin A.G., Salova T.P. (IEM RAS),
Dyshin A.A. (ICS RAS, Ivanovo)**

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

Получены альбитовые стекла, содержащие CO_2 , H_2O , а также, возможно, CO . Эксперименты проводились на установке высокого газового давления с внутренним нагревом. Условия опытов: высокая $T=1250^\circ\text{C}$, $P=1\text{--}5$ Кбар и длительность 2.5 суток, а также некоторые особенности режима – обеспечили синтез беспузырных и однородных стекол. Источником углерода служил оксалат меди CuC_2O_4 , который помещался в платиновую ампулу вместе с порошком сухого альбитового стекла. Содержание углерода в смеси в пересчете на CO_2 и CO составляло 2.6 мас.%, а воды – переменное. Исходная доля CO в смеси с CO_2 после разложения оксалата была 25%. Содержание молекулярного CO_2 и иона CO_3^{2-} в стекле определялось с помощью ИК спектроскопии пластинок, полированных с двух сторон. Измерения проводились на инфракрасном Фурье-спектрометре VERTEX 80v. Установлено, что беспузырные стекла содержат 600, 290, 97 ppm эквивалентного CO_2 в этих двух формах. Во всех изученных стеклах также отмечается широкая линия молекулярного CO , но содержание углерода в этой форме в настоящее время установить не представляется возможным. Концентрация воды измерена методом KFT. Стекла будут использованы в качестве стандартов для определения углерода.

ХЛОРИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЗОЛОТА: РЕВИЗИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Гричук Д.В. (геол. ф-т МГУ)

CHLORIDE COMPLEXES OF GOLD: REVISION OF THERMODYNAMIC DATA

Grichuk D.V. (geol. dep. MSU)

dgrichuk@yandex.ru, тел. 8(495) 939 2034

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00062.

Для термодинамического моделирования природных процессов важное значение имеет внутренняя согласованность используемых термодинамических данных. В работах (Stefánsson, Seward, 2003) получен большой объем экспериментальных данных по растворимости золота в системах Au–NaOH–NaCl–H₂–H₂O и Au–HCl–NaCl–H₂–H₂O. Однако, при обработке этих данных авторы использовали свойства базовых веществ, отличающиеся от рекомендованных в популярных банках данных, что затрудняет использование полученных результатов.

Проведена обработка данных работ (Stefánsson, Seward, 2003a, б) с помощью программы OptimA (Shvarov, 2015), с использованием свойств HCl(aq) и H₂(aq) по работам (Tagirov et al., 1997; Pokrovsky et al., 2014). Найденные значения g_T хлоридных комплексов золота обработаны с помощью программ OptimB и OptimC (Shvarov, 2015). Получены оптимальные коэффициенты уравнения НКФ для комплекса AuCl₂[–], преобладавшего в условиях опытов.

Рассчитанные по этим данным $g_T(\text{AuCl}_2^-)$ отличаются от рекомендованных в обзоре (Pokrovsky et al., 2014), давая существенно меньшую устойчивость комплекса, а, соответственно, и растворимость Au(кр) при $T \geq 400^\circ\text{C}$.

ГИДРОСУЛЬФИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЗОЛОТА: РЕВИЗИЯ
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Гричук Д.В., Прокофьева А.В. (геол. ф-т МГУ)

HYDROSULFIDE COMPLEXES OF GOLD: REVISION OF THERMODYNAMIC
DATA

Grichuk D.V., Prokofieva A.V. (geol. dep. MSU)

dgrichuk@yandex.ru, тел.: 8(495) 939 2034

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00062.

Вопрос о виде гидросульфидных комплексов золота, преобладающих в кислых сульфидных гидротермальных растворах, является предметом многолетней дискуссии. В качестве такой формы большинство исследователей предпочитали AuHS° (или $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{O})^\circ$). Недавно в работе (Pokrovsky et al., 2009) было получено свидетельство преобладания в высокосернистых гидротермальных растворах комплекса $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{S})^\circ$.

Для решения этого вопроса мы провели совместную обработку экспериментальных данных работ (Stefánsson, Seward, 2004) и (Pokrovsky et al., 2009). Данные более полной по набору температур и составов работы (Stefánsson, Seward, 2004) были обработаны с помощью программ OptimA и OptimB (Shvarov, 2015) для двух вариантов стехиометрии преобладающих комплексов: (1) $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{O})^\circ + \text{Au}(\text{HS})_2^-$ или (2) $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{S})^\circ + \text{Au}(\text{HS})_2^-$. Расчеты показали, что эти экспериментальные данные одинаково хорошо описываются в обоих вариантах стехиометрии с близкой суммарной погрешностью. Однако, использование полученных результатов для численного воспроизведения опытов (Pokrovsky et al., 2009) показало, что сходство с экспериментом дает только второй набор комплексов.

Рассчитаны параметры уравнения НКФ для комплексов $\text{AuHS}(\text{H}_2\text{S})^\circ$ и $\text{Au}(\text{HS})_2^-$. Проверка полученных данных по опытам (Benning, Seward, 1996) и (Gibert et al., 1998) также дала согласие расчетов с экспериментом.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭСКОЛАИТА, Cr_2O_3

**Дорогокупец П.И. (ИЗК СО РАН), Дымшиц А. М. (ИГМ СО РАН, НГУ),
Литасов К.Д. (ИГМ СО РАН, НГУ), Соколова Т.С. (ИЗК СО РАН)**

EQUATIONS OF STATE OF ESKOLAITE, Cr_2O_3

**Dorogokupets P.I. (IEC SB RAS), Dymshits A.M. (IGM SB RAS, NSU), Litasov K.D.
(IGM SB RAS, NSU), Sokolova T.S. (IEC SB RAS)**

dor@crust.irk.ru, тел.: (3952) 511680

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта № 97 СО РАН, РФФ (14-17-00601).

На базе свободной энергии Гельмгольца построено уравнение состояния эсколаита, Cr_2O_3 , в котором учтены измерения теплоемкости по данным из работ (Anderson, 1937; Volger, 1952; Bruce, Cannel, 1977; Klemme et al., 2000; Ziemniak et al., 2007; Gurevich et al., 2009), энтальпии по данным из (Moore, Kelley, 1944), адиабатического модуля сжатия (Albers, Boeyens, 1976), коэффициента термического расширения из работ (Rigby et al., 1946; Hill et al., 2010), и объема в зависимости от температуры и давления по измерениям Dymshits et al. (2015). В качестве термодинамической модели используется модифицированный формализм из (Соколова и др., 2013; Dorogokupets et al., 2015). Ферромагнитный-парамагнитный переход при $T_N = 307$ К представлен модифицированной моделью (Inden, 1976; Dinsdale, 1991), в которой средний магнитный момент ($B_0=3.89$) и фракция магнитной энтальпии ($p=0.38$) определены из измерений теплоемкости. Данные по зависимости T_N от давления противоречивы (см. обзор Bayarjargal, Winkler, 2013), поэтому dT_N/dP принят равным нулю. В этом случае магнитный вклад в свободную энергию Гельмгольца не зависит от объема. Полученное уравнение состояния эсколаита позволяет рассчитать любые термодинамические функции в зависимости от температуры и объема или в зависимости от температуры и давления. Рассчитанная стандартная энтропия ($S_{298}=80.90$ J/mol/K) совпадает с измерениями Gurevich et al. (2009) ($S_{298}=80.95\pm 0.14$ J/mol/K). Проведено сравнение рассчитанной комнатной изотермы с измерениями из работ (Lewis, Drickamer, 1966; Sato, Akimoto, 1979; Finger, Hazen, 1980; Rekhi et al., 2000; Mougin et al., 2001; Shim et al., 2004; Dera et al., 2011), а также энергии Гиббса при разных температурах и давлениях, рассчитанной по нашему уравнению состояния и по базе данных (Holland and Powell, 2011).

КОСМИЧЕСКИЕ МИССИИ DAWN & ROSETTA: СОВРЕМЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

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

SPACE MISSIONS DAWN & ROSETTA: PRESENT AND FUTURE

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

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

atbas@geokhi.ru, тел. 8(499) 137 4995

Работа частично поддержана Программой Президиума РАН №9.

Результаты проводимых в настоящее время исследований астероида Главного пояса – Цереры космическим аппаратом (КА) Dawn и кометы Чурюмова-Герасименко, принадлежащей семейству Юпитера, КА Rosetta, имеют важное значение для понимания условий формирования тел во внешней части ранней Солнечной системы, а также их эволюции в течение ≈ 4.6 млрд. лет ее существования. 6-го марта 2015 г. произошел гравитационный захват КА Dawn астероидом Церерой и уже в апреле станет впервые возможным его исследование с близких расстояний. С помощью КА Rosetta впервые проводятся систематические наблюдения кометы с момента начала ее активности (середина ноября 2014 г) до достижения точки перигелия и в последующий период.

В докладе будут представлены полученные КА данные, характеризующие особенности поверхности обоих космических объектов, отражающие геологические процессы, протекавшие на них, а также результаты анализов химического и изотопного состава пылевой и газовой компоненты кометы, а возможно и струй водяного пара, исходящие с поверхности Цереры, впервые обнаруженные с помощью космического телескопа «Гершель» в 2014 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
В ПОЧВАХ И ПРИРОДНЫХ ВОДАХ СЕВЕРНОЙ КАРЕЛИИ

**Дроздова О.Ю. (геол. ф-т МГУ), Лапицкий С.А. (геол. ф-т МГУ),
Дёмин В.В. (ИЭП МГУ), Покровский О.С. (ЛГОС Тулуза)**

STUDY OF THE BEHAVIOR OF METALS AND ORGANIC SUBSTANCES IN
THE SOILS AND NATURAL WATERS (NORTH KARELIA)

**Drozdova O.Yu. (geol.dep. MSU), Lapitskiy S.A. (geol.dep. MSU),
Demin V.V. (soil science inst. MSU), Pokrovsky O.S. (GET)**

drozdova_olga@yahoo.fr, тел.: 8(495) 939 2961

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 14-05-00430_a, 15-05-05000_a.

В исследуемом регионе формирование почв на легких отложениях способствует миграции водорастворимых соединений металлов по почвенному профилю. Все изученные почвы (подзол иллювиально железистый, подзол торфяно-глеевый и болотная торфяно-глеевая почва) характеризуются низкими общими содержаниями химических элементов. Распределения водорастворимых форм металлов в почвенных профилях отличается большей равномерностью по сравнению с распределением их общего содержания. Наиболее вероятным источником поступления в поверхностные воды соединений металлов являются горизонты подстилки и торфяные.

Показано, что в ряду: почвенные воды–болото–ручей–озеро происходит трансформации растворенного органического вещества (РОВ). Среди идентифицированных компонентов (алифатические карбоновые кислоты, бензолкарбоновые кислоты, гуминовые вещества) в составе органических соединений исследуемых природных вод преобладают гуминовые вещества. Изменения фракционного состава РОВ и некоторых его характеристик указывают на возможность разрушения высокомолекулярных органических соединений в ряду: почвенные воды–болото–ручей–озеро. Скорее всего, это происходит вследствие деятельности гетеротрофного бактериопланктона или в ходе фотодегградации органических соединений в поверхностных водах. Так же было получено, что в почвенных водах гуминовые вещества могут стабилизировать коллоиды гидроксида железа, увеличивая их подвижность, в то время как, в водах болота, ручья и озера значительную роль в связывании ионов железа и других металлов играют анионы низкомолекулярных алифатических кислот.

**ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА МОДЕЛИ ТИТАНА С
КАМЕННО-ЛЕДЯНОЙ МАНТИЕЙ**

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

**PHYSICAL AND THERMAL CONSTRAINTS ON THE TITAN'S MODELS WITH
ROCK-ICE MANTLE**

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

dunaeva.an@gmail.com

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-05-02572).

Изучение и интерпретация данных космических экспериментов, проведенных КА «Кассини» при исследовании Титана, привели к новым результатам в оценке гравитационного поля спутника, положения его оси вращения, особенностей некомпенсированной топографии поверхности. В частности, полагается (Gao, Stevenson, 2013), что спутник не находится в состоянии гидростатического равновесия, поэтому полученная ранее оценка момента инерции $I/MR^2=0.342$ (Iess, 2010) может отличаться от истинного значения. Это должно повлиять на распределение плотности вещества в спутнике и, соответственно, привести к необходимости корректировки моделей его внутреннего строения.

В работе детально рассмотрены модели частично дифференцированного Титана с каменно-ледяной мантией при безразмерном моменте инерции $I/MR^2=0.342$, а также для значений I/MR^2 в интервале 0.31-0.36. Это позволило учесть погрешности экспериментальных измерений, а также оценить влияние момента инерции на степень дифференциации вещества в спутнике. Дополнительным ограничением моделей является величина теплового потока Титана, определяющая размеры внешней ледяной коры, глубину внутреннего океана, а также создающая определенные термические ограничения на устойчивость каменно-ледяной мантии. Расчеты показали, что при тепловых потоках 5-7 мВт/м² (Lorenz, 2002; Mitri, Showman, 2008) область существования каменно-ледяной мантии определяется в интервале значений $0.312 < I/MR^2 < 0.346-0.35$. За рамками данных ограничений (по моменту инерции и тепловому потоку) каменно-ледяная мантия Титана не образуется, т.е. спутник не может быть описан в терминах недифференцированной модели.

**ПОГЛОЩЕНИЕ РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИРОДНЫМ
СОРБЕНТОМ ШИВЫРТУИНОМ**

Еремин О.В., Эпова Е.С., Русаль О.С., Филенко Р.А. (ИПРЭК СО РАН)

**UPTAKE OF RARE AND SPARSE ELEMENTS BY NATURAL SORBENT
SHUVURTUIN**

Eremin O.V., Epova E.S., Rusal O.S., Filenko R.A. (INREC SB RAS)

veroleg@yandex.ru, тел.: 8(924) 374 3873

Работа поддержана РФФИ и Правительством Забайкальского края (проект № 14-05-98012 p_сибирь_a).

Недавно нами показано, что цеолитсодержащие породы Шивыртуйского месторождения (шивыртуины) могут выступать в качестве сорбентов редких и рассеянных элементов в геотехногенных растворах (Эпова и др., 2013).

С целью изучения поглотительной способности шивыртуинов были проведены фильтрационные эксперименты с природными водными растворами на ряде сульфидных месторождений Забайкалья. Анализ отобранных водных проб показал превышение в них концентраций редких и рассеянных элементов по сравнению с фоновыми содержаниями для поверхностных вод (Ветров и др., 2013), например, для озера карьера Шерловая Гора – Cd, In на 7 порядков; лантанидов, Y, Be, Bi на 5 порядков; U – на 4.

Химический анализ шивыртуинов до и после фильтрации подтвердил, что клиноптилолит-монтмориллонитовые туфы обладают высоким ионообменным потенциалом к растворённым компонентам. Так, содержание индия в шивыртуинах после фильтрации водой из штольни Акатуй составляет около 5 г/т, что приближается их к промышленно значимым рудам этого элемента (Pavlova et al., 2015).

В докладе планируется представить данные о поглотительной способности шивыртуинов к компонентам природных растворов.

**ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЯ, ЖЕЛЕЗА И ТИТАНА НА СТРУКТУРНЫЕ
ОСОБЕННОСТИ ЩЕЛОЧНЫХ БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ**

Еремяшев В.Е. (ИМ УрО РАН, ЮУрГУ), Кориневская Г.Г. (ИМ УрО РАН)

**INFLUENCE OF ALUMINUM, IRON AND TITANIUM ON STRUCTURAL
FEATURES OF BOROSILICATE GLASSES**

Eremyashev V.E. (IM UB RAS, SUSU), Korinevskaya G.G. (IM UB RAS)

vee-zlat@mineralogy.ru, vee-zlat@mail.ru, тел.: 8(3513) 57 04 08

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта 14-08-00323.

Методами инфракрасной (ИК) и рамановской (КР) спектроскопии изучено влияние алюминия, железа и титана на структурные особенности щелочных боросиликатных стекол. Установлено, что при добавлении алюминия и железа во всем диапазоне изученных составов в структуре щелочных боросиликатных стекол наблюдается уменьшение координации ионов бора, разрушение смешанных кремний-боратных колец и перераспределение ионов щелочных металлов между борсодержащими и кремнийсодержащими структурными единицами. Это ведет к увеличению однородности структуры стекол и более прочному связыванию ионов щелочных металлов, что способствует увеличению механической, термической и химической устойчивости стеклообразных матричных материалов, создаваемых на основе боросиликатных стекол. При низком содержании щелочных металлов и высоким содержанием бора в составе стекол влияние добавок титана на структуру стекол аналогично влиянию алюминия и железа. При высоком содержании щелочных металлов и низком содержании бора в составе стекол титан не оказывает влияния на координацию ионов бора и распределение ионов щелочных металлов, участвуя в образовании только тетраэдров TiO_4 , статистически распределенных в структуре стекла. Полученные результаты позволяют рассматривать добавки алюминия, железа и титана как фактор, определяющий структурные особенности щелочных боросиликатных расплавов и стекол, что дает теоретическую основу к корректировке структуры матричных материалов для захоронения радиоактивных отходов.

ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ КОРЫ:
СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Жариков А.В. (ИГЕМ РАН), Витовтова В.М. (ИЭМ РАН),
Лебедев Е.Б. (ГЕОХИ РАН), Родкин М.В. (МИТП РАН)**

TRANSPORT PROPERTIES OF CONTINENTAL CRUST: A COMPARISON THE
RESULTS OF EXPERIMENTAL GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL STUDIES

**Zharikov A.V. (IGEM RAS), Vitovtova V.M. (IEM RAS),
Lebedev E.B. (GEOKHI RAS), Rodkin M.V. (IEPT RAS)**

vil@igem.ru, тел.: 8(499) 230 8440

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 11-05-00736).

Экспериментальные результаты показывают, что под действием высоких температур и давлений проницаемость горных пород может изменяться на многие десятичные порядки. При *PT*-параметрах континентальной коры генеральной тенденцией является снижение проницаемости с глубиной. При *PT*-параметрах прогрессивного метаморфизма значения проницаемости, напротив, увеличиваются.

Результаты петрологических исследований показывают, как признаки длительных периодов низкой проницаемости горных пород, так и коротких отрезков высокой. Концепция смены длинных периодов низкой проницаемости короткими высокой поддерживается сейсмическими данными. Выявлено систематическое смещение гипоцентров землетрясений к поверхности Земли. Если рассматривать эти события как результат распространения фронта волны флюидов, то вычисленное в соответствии с этим значение фоновой проницаемости окажется очень высоким ($\approx 10^{-13} \text{ м}^2$).

Однако механизмы увеличения проницаемости в средней коре до сих пор не ясны. Мы предполагаем, что некоторые эпизоды резкого увеличения проницаемости могут быть вызваны наличием положительной обратной связи между образованием микротрещин в процессе метаморфических преобразований пород, что приводит к росту проницаемости и активизируют движение глубинных флюидов, и в свою очередь ускоряет течение процессов метаморфизма. Экспериментальные данные подтверждают это предположение.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ
КИСЛОРОДА ОЛИВИНОВ ИЗ УЛЬТРАМАФИТОВ ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО
МАССИВА (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)

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

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE INTRINSIC OXYGEN FUGACITY
OF THE OLIVINES FROM ULTRAMAFICS OF THE YOKO-DOVYREN MASSIF
(NORTHERN TRANSBAIKALIA)

**Zharkova E.V. (GEOKHI RAS), Ariskin A.A. (geol.dep. MSU, GEOKHI RAS),
Kadik A.A., Nikolaev G.S. (GEOKHI RAS)**

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

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00216.

Йоко-Довыренский дунит-троктолит-габброноритовый массив имеет возраст 728 млн. лет и входит в состав рифтогенного Сынырско-Довыренского вулканоплутонического комплекса в Северном Прибайкалье (Кислов, 1998; Арискин и др. 2009, 2013).

Для исследования были выбраны 8 образцов наиболее “свежего” оливина из пород двух разрезов массива – в центральной части и юго-западном окончании (г. Йоко). Экспериментальные определения собственной летучести кислорода (intrinsic oxygen fugacity – fO_2) проводились на высокотемпературной установке на основе двух твердых электролитов в интервале температур 800-1050°C. Эти измерения показали широкие вариации собственной летучести кислорода – примерно от QFI при температуре 850°C и до WM-QFM при температуре 1100°C. При экстраполяции этих трендов на более высокие температуры (близкие температуре “закрытия” оливиновых кумулатов) эти результаты близки оценкам, полученным при использовании оливин-шпинелевых оксигарометров (Николаев и др. 2015).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ
КИСЛОРОДА КЛИНОПИРОКСЕНОВ И ГРАНАТОВ ИЗ
ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ ЭКЛОГИТОВ ИЗ АЛМАЗОНОСНОЙ
КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ КАТОКА (ЗАПАДНАЯ АФРИКА) ЧАСТЬ 1
**Жаркова Е.В. (ГЕОХИ РАН), Королев Н.М. (ИГГД РАН), Кадик А.А. (ГЕОХИ
РАН), Никитина Л.П. (ИГГД РАН)**

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE INTRINSIC OXYGEN FUGACITY
OF THE CLYNOPYROXENES AND GARNETS FROM HIGH-ALUMINA
ECLOGITES FROM DIAMOND-BEARING PIPE KATOKA (WESTERN AFRICA).
PART 1

**Zharkova E.V. (GEOKHI RAS), Korolev N.M. (IGGD RAS), Kadik A.A. (GEOKHI
RAS), Nikitina L.P. (IGGD RAS)**

kadik@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 4472

nm.korolev@yandex.ru, тел.: 8(931) 300 3834

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 14-05-00136 и № 11-05-00346.

Для определения собственной летучести кислорода (fO_2) были выбраны клинопироксены (Cpx) и гранаты (Gr) из 6-ти образцов высокоглиноземистых эклогитов из кимберлитовой трубки Катока.

Трубка Катока входит в число крупнейших по размерам (915×990 м, площадь 63.6 га) и разведанным запасам алмазов кимберлитовых тел в мире. Это слабо эродированная палеовулканическая постройка, сложенная полигенными комплексами пород кимберлитовой формации, различными по составу, петрофизическим свойствам и степени алмазоносности (Ганга Ж. и др, 2004).

В результате проведенных экспериментов было показано, что fO_2 измеренных образцов лежит в области буферных равновесий IW и QFI при температуре $800^\circ C$, а при температуре выше $1100^\circ C$ в области буферного равновесия $QFM+1$ log ед. fO_2 . Полученные экспериментальные данные по температуре равновесия Cpx/Gr хорошо согласуются с теоретическими расчетами и лежат в интервале температур $850\text{--}1050^\circ C$.

**СОСТАВ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗАХ,
ВЫРАЩЕННЫХ В СИСТЕМЕ Fe–Ni–C**

Жимулев Е.И. (ИГМ СО РАН)

**THE COMPOSITION OF FLUID INCLUSIONS IN SYNTHETIC DIAMONDS
GROWN IN THE SYSTEM Fe–Ni–C**

Zhimulev E.I. (IGM SB RAS)

Oda_stk@mail.ru, тел.: 8(383)306 6403

Проведены хромато-масс-спектрометрические исследования флюидных включений в синтетических алмазах, выращенных в системе Fe–Ni–C при $P=6.0$ GPa и $T=1350^{\circ}\text{C}$ по методике (Чепуров и др.1997). Впервые нами было показано, что помимо метана (Tomilenko et al., 1998), во флюидных включениях присутствуют и другие более тяжелые углеводороды, такие как: алифатические углеводороды (метана, н-нонан (C_9H_{20}); н-ундекан ($\text{C}_{11}\text{H}_{24}$); н-пентадекан ($\text{C}_{15}\text{H}_{32}$); н-додекан ($\text{C}_{12}\text{H}_{26}$); н-тридекан ($\text{C}_{13}\text{H}_{28}$) и н-тетрадекан ($\text{C}_{14}\text{H}_{30}$), циклические углеводороды, кислородсодержащие соединения (альдегиды, кетоны).

Известно, что в системах типа Fe–Ni–C, Fe–Co–C при введении титана образуются бесцветные безазотные кристаллы алмаза. Нами сделано предположение, что титан создавая восстановительную обстановку во флюиде способствует образованию тяжелых углеводородов (ТУВ). Азот, находящийся в реакционном объеме, может образовывать комплексы с ТУВ, переходя из атомарного состояния в связанное. В результате система обедняется свободным азотом и в ней кристаллизуются безазотные кристаллы алмаза.

**ОЛИВИН-ШПИНЕЛЕВАЯ АССОЦИАЦИЯ ДУНИТОВ И МЕЙМЕЧИТОВ
ГУЛИНСКОГО МАССИВА (ПОЛЯРНАЯ СИБИРЬ)**

Зайцев В.А. (ГЕОХИ РАН)

**OLIVINE-SPINEL ASSOCIATION OF DUNITES AND MEIMECHITES OF GULI
MASSIF (POLAR SIBERIA)**

Zaitsev V.A. (GEOKHI RAS)

alkaline@geokhi.ru

Гулинский массив (Полярная Сибирь) содержит крупнейшее в мире тело дунитов. Дуниты массива рассматриваются одними исследователями как кумуляты меймечитовых, (или близких к меймечитовым) расплавов, другими исследователями - как выведенный на поверхность мантийный материал.

Для проверки возможности связи дунитов с меймечитами было проведено моделирование кристаллизации исходного меймечитового расплава, состав которого был оценен (Соболев и др., 2009) с помощью программного комплекса Petrolog3. Моделирование показало, что при широких вариациях параметров кристаллизация расплава приводит к фазовой ассоциации дунитов (Ol+Spy). Состав и направление эволюции хромшпинелида в координатах Cr-Al-Fe³⁺ оказывается близким к наблюдаемому как в дунитах, так и в меймечитах, но не объясняет наличие хромитов с повышенным содержанием Al, обнаруженных в самородном осмии из россыпей на территории массива (Малич, 1999). По соотношению #Cr (Spy) и #Mg (Ol) только наиболее магнезиальные дуниты и наиболее магнезиальные ассоциации вкрапленников меймечитов попадают в область мантийной последовательности (Arai, 1994), в большинстве же случаев минералы явно являются результатом кристаллизации из дифференцированных расплавов, причем фигуративные точки дунитов массива не образуют единого тренда, одни из них более соответствуют линии эволюции при фракционной, другие – при равновесной кристаллизации оливина.

Таким образом, необходимо сделать вывод о полигенной природе дунитов Гулинского массива.

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСТВОРИМОСТИ ЗОЛОТА В ПАРОВОЙ ФАЗЕ
СИСТЕМЫ $\text{H}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{CO}_3$ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И
ДАВЛЕНИЯХ**

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

**NEW DATA OF Na_2CO_3 SOLUBILITY IN THE STEAM PHASE OF $\text{H}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{CO}_3$
SYSTEM AT INCREASED TEMPERATURES AND PRESSURE**

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

lera@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 2554

Известно (Lafon, Demazeau, 1994), что кварц хорошо растворяется в щелочных растворах, причем его растворимость в растворах Na_2CO_3 выше, чем в NaOH . Типичная жильная ассоциация золота с кварцем позволяет предполагать, что кремнезем и золото переносятся совместно в щелочной среде. В связи с этим мы провели серию опытов по определению растворимости золота в растворах Na_2CO_3 . Ранее опыты по изучению растворимости золота проводились в интервале температуры 350-500°C и давления от 23 до 60 МПа по методике, использованной при изучении растворимости Na_2CO_3 (Закиров, Суворова, Аранович, 2013). Исходный состав раствора соответствовал 0.05, 0.1 и 0.20М Na_2CO_3 . В этой работе поведение золота исследовалось ещё и в парах 0.25М раствора Na_2CO_3 на той же установке, позволяющей отбирать пробу пара в режиме эксперимента (Закиров, Сретенская, 1994), модифицированной, чтобы обеспечить её устойчивость в сильнощелочных средах.

Для достижения равновесия система находилась при постоянном режиме не менее суток; после чего ампулу с паром и растворённым в нём карбонатом натрия запирали и автоклав охлаждали проточной водой. Летучесть кислорода $f(\text{O}_2)$ в опытах контролировалась; состав буфера Ni-NiO до и после специально сделанных опытов по данным РФА остается неизменным. Надо отметить, что материал автоклава (сплав ЭП-437) создает $f\text{O}_2$, близкую к буферу Ni-NiO.

Анализ закалочных растворов (конденсата), отобранных в ходе опытов при высоких $P-T$ параметрах, выполняли методом ICP-MS. Ошибка определения концентрации Au^{+++} в закалочных растворах составляет ± 10 отн. %.

Результаты показывают, что растворимость золота при повышении давления падает для всех изученных значений концентрации исходного раствора. Характер зависимости содержания золота от температуры имеет сложный вид. В концентрированных растворах при возрастании температуры растворимость золота растёт для всего интервала давления. Неординарно ведёт себя золото в 0.05М растворе – его концентрация слабо падает с ростом температуры для давлений 40-55 МПа, но растёт с дальнейшим повышением температуры для давлений 25-35 МПа.

**СИНТЕЗ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИЗУЧЕНИЯ СКИАГИТ-
МЭЙДЖОРИТОВОГО ГРАНАТА**

**Исмаилова Л.С. (ГЕОХИ РАН), Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ),
Дубровинский Л.С. (Баварский Геоинститут, Германия)**

**HIGH-PRESSURE SYNTHESIS AND SPECTROSCOPIC STUDY OF SKIAGITE-
MAJORITE GARNET**

**Ismailova L.S. (GEOKHI RAS), Bobrov A.V. (geol. dep. MSU),
Dubrovinsky L.S. (Bayerisches Geoinstitut, Germany)**

leyla.isml@gmail.com

В настоящей работе при 9.5 ГПа и 1100°C с использованием многопуансонного прессы синтезированы кристаллы скиагита ($\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$) и проведено их изучение методами мёссбауэровской спектроскопии и монокристалльной рентгеновской дифракции с помощью алмазных наковален с лазерным нагревом и синхротронного излучения (Гренобль, SNBL BM01).

Темно-красные кристаллы скиагита были получены в ассоциации с магнетитом, клинопироксеном и коэситом. Для скиагита установлена кубическая сингония с параметром ячейки $a = 11.7511 \text{ \AA}$ и пространственной группой Ia-3d. По данным электронно-зондового анализа, в состав минерала входит 23 мол. % Fe-мэйджорита ($\text{Fe}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$), что соответствует структурной формуле $\text{Fe}^{2+}_3(\text{Fe}^{2+}_{0.234(2)}\text{Fe}^{3+}_{1.53(1)}\text{Si}_{0.234(2)})(\text{SiO}_4)_3$. Уравнение состояния скиагита было получено с использованием камер с алмазными наковальнями в диапазоне давлений от 0 до 100 ГПа. При давлениях 50-60 ГПа зарегистрировано скачкообразное изменение (~4.8%) объема элементарной ячейки с уменьшением на 7% объема FeO_6 полиэдра. Для остальных полиэдров (FeO_8 и SiO_4) не было установлено значительных изменений объема. Переход Fe^{3+} из высокоспинового состояния с пятью неспаренными электронами в низкоспиновое с одним неспаренным d -электроном был зафиксирован методом мёссбауэровской спектроскопии при 50-60 ГПа по квардрупольному расщеплению и уменьшению изомерного сдвига Fe^{3+} . Изменение спинового состояния Fe^{3+} в скиагите происходит постепенно, и, соответственно, постепенно изменяются физические параметры, связанные с этим переходом.

Кристаллы скиагита при 100 ГПа были нагреты до 2000 К с помощью портативной лазерной установки. После закалки зафиксирован переход кубического граната в орторомбическую (Pbnm) фазу со структурой перовскита ($a = 4.4390(8)$, $b = 4.7071$, $c = 6.331(6) \text{ \AA}$) и составом $(\text{Fe}^{2+})_{0.58}(\text{Fe}^{3+})_{0.28}\text{SiO}_3$. Отметим, что данный переход впервые установлен экспериментально, а ранее в целом ряде работ (Ming and Bassett, 1975; Mao et al., 2004; Fujino et al., 2009) предполагалась невозможность синтеза чистого железистого перовскита (без участия Mg и других катионов), вместо которого при давлениях от 20 до 150 ГПа и температурах 1800–2200 К устойчива ассоциация FeO и SiO_2 .

ВЛИЯНИЕ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА И ДАВЛЕНИЯ
НА СООТНОШЕНИЕ N–H–O И C–H–O ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ
В РАСПЛАВЕ $\text{FeO–Na}_2\text{O–Al}_2\text{O}_3\text{–SiO}_2$

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

INFLUENCE OF OXYGEN FUGACITY AND PRESSURE
ON RATIOS OF N–H–O/C–H–O VOLATILES
IN $\text{FeO–Na}_2\text{O–SiO}_2\text{–Al}_2\text{O}_3$ MELTS

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

kadik@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 4472

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00136.

Проведен анализ ИК и КР спектров стекол – продуктов экспериментов в системе $\text{FeO–Na}_2\text{O–SiO}_2\text{–Al}_2\text{O}_3$, равновесной с жидким сплавом железа и графитом, при 4 ГПа, 1550°C и низких значениях летучести кислорода (ниже буфера *IW*) для выявления форм растворения летучих компонентов N, C и H.

Показано, что растворение летучих в полученных расплавах сопровождается образованием молекул NH_3 , N_2 , CH_4 , а также NH_2^- , NH_2^+ , NH_3^+ , CH_3^- комплексов, в весьма незначительных количествах присутствуют ионы CO_3^{2-} . Кроме соединений с азотом и углеродом растворенный водород существует в расплаве в виде молекул H_2 , H_2O и гидроксильной группы OH^- .

Выявлено, что состав и соотношение молекул и комплексов в значительной мере зависит от окислительно-восстановительных условий (значений $f\text{O}_2$).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИК И КР СПЕКТРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МЕХАНИЗМОВ РАСТВОРЕНИЯ АЗОТА, УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА В
СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ, РАВНОВЕСНЫХ СО СПЛАВОМ ЖЕЛЕЗА ПРИ
ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

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

USE OF IR AND RAMAN SPECTRA FOR DETERMINATION OF N, C AND H
DISSOLUTION MECHANISMS IN SILICATE MELTS EQUILIBRATED WITH Fe
ALLOY AT HIGH PRESSURES

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

kadik@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 4472

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00136.

Измерены спектры ИК и КР образцов стекол – продуктов экспериментов в системе $\text{FeO-Na}_2\text{O-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, равновесной с жидким сплавом железа и графитом, при 4 ГПа и 1550 °С при низких значениях летучести кислорода (ниже буфера IW).

Спектры ИК и КР образцов затем были разложены на составные компоненты (полосы колебательного спектра) в диапазоне 2800-3800 см^{-1} . Проведенный анализ зависимостей интенсивностей этих компонент от летучести кислорода позволил разбить полосы на группы, что значительно облегчило задачу по их идентификации.

Колебательные полосы в спектрах образцов соотнесены с образовавшимися в результате эксперимента молекулами и комплексами: NH_3 , N_2 , CH_4 , H_2 , H_2O , OH^- , CO_3^{2-} , NH_4^+ , NH_2^- . Построены зависимости интенсивности полос, и соответствующих им соединений, от летучести кислорода в образцах.

РАСТВОРИМОСТЬ АЗОТА, УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА В
ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ ПРИ 4 ГПа И 1550 °С
И НИЗКИХ ЗНАЧЕНИЯХ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА

**Кадик А.А. (ГЕОХИ РАН), Кононкова Н.Н. (ГЕОХИ РАН),
Исхакова Л.Д. (ИЦВО РАН), Колташев В.В. (ИЦВО РАН, ГЕОХИ РАН),
Цехоня Т.И. (ГЕОХИ РАН)**

NITROGEN, CARBON AND HYDRIGEN SOLUBILITIES in Fe-SILICATE MELTS
AT 4 GPa, 1550°C AND LOW OXYGEN FUGACITY

**Kadik A.A. (GEOKHI RAS), Kononkova N.N. (GEOKHI RAS),
ISKHAKOVA L.D. (FORC RAS) Koltashev V.V. (FORC RAS, GEOKHI RAS),
Tsekhonya T.I. (GEOKHI RAS)**

kadik@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 4472

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00136.

С целью выяснения особенностей совместного растворения азота и углерода в силикатных жидкостях при значениях f_{O_2} меньше $f_{O_2}(IW)$ были проведены эксперименты в расплавах состава $FeO-Na_2O-SiO_2-Al_2O_3$ при 4 ГПа, 1550°C.

Концентрация азота в стеклах увеличивается с понижением f_{O_2} от 0.97 мас.% при $\Delta \log f_{O_2}(IW) = -2.1$ до 4.1 мас.% при $\Delta \log f_{O_2}(IW) = -3.6$, в то время как концентрация Н в стекле мало зависит от f_{O_2} и лежит в пределах 0.4-0.47 мас.%.

Использование метода энергодисперсионного рентгеновского микроанализа при определении содержания углерода позволяет проводить анализ малых содержаний элемента в образцах (около 0.2 мас.%). В целом содержание углерода в стеклах находится на уровне 1-2 мас.% и имеет положительную зависимость от f_{O_2} .

Химический состав стекол характеризуется значительным уменьшением концентрации FeO по мере понижения f_{O_2} в экспериментах, что связано с восстановлением FeO расплава с образованием сплава Fe.

Общее содержание азота в сплаве Fe повышается с понижением f_{O_2} , тогда как содержание углерода уменьшается.

РАСТВОРИМОСТЬ N–H–O ЛЕТУЧИХ В ФЕРРОБАЗАЛЬТОВЫХ
РАСПЛАВАХ, РАВНОВЕСНЫХ С ЖИДКИМИ Fe–C СПЛАВАМИ
ПРИ 1.5 ГПа и 1400°C

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

SOLUBILITY OF N–H–O VOLATILES IN FERROBASALTIC MELTS IN
EQUILIBRIUM WITH LIQUID Fe–C ALLOYS AT 1.5 GPa AND 1400°C

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

kadik@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 4472

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00136.

Исследовано влияние летучести кислорода на растворимость азота в ферробазальтовых расплавах, равновесных с жидким Fe–C сплавом, при 1.5 ГПа, 1400°C, в области значений $\Delta \log fO_2(IW) = -1.5 \dots -1.9$. Эксперименты выполнены на установке типа цилиндр–поршень в запаянных Pt ампулах, футерованных W фольгой. В качестве источника азота в системе использовался нитрид кремния Si_3N_4 , концентрация которого в опытах составляла 1, 3, 5 и 7 мас.%. Продукты опытов, представляющие собой стекла, содержащие капли Fe, анализировались методами электронного микрозондового анализа, КР и ИК спектроскопии. Установлено, что содержание азота в стеклах составляет 0.13–0.47 мас.% при изменении $\Delta \log fO_2(IW)$ от –1.5 до –1.9 соответственно.

Сравнение полученных экспериментальных данных по растворимости азота в ферробазальтовых расплавах с данными экспериментов в расплавах состава $FeO-Na_2O-SiO_2-Al_2O_3$ при аналогичных условиях (T – P , концентрация Si_3N_4) (Кадик и др., 2011) свидетельствует о существенном понижении растворимости азота в силикатных жидкостях с повышением fO_2 .

ВЛИЯНИЕ БИОПОЛИМЕРОВ НА РОСТ КАЛЬЦИТА

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

EFFECT OF BIOPOLYMERS ON CALCITE GROWTH

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

olga@iem.ac.ru, тел.: 8(916) 522 2993

Хорошо известно влияние таких биополимеров, как полисахариды и аминокислоты, на кристаллизацию карбонатов. Довольно сложное поведение биополимеров часто заключается в их двойной роли: с одной стороны, они являются действенными ингибиторами осаждения, в то же время, при определенных условиях они могут ускорять осаждение.

Мы исследовали кинетику осаждения кальцита в присутствии биополимеров: альгиновой и полиаспарагиновой кислот. Эксперименты проведены методом «постоянного состава», позволяющим изучать осаждение кальцита при постоянном пересыщении и составе раствора. Биополимеры вводились в систему двумя способами: (1) – в процессе осаждения кальцита, где в качестве «затравки» использовался чистый кальцит, (2) – непосредственно перед \осаждением кальцита, где в качестве «затравки» использовался кальцит, предварительно приведенный в равновесие с раствором альгината или полиаспарагина. В обоих случаях в исследованном диапазоне концентраций полимеры тормозят рост кальцита, причем ингибирование усиливается с возрастанием концентрации полимеров и с уменьшением степени пересыщения раствора по отношению к кальциту. Однако механизмы замедления роста кальцита в (1) и (2) случаях существенно различаются. Если биополимер добавлен в процессе осаждения кальцита, то механизм ингибирования обусловлен торможением уже сформированных ступенек роста. Если же поверхность кальцита покрыта адсорбированным биополимером, и ступеньки роста не сформированы, осаждение происходит вследствие поверхностного зародышеобразования (нуклеации).

Для экспериментов с альгином в методе (1) замедление роста кальцита намного сильнее, чем в методе (2). При осаждении кальцита в присутствии полиаспарагиновой кислоты наблюдается обратная картина – ингибирование роста кальцита значительно сильнее в методе (2). Такой эффект объясняется тем, что адсорбированный альгин представляет собой гораздо более удобный субстрат для зародышеобразования кальцита и его последующего роста, чем полиаспарагиновая кислота, которая просто блокирует активные центры роста на поверхности кальцита.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ В ЯДРЕ
ЗЕМЛИ**

Киркинский В.А. (ИГМ СО РАН)

EXPERIMENTAL EVIDENCE OF NUCLEAR REACTIONS IN EARTH'S CORE

Kirkinskii V.A. (IGM SB RAS)

kirkinsk@igm.nsc.ru, тел.: 8(905) 938 3477

Возможность ядерных реакций в Земном ядре обоснована нами ранее на основе теоретических расчетов и экспериментов на модельных системах (Киркинский, Новиков, 1997, Kirkinskii, Novikov, 2002, 2003, 2008, 2013). В 2014 г. опубликованы результаты длительных экспериментов в системе Ni–H по способу (Rossi, 2014) при температурах 1260-1400 °С, в которых был доказан выход энергии в 3.2-3.6 раза, превышающий потребляемую. Однозначным доказательством ядерной природы избыточной энергии является многократное изменение соотношения всех четырех изотопов Ni в продуктах опыта (Levi et al., 2014). Выход избыточной энергии был подтверждён в аналогичном, но более кратковременном опыте А.Г. Пархомова (2014) с измерением выделяемой энергии по массе выпаренной воды. Присутствие водорода в Fe-Ni ядре Земли доказано рядом работ по его распределению между силикатами и расплавом железа при высоких температурах и давлениях (см. обзор: Киркинский, 2013). При параметрах Земного ядра ядерные реакции, наблюдаемые в этих опытах, должны происходить ещё более интенсивно, так как по экспериментальным данным повышение температуры увеличивало выход избыточной энергии, а возрастание давления теоретически также способствует ядерному взаимодействию (Ishimaru, 1993). Рассмотрены два принципиально важных для геохимии и космохимии следствия: 1. В ядрах Земли и других планет происходят трансмутации и синтез некоторых элементов. 2. Изотопный состав ряда элементов, таких как He, Ni, Fe, S и др. в породах и минералах глубинных плюмов и их дериватах может служить индикатором их образования на границе ядра и мантии.

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ ВОДОРОДА КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ЯДРА ЗЕМЛИ

Киркинский В. А. (ИГМ СО РАН)

NUCLEAR REACTIONS OF HYDROGEN AS A SOURCE OF ENERGY IN THE EARTH'S CORE

Kirkinskii V.A. (IGM SB RAS)

kirkinsk@igm.nsc.ru, тел.: 8(905) 938 3477

Причины высокого теплового потока от ядра Земли 5-15 ТВт, составляющие до 1/3 от общего теплопотока через поверхность Земли, являются предметом острых дискуссий (Buffett, 2002, Labrosse et al, 2001, 2003, 2007 и др.). На основе теоретических расчетов и экспериментов на модельных системах нами была обоснована возможность ядерных реакций синтеза и трансмутаций элементов в Земном ядре (Киркинский, Новиков, 1997, Kirkinskii, Novikov, 2002, 2003, 2008, 2013). В 2014 г. опубликованы результаты исследования системы Ni–H в аппарате России (2014), подтвердившие наши выводы. В экспериментах при температурах 1260-1400 °С доказан выход энергии, более, чем в 3 раза превышающий потребляемую. Соотношение изотопов Ni в продуктах 32-дневного опыта в десятки раз отличалось от исходного в сторону обогащения тяжелыми изотопами никеля (Levi et al., 2014). Выход избыточной энергии были подтверждены А.Г. Пархомовым (2014). Более высокие температуры и давления в Земном ядре благоприятствуют ядерным реакциям синтеза (Ishimaru, 1993). При огромной массе ядра, составляющей около 1/3 массы Земли, и содержании H₂, по данным разных авторов, составляющего от 0.5 до 1 мас.%, ядерные реакции водорода с Ni и Fe обеспечивают рассчитанный геофизиками тепловой поток из ядра. Постоянное выделение тепла в ядре более эффективно для генерации мантийной конвекции и плюмов по сравнению с энергией распада радиоактивных элементов, сосредоточенных в основном в коре и верхней мантии. Обсуждаются фундаментальные следствия ядерных реакций водорода в Земном ядре для геоэнергетики и геотектоники.

**КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ АКТИНОЛИТА ИЗ ТЫРНЫАУЗСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

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

CALORIMETRIC STUDY OF ACTINOLITE FROM THE TYRNYAUZ DEPOSIT

**Kiseleva I.A., Ogorodova L.P., Bryzgalov I.A., Vigasina M.F., Melchakova L.V.,
Ksenofontov D.A., Gramenitskaya P.N. (geol. dep. MSU)**

kiseleva@geol.msu.ru, тел.: 8(495) 939 13 49

Калориметрически изучен кальциевый амфибол из вольфрам-молибденового месторождения (Тырныауз, Сев. Кавказ, Россия). По результатам рентгенографического и ИК-спектроскопического исследований изученный амфибол был идентифицирован как актинолит. По данным рентгеноспектрального микроанализа химическая формула минерала близка к теоретической $\text{Ca}_2(\text{Mg}_3\text{Fe}^{2+}_2)[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$. Определение энтальпии образования актинолита из элементов проведено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «Setaram» (Франция) методом расплавной калориметрии растворения: $\Delta_f H^\circ(298.15 \text{ K}) = -11513 \pm 19 \text{ кДж/моль}$. Полученные данные являются первым калориметрическим определением энтальпии образования промежуточного члена ряда тремолит- ферроактинолит.

**О ВОЗМОЖНОСТИ ВХОЖДЕНИЯ ГАЛЛИЯ В СТРУКТУРУ СИЛИКАТОВ И
АЛЮМОСИЛИКАТОВ В СИСТЕМЕ Ga–Ca–Fe–Al–Si–O–H₂O**

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

**THE POSSIBILITY OF ENTERING INTO THE STRUCTURE OF GALLIUM
SILICATES AND ALUMINOSILICATES IN Ga–Ca–Fe–Al–Si–O–H₂O SYSTEM**

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

Tatiana76@iem.ac.ru, dima@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5857

Галлий относится к ультрамалым элементам, при этом, несмотря на достаточно высокий кларк (около 19 ppm), собственные минералы галлия, равно как и высокие содержания этого элемента в других фазах, встречаются чрезвычайно редко. Интерес к изучению минеральных фаз в системе Ga–Ca–Fe–Al–Si–O–H₂O вызван находкой в малых количествах в рудопроявлении Тыкатлова (Полярный Урал) эпидотов и алланитов с высоким содержанием галлия. В кристаллохимической структуре эпидота галлий замещает главным образом трехвалентное железо, в структуре полевых шпатов и гранатов – алюминий. С целью изучения распределения галлия в силикатных фазах (главным образом в эпидоте) были проведены серии экспериментов при T 500 и 600°C и давлении 4 и 5 кбар соответственно. В качестве исходной смеси использовались перемолотые стекла установленных составов, затравочный эпидот (2 мас.% от массы стекла) и дистиллированная вода. Опыты по изучению замещения $\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Ga}^{3+}$ (составы с шагом 25 ат.% или 0.25 ф.е.) в эпидоте показали, что галлий входит в кристаллическую решетку граната, плагиоклаза и эпидота при содержании Ga > 0.5 ф.е. Также был получен эпидот с полным замещением Fe^{3+} на Ga^{3+} . Продукты опытов изучены с помощью микрозондового и рентгеновского анализа. Для полученных эпидотов с различным содержанием галлия рассчитаны параметры элементарной ячейки.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЕЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ
ПЕРОВСКИТА В ЛАРНИТ-НОРМАТИВНЫХ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫХ
МАГМАХ, АНАЛОГИЧНЫХ КИМБЕРЛИТАМ**

Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН)

**EXPERIMENTAL CONSTRAINTS ON PEROVSKITE FIELD STABILITY IN
LARNITE-NORMATIVE HIGH CALCIUM MAGMAS OF THE KIMBERLITE
TYPE**

Kogarko L.N. (GEOKHI RAS)

kogarko@geokhi.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы РАН ПЗ4.

Проведено экспериментальное изучение в области мантийных температур и давлений фазовых равновесий в ходе плавления наиболее обогащенных кальцием и недосыщенных кремнеземом мелилитовых нефелинитов, которые широко развиты в Полярной Сибири и на Кольском полуострове.

Экспериментальные исследования при 5 кбар и фугитивности кислорода, равной буферной смеси кварц–файялит–магнетит позволили установить порядок кристаллизации мелилитового нефелинита: оливин–мелилит–пироксен–нефелин. Температура ликвидуса составляет 1240⁰С. Введение в систему 5% CO₂ приводит к появлению перовскита при температуре порядка 1050-1110⁰С.

Отмечено, что ларнит-нормативные мелелитовые нефелиниты в процессах частичного плавления мантийного субстрата возникают только в присутствии повышенных активностей углекислоты.

**НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ МИГРАЦИИ ЛИТОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В
ОЗЕРАХ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ (ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ)**

Колпакова М.Н. (ТФ ИНГГ СО РАН, НИ ТПУ),

Гаськова О.Л. (ИГМ СО РАН, НИ НГУ)

**INORGANIC MIGRATION FORMS OF LITHOPHILE ELEMENTS IN WESTERN
MONGOLIAN LAKES (PHYSICAL AND CHEMICAL CALCULATIONS)**

Kolpakova M.N. (TB IPGG SB RAS, TPU), Gaskova O.L (IGM SB RAS, NSU)

marina.kolpakova@gmail.com, тел.: 8(3822) 492 163

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-35-50022, а также междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 110.

С использованием ПК «HydroGeo» (Букаты, 2002) проведены расчеты неорганических форм миграции литофильных элементов в озерах Западной Монголии с общей минерализацией от 1 до 360 г/л и pH от 6.9 до 10.3, отличающихся повышенным содержанием таких микрокомпонентов, как U (до 3 мг/л), Li (до 82), Br (до 718), Al (до 0,4) и др. По полученным данным Br, Li, Rb, Na, K, Sr, а также Ca и Mg в озерных водах находятся преимущественно в ионной форме. Для двух последних катионов характерно частичное (до 40%) связывание в комплексы с карбонат-, сульфат- и хлорид-ионами в зависимости от солености и кислотно-щелочных условий среды. Фторид-ион может быть связан с MgF^+ (до 30%). Для Si, V(V), As(V) преобладающими формами миграции являются $H_kMeO_n^{m+}$, для Al гидроксокомплексы, U(VI) мигрирует в виде карбонатных комплексов разной стехиометрии. Проведена оценка влияния характера геохимической среды на подвижность элементов и состояние равновесия вод с минералами, присутствующими в донных осадках и на водосборной площади озер. Показано, что на разных стадиях эволюции озер возможно отличие в составе вторичной минеральной фазы, контролируемое с одной стороны миграционными особенностями химических элементов, а с другой – степенью испарения воды, определяющей избирательное концентрирование последних в растворе, вплоть до промышленно-ценных значений.

СИНТЕЗ ЛОПАРИТА ИЗ БОРОСИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ

Колпакова Т.Г., Котельников А.Р., Сук Н.И. (ИЭМ РАН)

LOPARITE SYNTHESIS FROM BORONSILICATE MELTS

Kolpakova T.G., Kotelnikov A.R., Suk N.I. (IEM RAS)

kotelnik@iem.ac.ru, тел.: 8(916) 206 6016

До сих пор остается нерешенной главная проблема при использовании стекольных матричных материалов для иммобилизации элементов радиоактивных отходов (РАО) – их термодинамическая нестабильность. Поэтому необходимы разработки процессов синтеза минеральных матричных материалов из боросиликатных расплавов. По данным экспериментального изучения скорости выщелачивания (Котельников и др., 2004) лопарит является очень устойчивым материалом к гидролитическому воздействию, поэтому его можно использовать в качестве минеральной матрицы для фиксации элементов РАО. Лопарит геохимически совместим с радионуклидами, образующихся при переработке отработанного ядерного топлива.

Лопарит синтезировали из модельного боросиликатного стекла, содержащего добавки Sr, Cs, Y, Se (в количестве не более 12.5-15.0% от массы стекла). Опыты проводили при 1100°C и давлении 2 кбар на установке высокого газового давления. Показано, что лопарит успешно синтезируется из боросиликатных расплавов при добавлении модифицирующих добавок (оксида алюминия, карбоната натрия и др.) как в присутствии воды, так и в «сухих» условиях. Также были проведены опыты по синтезу лопарита при T 1300-850°C при атмосферном давлении. Схема опыта по синтезу лопарита была следующей: боросиликатное стекло с добавками солей помещали в платиновую ампулу и нагревали до 1300°C. После выдержки в течении 1-2 часов, температуру снижали до 850°C и выдерживали еще 2 суток. При этом синтезировались кристаллы лопарита размером до 10-50 мкм. Данный метод может быть использован для переработки боросиликатных расплавов, содержащих элементы РАО, в устойчивые минеральные матричные материалы.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПЛАВЛЕНИЯ LI-F
ГРАНИТОВ САЛМИНСКОГО ПЛУТОНА, ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ**

Конышев А.А. (ГЕОХИ РАН, ИЭМ РАН), Zubkov E.S. (ИЭМ РАН)

**EXPERIMENTAL STUDY OF MELTING CONDITIONS FOR THE SALMI PLUTON
LI-F GRANITES, SOUTH KARELIA**

Konyshev A.A (GEOKHI RAS, IEM RAS), Zubkov E.S. (IEM RAS)

konyshev@iem.ac.ru eszubkov@gmail.com

Работа поддержана грантом РФФИ мол_а 14-05-31098.

В результате проведенных экспериментальных работ было выявлено, что солидус Li-F гранитов Салминского плутона в условиях водонасыщения при 1 и 2 кбар находится в области температур ниже 600 °С, что является более низкой оценкой по сравнению с данными других авторов (Poutiainen and Scherbakova, 1998; Павлов, 1991).

Зависимости содержания между F в стекле и F в системе до эксперимента (навеска породы с 1,05 вес% F с дополнительным добавлением 0.1 или 1 m_{HF}) не наблюдается. Так, значение около 4 вес % F в стекле было получено в эксперименте с чистой водой, в то время, как максимальное количество F в системе, около 2.5 вес% дало менее 2 % F в стекле.

Значимой температурной зависимости вхождения F в стекло не обнаружено, в то время как, наблюдается явная зависимость от давления. Так при давлении в 2 кбар F из системы до эксперимента (навеска+раствор) распределяется в пользу флюида и фторсодержащих фаз, обедняя собой стекло, что говорит о том, что при 2 кбар стекло близко к насыщению по фтору, а при давлении ниже 2 кбар F распределяется, преимущественно, в расплав. Именно в стекле из экспериментов при наименьшем давлении наблюдается максимальное количество F.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ
СПЛАВА $\text{Ag}_x\text{Au}_{1-x}$ В ТЕМПЕРАТУРНОМ
ДИАПАЗОНЕ 250-400 К И АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ**

Корепанов Я.И., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)

**INITIAL DATA ON THERMODYNAMIC PROPERTIES OF $\text{Ag}_x\text{Au}_{1-x}$ ALLOY IN
TEMPERATURE RANGE 250-400 K AND ATMOSPHERIC PRESSURE**

Korepanov Ya.I., Osadchii E.G. (IEM RAS)

yakoff@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5849

Наиболее значимой работой по термодинамике золото-серебряного сплава является статья (White et. al., 1957). Предложенная авторами интерпретация разрозненных и часто противоречивых литературных данных в совокупности с собственными экспериментальными данными по энтальпии образования сплавов в рамках модели субрегулярного твердого раствора оказалась достаточно убедительной. Однако разброс использованных литературных экспериментальных данных настолько велик, что абсолютные значения выбранных величин термодинамических функций в статье (White et. al., 1957) можно считать талантливо предсказанными. Приведенная авторами субрегулярная модель применима в диапазоне температур 273-800 К.

Активности серебра в сплавах $\text{Ag}_x\text{Au}_{1-x}$ с составами $\text{Ag}_{0.05}\text{Au}_{0.95}$, $\text{Ag}_{0.1}\text{Au}_{0.9}$ с шагом $x=0.1$ до $\text{Ag}_{0.9}\text{Au}_{0.1}$ и $\text{Ag}_{0.95}\text{Au}_{0.05}$ определены методом многоканальной гальванической ячейки с электролитом на основе глицерина с AgCl и солевой нагрузкой насыщенного KCl . В ходе измерений были замечены 2 факта; (1) модель (White et. al., 1957) применительно к низкотемпературной (250-400 К) области является неточной и требует существенной корректировки; (2) с понижением температуры до 250К зависимость энергии смешения от состава не на всей области определения является выпуклой к оси абсцисс.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ БЕРИЛЛА В
H₂O–HF РАСТВОРАХ ПРИ 400 °С, $P = 1000, 2000$ БАР**

Коржинская В.С. (ИЭМ РАН)

**EXPERIMENTAL STUDY OF BERIL SOLUBILITY IN H₂O–HF SOLUTIONS AT
400°C AND $P = 1000, 2000$ BAR**

Korzhinskaya V.S. (IEM RAS)

vkor@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 252 4425, 333 24 06

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН №2.

Растворимость минералов редкометальных месторождений: кварца, полевых шпатов (альбита, микроклина), топаза, Ta-Nb-содержащих минералов (танталит-колумбита и пироклора), бериллиевых минералов (берилл, хризоберилл, фенакит) во фторидных растворах важна для оценки уровней концентрации таких компонентов как Na, K, Al, Si, Ta, Nb, Be в природных флюидах при образовании метасоматических грейзенов и гидротермальных руд. Получены экспериментальные данные по растворимости берилла в гидротермальных условиях методом потери веса монокристалла при 400°C и давлениях 1000 и 2000 бар (100, 200 МПа). Концентрации HF варьировали в пределах от чистой воды до 2 m_{HF} . Опыты длительностью 15 суток проводили в заваренных платиновых ампулах на гидротермальной установке высокого давления. В экспериментах использовались монокристаллы берилла из месторождения Шерлова Гора (Забайкалье), из которых брали вырезанные фрагменты величиной около 3-5 мм и весом 0.1-0.2 грамма. Результаты экспериментов показывают, что в растворах с концентрацией m_{HF} ниже 0.1 валовая растворимость берилла слабо зависит от концентрации фтора, оставаясь на уровне $m_{\text{В}}$ = 0.005-0.001. В растворах с концентрацией m_{HF} выше 0.1 растворимость берилла растет с увеличением концентрации HF в растворе, что указывает на возрастание растворенных Si-алюмофторидных комплексов. Влияние давления в области низких концентраций HF заметно и увеличивает растворимость на порядок. В области высоких концентраций HF этого не наблюдается.

**О ПРИНЦИПАХ ФОРМИРОВАНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ
БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ**

Коробова Е.М. (ГЕОХИ РАН)

**CONCERNING PRINCIPLES OF GENERATION AND PATTERNS OF SPATIAL
ORGANIZATION OF MODERN BIOGEOCHEMICAL PROVINCES**

Korobova E.M. (GEOKHI)

korobova@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 2484

Проект РФФИ 13-05-00823 (частичное финансирование).

Биогеохимическое районирование предполагает выявление и картографирование территорий, различающихся по содержанию химических элементов в окружающей среде и реакции живые организмов на избыток или недостаток этих элементов. Из теоретических положений В.И. Вернадского, А.П. Виноградова и В.В. Ковальского следует, что вся первичная (нечеловеческая) биосфера представляла собой саморегулируемую и экологически оптимальную систему, геохимическое пространственное разнообразие которой устойчиво зафиксировано в структуре почвенного покрова. Деятельность человека приводит к образованию новых геохимических аномалий полицентрического типа, которые накладываются на мощную естественно-природную структуру. Пространственное сочетание двух структур может вызывать негативные биологические реакции, в т.ч. эндемии. Поэтому современные биогеохимические провинции предлагается рассматривать как двуслойное образование с естественно-природной и антропогенной составляющими. Предложена следующая последовательность биогеохимического районирования: 1) картографирование природного геохимического фона; 2) картографирование техногенного загрязнения; 3) взаимное наложение карт и построение производных карт риска, что продемонстрировано на примере современных йодных провинций.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ В КАРБОНАТИЗИРОВАННЫХ ЩЕЛОЧНЫХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ФЛЮИДА

Костюк А.В., Горбачев Н.С. (ИЭМ РАН)

EXPERIMENTAL STUDY OF ACCESSORY MINERALS SOLUBILITY IN THE CARBONATIZED ALKALI SILICATE MELTS DEPENDING ON FLUID COMPOSITION

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

nastya@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5880

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-05-00752а.

Акцессорные минералы являются важными концентраторами микроэлементов в магматических породах различного генезиса, определяя их поведение при образовании и дифференциации магм. В зональных магматических комплексах ультраосновных и щелочных пород, а также в карбонатитах основными концентраторами P, S, Ti, Zr являются апатит, ильменит, циркон и пирротин. Для выяснения физико-химических условий стабильности экспериментально изучена их растворимость в карбонатизированных щелочных расплавах при $T=1250^{\circ}\text{C}$, $P=0.5$ ГПа с H_2O , $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ флюидом. Опыты проводили на УВГД в ИЭМ РАН. Продукты эксперимента изучались на микрозонде.

Растворимость акцессорных минералов, определяемая концентрацией типоморфных элементов для каждого из них (P_2O_5 – апатит, SO_3 – пирротин, TiO_2 – ильменит, ZrO_2 – циркон), зависит от состава флюида. В $\text{H}_2\text{O}+\text{CO}_2$ -содержащих расплавах растворимость изученных акцессорных минералов выше, чем в H_2O -содержащих расплавах: P_2O_5 1.2 и 0.3 мас.%; SO_3 1.6 и 0.6 мас.%; TiO_2 1.9 и 0.5 мас.% соответственно. Содержание ZrO_2 (1.5 мас.%) практически не зависит от состава флюида.

КАТИОНООБМЕННЫЕ РАВНОВЕСИЯ

В СИСТЕМЕ (K,Rb)-ПОЛЕВОЙ ШПАТ–ФЛЮИД

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

Ахмеджанова Г.М. (ИЭМ РАН)

CATION EXCHANGE EQUILIBRIA

IN THE SYSTEM (R,Rb)-FELDSPAR–FLUID

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

Akhmedjanova G.M. (IEM RAS)

kotelnik@iem.ac.ru, тел.: 8(916) 206 6016

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-05-00887.

Для изучения бинарных твердых растворов щелочных полевых шпатов в системе $KAlSi_3O_8$ – $RbAlSi_3O_8$ проведены катионообменные опыты. В качестве исходных веществ использовали гелевые смеси состава (K,Rb)-полевых шпатов, а также синтетические и природные полевые шпаты. В качестве растворов применяли растворы фторидов калия и рубидия с концентрацией 1 моль/литр. Опыты проводили в заваренных платиновых ампулах, которые загружали в автоклавы и выдерживали при $T=350^\circ\text{C}$ и $P=1$ кбар в течении 30-50 суток. Продукты опытов анализировали рентгеновским, атомно-абсорбционным и микрорентгеноспектральным методом. Концентрацию фтора в растворе определяли методом потенциометрии с использованием ион-селективных электродов. Для оценки фазового состояния флюида при параметрах опытов использовали метод синтетических флюидных включений. Распределение калия и рубидия в системе полевой шпат–флюид неидеальное, $\ln K_D = -1.08 + 2.90 \cdot (X_{Rb}^{Fsp})$. Показано, что полевые шпаты по рентгеновским характеристикам относятся к серии санидин – рубидиевый полевой шпат (простр.гр. $C2/m$). Рассчитаны значения параметров Маргулеса для описания модели твердого раствора калий-рубидиевых полевых шпатов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ ЛОПАРИТА С
СИЕНИТОВЫМИ РАСПЛАВАМИ ПРИ $T=1000^{\circ}\text{C}$ И $P=2$ КБАР**

Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Польской П.Ф. (ИЭМ РАН),

Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Бородулин Г.П. (ИЭМ РАН)

**EXPERIMENTAL STUDY OF LOPARITE – SYENITE MELT EQUILIBRIUM AT
 $T=1000^{\circ}\text{C}$ AND $P=2$ KBAR**

Kotelnikov A.R. (IEM RAS), Polskoy P.F. (IEM RAS), Suk N.I. (IEM RAS),

Borodulin G.P. (IEM RAS)

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

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-05-03393.

Экспериментально исследовалось равновесие лопарита с алюмосиликатным расплавом различного состава при $T=1000^{\circ}\text{C}$ и $P=2$ кбар в сухих условиях и в присутствии 10 мас.% H_2O . Опыты проводились на установке высокого газового давления в течение 3 суток. Исходным материалом служили стекла малиньитового и эвтектического альбит-нефелинового состава, предварительно наплавленные при $T=1450^{\circ}\text{C}$ в печи с хромитлантановыми нагревателями в платиновых тиглях в течение 2 часов, а также природный лопарит Ловозерского массива. Полученные образцы анализировались на микрозонде.

В процессе опытов алюмосиликатный расплав насыщался элементами, характерными для лопарита. При этом в малиньитовой системе наблюдалось образование новых фаз: титаносиликатов редких земель, иногда титанита и монацита (вероятно, из-за примеси Р в природном материале). Наблюдается также образование эмульсии, выражающейся в присутствии мелких капелек, состав которых близок к составу лопарита.

Полученные данные позволяют приблизительно оценить коэффициенты разделения ряда элементов между силикатным расплавом и кристаллами лопарита ($K_i = C_i^{\text{melt}} / C_i^{\text{lop}}$). В альбит-нефелиновой системе коэффициенты разделения для Ti составляют 0.025-0.042 (до 0.078 в водосодержащей системе), для Sr – 0.39-69 (до 0.75 в водосодержащей системе), для Nb – 0.02-0.068 (до 0.16 в водосодержащей системе), для La – 0.01-0.02, для Ce – 0.01-0.03. В малиньитовой системе коэффициенты разделения для Ti составляют 0.046–0.052, для Nb – 0.057-0.060, для La и Ce – 0.01-0.015.

P, As- СОДЕРЖАЩИЕ КАРКАСНЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТЫ
Котельников А.Р., Сук Н.И., Емельянова В.Н., (ИЭМ РАН),
Якубович О.В. (геол. ф-т МГУ; ИГЕМ РАН)

P, As- BEARING FRAMEWORK ALUMINOSILICATES
Kotelnikov A.R., Suk N.I., Emelianova V.N. (IEM RAS),
Yakubovich O.V. (geol. dep. MSU; IGEM RAS)

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

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-05-00887.

Синтез фаз в системе Na–Al–Si–P–O. В системе альбит – фосфорный полевой шпат при 500°C и давлении 1 кбар синтезированы фосфорсодержащие полевые шпаты ряда $\text{NaAl}_2\text{SiPO}_8\text{--NaAlSi}_3\text{O}_8$; были синтезированы следующие составы полевых шпатов ($X_{\text{P-Fsp}}$): 0,45; 0,5; 0,75; 0,8; 0,86. Для этих полевых шпатов проведено уточнение параметров элементарных ячеек (ПЭЯ). С учетом данных Симпсона (1977); Кролля и Риббе (1980) были рассчитаны следующие концентрационные зависимости ПЭЯ от состава полевых шпатов. Показана близкая к линейной зависимость объема твердого раствора от состава. Данная зависимость отличается небольшим отклонением от идеальности. Избыточный объем смешения можно описать несимметричной двухпараметрической моделью Маргулеса: $V^e = X^2(1-X)W_1 + (1-X)^2XW_2$. Методом наименьших квадратов определены величины модели: $W_1=2.12(19)$; $W_2=-8.06(25)$ [Å³].

Синтез фаз в системе Na–Al–Si–As–O. Опыты проводили в гидротермальных условиях, при 600 и 700°C и давлении 1.5 кбар. В качестве стартового материала использовали стекла составов $\text{NaAl}_2\text{SiAsO}_8$, полученные при 1200-1300°C из смесей $\text{NaAsO}_3 + \text{Al}_2\text{SiO}_5$, взятых в эквимольных пропорциях. Кроме полевого шпата были синтезированы мышьяксодержащие нефелины и алюмоарсенаты натрия. На основе рентгеновских данных определены параметры элементарной ячейки (ПЭЯ) мышьяксодержащего нефелина (оп. 6402; формула нефелина $\text{Na}_{0.94}\text{Al}_{0.92}\text{Si}_{0.98}\text{As}_{0.08}\text{O}_4$): $a=9.994(1)$ [Å]; $b=9.994(1)$ [Å]; $c=8.289(2)$ [Å]; $V=716.9(2)$ [Å³]. Впервые выполнено определение структуры и рассчитаны параметры элементарной ячейки алюмоарсената натрия (проф. Якубович О.В., кафедра кристаллографии Геологического факультета МГУ). Алюмоарсенат натрия характеризуется орторомбической сингонией (пространственная группа $Ibam$), параметры элементарной ячейки следующие: $a=7.4548(4)$ [Å]; $b=11.3278(12)$ [Å]; $c=17.4732(13)$ [Å]; $V=1475.55(16)$ [Å³]. Оценены параметры элементарной ячейки мышьяк-содержащего полевого шпата (оп.6764, формула $\text{Na}_{0.93}\text{Al}_{1.68}\text{Si}_{1.04}\text{As}_{1.18}\text{O}_8$; $X_{\text{As-Fsp}}=0.95\pm0.03$): $a=8.291(2)$ [Å]; $b=13.126(3)$ [Å]; $c=7.178(1)$ [Å]; $\alpha(\alpha)=93.49(2)$ [°]; $\beta(\beta)=115.52(2)$ [°]; $\gamma(\gamma)=90.34(1)$ [°]; $V=703.1(4)$ [Å³]; ($n=36$).

**ПЛАВЛЕНИЕ ТРАХИРИОЛИТОВ В ПРИСУТСТВИИ ВОДЫ И
СОЛЕЙ P–Q-ТИПА**

Котельников А.Р., Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН)

**TRAKHIRIOLITE MELTING IN PRESENCE OF WATER AND
SALTS OF P–Q-TYPE**

Kotelnikov A.R., Suk N.I. (IEM RAS), Kotelnikova Z.A. (IGEM RAS)

kotelnik@iem.ac.ru, тел.: 8(916) 206 6016

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-05-03393.

Экспериментально исследовано плавление в системе трахириолит–вода ± соль (NaF, Na₂CO₃). В качестве стартовых материалов применяли порошок трахириолита (состав, мас. %: Na₂O – 2.97(19); MgO – 0.15(6); Al₂O₃ – 11.51(12); SiO₂ – 72.78(13); K₂O – 5.53(11); CaO – 1.05(7); TiO₂ – 0.13(6); FeO – 0.80(29)). Навески загружали в платиновые ампулы, добавляли необходимое количество воды и соли. В качестве индикаторных компонентов в навеску загружали небольшое количество SrO, Nb₂O₅ и La₂O₃. Общая сумма добавок не превышала 2.5 мас. % от навески трахириолита. Соотношение навеска/флюид составляло ~7. Опыты проводили на установке высокого газового давления. Режим опытов был следующий: (1) $T=1200$ C; $P=5$ кбар; выдержка 2 часа → (2) $T=1000$ C; $P=1$ кбар; выдержка 1 сутки → изобарическая закалка. При 1200 и 5 кбар проходило плавление, гомогенизация и насыщение расплава флюидными компонентами. С понижением параметров до 1000°C и 1 кбар происходила гетерогенизация расплава с образованием жидкостной несмесимости. Показано, что в системе трахириолит–вода жидкостная несмесимость выражена в образовании капель в основной массе расплава. Состав капель сходен с составом основной массы, отличаясь только содержанием воды, оксида титана и соотношениями щелочных и щелочноземельных элементов. Таким образом реализуется жидкостная несмесимость, характерная для растворов солей P–Q типа: $L \leftrightarrow L1 + L2$. В качестве соли второго (P–Q) типа в этой системе выступает расплав трахириолита. В присутствии соли (NaF) гетерогенизация проходила с разделением расплава на силикатный и солевой расплавы. При добавлении карбоната натрия явления несмесимости не наблюдались, было отмечено увеличение агпаитности стекла от 0.94 (для исходного трахириолита) до ~1.3.

ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ F-Cl-СОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ ПРИ 350-750°C и $P=1000$ БАР ПО ДАННЫМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ

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

PHASE STATE OF THE F-Cl-CONTAINED FLUIDS UNDER 350-750°C and $P=1000$ BAR FROM SYNTHETIC FLUID INCLUSIONS IN QUATRZ STUDY

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

kotelnik@igem.ru тел.: 8(499) 230 8217

Финансовая поддержка: грант РФФИ 13-05-00887.

Водно-солевые флюиды играют важную роль в процессах минералообразования. Однако экспериментальных данных по свойствам водно-солевых систем при повышенных температурах и давлениях явно недостаточно. Экспериментальное изучение явлений несмесимости во флюидах, содержащих анионы F, Cl, CO₃ и SO₄ показало, что при изменении температуры и давления возможно активное взаимодействие флюида с кварцем, и растворение кварца носит инконгруэнтный характер. Образовавшиеся промежуточные соединения фиксируются в синтетических флюидных включениях в виде твердых фаз: кристаллической и фазы, условно названной «стеклом», поскольку она имеет фазовые границы с жидкостью и газом в виде правильного мениска. Исследования проводили методом синтетических флюидных включений в кварце. Предполагается, что солевые компоненты участвуют в процессах высокотемпературного гидролиза, в результате чего образуются промежуточные соединения продуктов гидролиза и кварца.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ Nb_2O_5 В
ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ $T = 300$ и 550°C и $P = 100$ МПа

Котова Н.П. (ИЭМ РАН)

EXPERIMENTAL STUDY OF Nb_2O_5 SOLUBILITY IN CHLORIDE SOLUTIONS
AT $T = 300$ and 550°C and $P = 100$ MPa

Kotova N.P. (IEM RAS)

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

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ N 14-05-00424-а, 14-05-00145-а, 14-05-91750-АФ –а, 15-05-03393-а и Программы ОНЗ РАН №2.

Изучена концентрационная зависимость растворимости оксида ниобия в хлоридных растворах HCl , KCl , NaCl и LiCl с концентрациями 0.01; 0.1; 0.3; 1.0 и 2.0 моль/кг H_2O при $T = 550^\circ\text{C}$, $P = 1000$ бар, а также в растворах LiCl при $T = 300^\circ\text{C}$, $P = 1000$ бар в присутствии кислородного буфера Co-CoO . Продолжительность опытов при $T = 300^\circ\text{C}$ составляла 30 суток, при $T = 550^\circ\text{C}$ – 18 суток. Установлено, что в хлоридных растворах различного катионного состава (HCl , KCl , NaCl и LiCl) растворимость ниобия низкая и находится в пределах 10^{-5} – 10^{-4} м.

**ФОРМЫ ЗОЛОТА В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ КАЛЫЧАНСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЯКУТИЯ)**

Кошечева И.Я., Набиуллина С.Н., Корсакова Н.В. (ГЕОХИ РАН)

**GOLD SPECIATION IN CARBONATE ROCKS OF KALYCHANSK DEPOSIT
(YAKUTIYA)**

Koshcheeva I.Ya., Nabiullina S.N., Korsakova N.V. (GEOKHI RAS)

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

Методом химического фазового анализа (последовательной обработкой геологического материала химическими реагентами) исследованы формы нахождения золота в карбонатных породах Калычанского месторождения (Якутия), содержащих 12 % $C_{\text{общ}}$ и невысокие концентрации $C_{\text{орг}}$ (0.10-0.15%). Концентрации золота в породах варьировали от $2.2 \cdot 10^{-6}$ до $3.4 \cdot 10^{-4}$ %. При обработке вещества 20%-ной HCl, растворяющей карбонаты, оксиды алюминия и железа и легко растворимые сульфиды, в раствор перешло от 55 до 75% золота вместе с основной массой материала (94.0-96.6%). При кипячении остатка в 2N HNO₃, растворяющей пирит и трудно растворимые сульфиды, масса материала уменьшилась на 1.1-1.5% от исходных образцов, а в раствор ушло от 20 до 37% найденного в веществе Au. Таким образом, основная часть золота в исследованных породах, вероятнее всего, ассоциирована с легко и трудно растворимыми сульфидами. Кремнийорганическая фракция, содержащая ~6 % $C_{\text{орг}}$, удерживала 2.6-10.8% обнаруженного золота.

Баланс по содержанию золота во фракциях проб, подвергнутых химическому фазовому анализу, хорошо совпал с содержанием металла, определенным в параллельных образцах кислотным разложением (разброс результатов $\pm 5\%$).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ЦЕНТРАЛЬНОЙ
ЧАСТИ СИСТЕМЫ Cu–Fe–S ПРИ 1100 °C и 50 КБАР**

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

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE Cu–Fe–S SYSTEM CENTRAL PART
COMPOSITION AT 1100 °C AND 50 KBAR**

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

tanyuk@uiggm.nsc.ru, тел: 8(913) 738 9488

Исследованы продукты кристаллизации расплавов центральной части системы Cu–Fe–S, выдержанных при температуре 1100 °C и давлении 50 кбар. В образцах состава: 50 и 47 ат.% S, Cu/Fe = 1, синтезированы новая фаза Fe₄CuS₅ (ат.%, Fe — 39.32, Cu — 8.32, S — 52.36) и борнит Cu₅FeS₄ (ат.%, Fe — 9.31, Cu — 53.32, S — 37.37) в виде структуры распада. Состав новой фазы является промежуточным между составами кубанита CuFe₂S₃ и троилита FeS. Продуктами кристаллизации расплава соответствующего состава, охлаждённого от 1100 °C без давления, является изокубанит (кубический fcc кубанит) и пирротин Fe_{1-x}S или кубическая (pc) фаза хейкокитового состава Cu₄Fe₅S₈, пирротин Fe_{1-x}S и борнит. Полученные результаты согласуются с данными о ромбическом кубаните, как о минерале высокого давления.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ ОЛИВИН-ШПИНЕЛЬ
МЕТОДОМ “ПЕТЛИ”**

**Крашенинников С.П., Соболев А.В. (ГЕОХИ РАН), Борисов А.А. (ИГЕМ РАН),
Каргальцев А.А., Кадик А.А. (ГЕОХИ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF OL-SPL EQUILIBRIUM USING THE “LOOP”
TECHNIQUE**

**Krasheninnikov S.P., Sobolev A.V. (GEOKHI RAS), Borisov A.A. (IGEM RAS),
Kargaltsev A.A., Kadik A.A. (GEOKHI RAS)**

spkrash@geokhi.ru, тел.: 8 (499) 137 5836

*Работы проводились при финансовой поддержке грантов РФФИ (№13-05-12110
офи-м) и РНФ (№ 14-17-00491).*

Термометрия, основанная на равновесных парах близиквидусных минералов, позволяет определить максимальную температуру кристаллизации магматических мантийных расплавов, и тем самым, оценить минимальные потенциальные значения температуры верхнемантийных источников (Coogan et al, 2014). Примитивные породы, содержащие оливин-шпинелевую ассоциацию, встречаются во многих геодинамических обстановках. Для экспериментального изучения равновесных температур сосуществующих оливина и шпинели были подобраны порошки 6 природных составов ультрамафических и пикритовых пород Сибирской трапповой провинции, Гавайских вулканитов, а также ортопироксенитов Войкаро-Сыньинского массива (Полярный Урал). Выбранные образцы покрывают широкий спектр составов по содержанию TiO_2 (0.03-3.5 мас.%), Al_2O_3 (1–9 мас.%), FeO (6–15 мас.%) и MgO (18–32 мас.%). Один из составов гавайских пикритов (SR-98) был обогащен TiO_2 и Al_2O_3 (по 2 и 4 мас.%). Все исходные составы были допированы Sc, V (по 1000 ppm) и Y (2000 ppm).

Эксперименты проводились методом “петли” в высокотемпературной вертикальной трубчатой печи с контролируемой летучестью кислорода при атмосферном давлении в ГЕОХИ РАН. Анализ главных и примесных элементов в составах минеральных фаз и сосуществующего расплава осуществлялись по прецизионной методике (Batanova & Sobolev, 2013) с воспроизводимостью определения примесных элементов в оливине (Al, Cr, Sc, Ni, Mn, Ca) ± 10 -15 ppm (2 стандартных отклонения). В результате проведенных экспериментальных исследований ($T = 1300$ -1500 °C, $t = 12$ -190 часов, буфер NNO) была разработана новая версия геотермометра, основанного на коэффициенте распределения Al между равновесными Ol и Spl. От опубликованной версии термометра (Wan et al, 2008; Coogan et al, 2014) предложенный вариант отличается учетом зависимости температуры равновесия от содержания Ti в шпинели и Fo в оливине.

**ЗАХВАТ ВЕЩЕСТВА ПРОТОСПУТНИКОВЫМИ ДИСКАМИ ЮПИТЕРА И
САТУРНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАДАВШИХ
ПЛАНЕТЕЗИМАЛЕЙ С ГАЗОВОЙ СРЕДОЙ ДИСКОВ**

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

**CAPTURE OF MATERIAL BY THE PROTOSATELLITE DISKS OF JUPITER AND
SATURN DUE TO INTERACTION OF THE INFALLING PLANETESIMALS WITH
THE GASEOUS MEDIUM OF THE DISKS**

Kronrod V.A. (GEOKHI RAS), Makalkin A.B. (IFZ RAS)

va_kronrod@mail.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 15-05-02572, 15-05-01161).

Рассматривается задача оценки массы, захваченной протоспутниковыми дисками Юпитера и Сатурна, в результате процессов торможения, абляции и разрушения планетезималей в газовой среде дисков. Радиальные распределения поверхностной плотности, температуры и экваториальной плотности в обоих дисках аппроксимированы степенными функциями на основании моделей маломассивных околопланетных аккреционных дисков, удовлетворяющих современным космохимическим и физическим ограничениям (Makalkin and Dorofeeva, 2014). Для скоростей планетезималей, входящих в сферу Хилла планет-гигантов, учитываются средние флуктуации по величине и направлению. Многопараметрическая задача торможения, абляции и разрушения планетезималей решается численными методами с помощью подходов метеорной физики, модифицированных для применения в газопылевых околопланетных дисках. Проведены оценки массы вещества, захваченного диском, для случая степенного распределения планетезималей по массам (и размерам).

**РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИЯ УРАНА В ЛУННОЙ
КОРЕ**

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

**THE TEMPERATURE DISTRIBUTION AND THE RADIOACTIVE SOURCE
INTENSITY IN THE LUNAR MANTLE**

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

kendr_ka@bk.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты, 15-05-02572, 15-05-01161).

Гравитационные данные, полученные в результате миссии GRAIL, позволили получить новые ограничения на мощность, плотность и пористость лунной коры. Совокупность этих данных совместно с одномерной моделью теплопроводности и моделью лунного океана Луны положены в основу настоящей работы по определению ограничений на температурное поле и концентрации урана в коре Луны. Температура в окрестности ядра считается достаточной для частичного плавления вещества мантии. Рассматривается сферически симметричная модель Луны, состоящая из коры мощностью от 34 км до 43 км, верхней мантии, нижней мантии и ядра. Ограничения на температуру в верхней мантии получены инверсией сейсмических данных в термины температуры. Глубина границы верхняя–нижняя мантии – 750 км, радиус ядра – 350 км. Для определения искомых параметров применяется численная процедура согласования распределений расчетных температур в мантии и коре с ограничениями на температуру в верхней мантии, окрестности ядра и на поверхности Луны. Определен спектр моделей Луны, удовлетворяющих всем поставленным условиям, получены оценки пористости коры, коэффициентов теплопроводности и концентраций урана в мантии и коре.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ РЯДА
 Na_3AlF_6 – K_3AlF_6 ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 800°C И ДАВЛЕНИИ 1 КБАР**

**Куманина Т.А., Щекина Т.И. Граменицкий Е.Н. (*геол.ф-т МГУ*),
Котельников А.Р. (*ИЭМ РАН*)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE SOLID SOLUTIONS SERIES Na_3AlF_6 – K_3AlF_6
at 800° C AND 1 KBAR**

**Kumanina T.A., Shchekina T.I., Gramenitskiy E.N (*geol.dep.MSU*),
Kotelnikov A.R. (*IEM RAS*)**

t-shchekina@mail.ru, тел.: 8 (495) 939 2040

При высоких концентрациях фтора в модельной гранитной системе SiO_2 – Al_2O_3 – Na_2O – K_2O – F – H_2O происходит кристаллизация высокофтористых минералов, одним из которых является криолит (Граменицкий и др., 2005). В условиях 800°, 1 кбар при различных соотношениях К/Na в системе был получен практически весь ряд составов криолитоподобных фаз от Na_3AlF_6 до K_3AlF_6 , равновесных с алюмосиликатным расплавом. В этом ряду наблюдалась четкая обратная корреляция содержания калия и натрия. В то же время в природе встречены только два минерала этого ряда – чисто натриевый криолит Na_3AlF_6 и калиево-натриевый эльпасолит NaK_2AlF_6 . Авторами была поставлена цель синтезировать серию твердых растворов Na_3AlF_6 – K_3AlF_6 и изучить их свойства. Были проведены опыты при 800°, 1 кбар в гидротермальных условиях с исходными составами ряда Na_3AlF_6 – K_3AlF_6 , заданными через 10 мол.%. Получены фазы, представляющие практически весь спектр составов между конечными членами. В них так же, как в равновесии с алюмосиликатным расплавом, наблюдается обратная корреляция содержания калия и натрия. Судя по данным наших экспериментов, смесимость наблюдается в ряду криолит–эльпасолит, в интервале составов от K_3AlF_6 до NaK_2AlF_6 намечается разрыв в составах фаз. Полная смесимость в этом ряду при комнатной температуре мало вероятна, поскольку фазы Na_3AlF_6 , NaK_2AlF_6 и K_3AlF_6 имеют различные структуры. Однако в результате фазовых переходов при повышенных температурах их структура изменяется, все они приобретают кубическую сингонию, что может способствовать образованию твердых растворов при температуре 800°.

СЖИМАЕМОСТЬ ПЛАВЛЕНОГО КВАРЦА В СРАВНЕНИИ СО
СЖИМАЕМОСТЬЮ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ И МАГНИЙСИЛИКАТНЫХ
СТЕКОЛ В ИНТЕРВАЛЕ ДАВЛЕНИЙ ДО 6.0 ГПа

Куряева Р.Г. (ИГМ СО РАН), Дмитриева Н.В. (ИГМ СО РАН)

THE COMPRESSIBILITY OF SILICA GLASS COMPARED TO THE
COMPRESSIBILITY OF ALUMINUM SILICATE AND MAGNESIUM SILICATE
GLASSES IN THE PRESSURE RANGE UP TO 6.0 GPa

Kuryaeva R.G. (IGM SD RAS), Dmitrieva N.V. (IGM SD RAS)

rufina@igm.nsc.ru, тел: 8(913) 922 9323

Величина относительного изменения плотности, $(d-d_0)/d$, стекла SiO_2 , при $P=4.0$ ГПа, сравнена с величинами $(d-d_0)/d$ алюмосиликатных и магний силикатных стекол системы $\text{Na}_2\text{O}(\text{CaO})\text{--Al}_2\text{O}_3(\text{MgO})\text{--SiO}_2$. Показано, что плавленый кварц не имеет самую высокую сжимаемость в ряду силикатных стекол, как можно было ожидать в случае идеальной структуры стекла SiO_2 . Идеальная структура плавленого кварца характеризуется отсутствием немостиковых атомов кислорода в полностью полимеризованной структурной сетке ($\text{NBO}/\text{T} \approx 0$). Величина изменения относительной плотности, при $P = 4.0$ ГПа, для стекла кремнезема составляет $(d-d_0)/d = 0.123$, которая, согласно полученной зависимости сжимаемости от степени деполимеризации для силикатных стекол, соответствует величине $\text{NBO}/\text{T}=0.144$. Этот факт объясняется дефектной структурой стекла SiO_2 и возможным сохранением в стекле аномально низкой высокотемпературной плотности жидкого кремнезема при быстром его закаливании, благодаря высокой вязкости расплава.

СРАВНЕНИЕ ПЛОТНОСТНЫХ СВОЙСТВ СТЕКОЛ СОСТАВА MAlSi_3O_8
($\text{M}=\text{Li}, \text{Na}, \text{K}$) В ИНТЕРВАЛЕ ДАВЛЕНИЙ ДО 6.0 ГПа

Куряева Р.Г. (ИГМ СО РАН), Сурков Н.В. (ИГМ СО РАН)

COMPARISON OF THE DENSITY PROPERTIES OF THE MAlSi_3O_8 GLASSES
($\text{M}=\text{Li}, \text{Na}, \text{K}$) IN THE PRESSURES RANGE UP TO 6.0 GPa

Kuryaeva R.G. (IGM SD RAS), Surkov N.V. (IGM SD RAS)

rufina@igm.nsc.ru, тел: 8(913) 922 9323

Измерен показатель преломления стекла состава $\text{LiAlSi}_3\text{O}_8$ 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 $K_{t,0}$. Результаты сопоставлены с данными, полученными ранее для стекол составов альбита и ортоклаза.

Сжимаемость стекол увеличивается, а изотермический начальный модуль объемной упругости ($K_{t,0}$) уменьшается в ряду катионов щелочных металлов Li^+ , Na^+ , K^+ . Такое изменение $K_{t,0}$ свидетельствует об увеличении степени полимеризации структурной сетки стекол в обозначенном ряду. Сжимаемость стекла $\text{LiAlSi}_3\text{O}_8$ существенно ниже сжимаемости стекол составов альбита и ортоклаза. Этот феномен объясняется присутствием в стекле состава $\text{LiAlSi}_3\text{O}_8$ большого количества высококоординированного алюминия в отличие от стекол $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ и KAlSi_3O_8 (в этих стеклах $^{\text{V}}\text{Al}$ и $^{\text{VI}}\text{Al}$ практически отсутствует). На основе общей зависимости сжимаемости, $(d-d_0)/d$, силикатных стекол от степени их деполимеризации, NBO/T (отношение удвоенного числа немостиковых атомов кислорода к общему числу сеткообразователей), для стекла состава $\text{LiAlSi}_3\text{O}_8$ рассчитано значение $NBO/T = 0.32$.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА ОБЫКНОВЕННЫХ
НЕРАВНОВЕСНЫХ ХОНДРИТОВ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ**

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

**DETERMINATION OF THE DEGREE OF METAMORPHISM OF
UNEQUILIBRATED ORDINARY CHONDRITES BY THERMOLUMINESCENCE
METHOD**

Kuyunko N.S., Ivliev A.I., Alexeev V.A. (GEOKHI PAS)

AVAL37@mail.ru, тел.: 8(496) 522 19 88

Работа частично поддержана Программой № 4 ОНЗ РАН.

Термолюминесцентный метод используется как один из наиболее простых и надежных при определении степени метаморфизма неравновесных хондритов. Как показали исследования (Sears, 1988), чувствительность к запасанию термолюминесценции (ТЛ) обыкновенных хондритов увеличивается более чем на три порядка при увеличении степени метаморфизма. Для проведения ТЛ-исследований с целью определения петрологического подтипа неравновесных обыкновенных хондритов мы измерили ТЛ, наведенную рентгеновским излучением в лабораторных условиях, более чем в 50 метеоритах. Интенсивность ТЛ определялась относительно таковой для хондрита Dhajala H3.8. Кривая свечения ТЛ аппроксимировалась гауссовой кривой и определялась интенсивность ТЛ как суммарная, так и в разных интервалах температур. Найдены корреляционные зависимости между этими и другими параметрами, и путем нормировки к данным Sears (1988) определялась величина подтипа хондрита. Найденные значения в интервале 3.0-3.9 согласуются с данными, полученными другими исследователями и другими методами для хондритов, не претерпевших сильного ударного воздействия (ударный класс S1-S3).

**ИЗУЧЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА РАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ
ЭНСТАТИТОВОГО ХОНДРИТА ATLANTA EL6**

Лаврентьева З.А., Люль А.Ю. (ГЕОХИ РАН)

**THE TRACE ELEMENT STUDIES OF GRAIN-SIZED FRACTIONS FROM
ATLANTA EL6 ENSTATITE CHONDRITE**

Lavrentjeva Z.A., Lyul A.Yu., (GEOKHI RAS)

ajull@mail.ru, тел.: 8(496) 522 1988

Методом ИНАА определены содержания Fe, Co, Ni, Au, Ir, PЗЭ, Na, Ca, Cr, Sc, Zn и Se в магнитных и немагнитных размерных фракциях из энстатитового хондрита Atlanta EL6. Основная часть литофильных тугоплавких элементов в немагнитных фракциях концентрируется в зернах с размерами < 45 мкм. Таковыми являются La ($1.5 \times CI$), Sm ($1.8 \times CI$), Eu ($2.0 \times CI$), Tb ($2.1 \times CI$), Yb ($2.2 \times CI$), Lu ($2.0 \times CI$), Cr ($6.3 \times CI$). Все немагнитные фракции обеднены легкими редкоземельными элементами и имеют как положительные, так и отрицательные Eu – аномалии, которые, возможно, ассоциируют с плагиоклазом, так как ольдгамит в метеорите отсутствует. При образовании никелистого железа и шрейберзита сидерофильные элементы Ni, Co, Ir и Au сконцентрировались в магнитной фракции с размером зерен $71 < d < 100$ мкм. Распределение Ni и Co в немагнитных фракциях более равномерное, чем Ir и Au. Изучение особенностей распределения микроэлементов во фракциях показало, что на их распределении отразился агломерационный характер родительских тел хондритов, а также процессы, приведшие к структурным изменениям в метеорите. Особенности распределения сидерофильных и редкоземельных элементов позволили предположить, что вещество метеорита Atlanta подвергалось частичному плавлению за счет ударных процессов, явившихся также причиной брекчирования.

P–V–T СВОЙСТВА СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНО-УГЛЕКИСЛЫХ ФЛЮИДОВ И
ДАННЫЕ ПО РАСТВОРИМОСТИ В НИХ ЗОЛОТА, ПИРИТА, МОЛИБДЕНИТА
Лаптев Ю.В., Борисенко А.С., Прокопьев И.Р. (ИГМ СО РАН)

P–V–T DATA FOR SULFATE–CHLORIDE–CARBONATE FLUIDS AND FIRST
EXPERIMENTS IN THIS SYSTEM ON THE SOLUBILITY OF GOLD, PYRITE,
MOLYBDENITE

Laptev Yu.V., Borisenko A.S., Prokopenko I.R. (IGM SB RAS)

laptev@igm.nsc.ru тел.: 8 (383) 333 30 26

Гранты РФФИ 13-05-00478, 13-05-00980.

Опыты являются продолжением исследований для модели магматогенных процессов при формировании Cu–Mo–порфировых, Au–скарновых месторождений с участием флюидов сульфатно-хлоридного типа (Лаптев, 2014) с усложнением их состава углекислотой. Впервые для водно-солевой системы состава 22% Na₂SO₄–2.3% NaCl–H₂O при величинах X_{CO_2} в интервале 0–0.21 экспериментально измерены и построены изохорические зависимости в координатах *T–P* для температур 200–420°C и давлений 10–750 бар с определением взаимосвязи «брутто» величин удельных объемов гомогенных и гетерогенных флюидов с их составом, температурой и давлением. Показано, что по сравнению с предельными параметрами гомогенизации флюида ($t = 350^\circ\text{C}$, $P = 320$ бар) для чисто водно-газовой системы H₂O–CO₂ (по нашим и литературным данным – Такеноучи, Кенеди, 1968) добавление в нее солей указанных выше концентраций при мольной доле CO₂ больше чем 0,14 расширяет область гетерогенного состояния водно-солевого-газосодержащего флюида до температур 420°C и давлений до 750 бар. Это позволило при проведении опытов по растворению пирита, молибденита и золота исследовать влияние изменения агрегатного состояния флюида на содержание металлов при заданных изотермических условиях ($t = 378^\circ\text{C}$). Переход от гомогенной высокоплотной жидкости (в отсутствии углекислоты) до гетерофазового равновесия жидкость – пар за счет добавок углекислоты до величин $X_{\text{CO}_2} = 0.21$ приводит к монотонному повышению растворимости Au(met) и сложной зависимости изменения растворимости пирита и молибденита с максимумом при $X_{\text{CO}_2} = 0.14$. Полученные данные позволяют рассматривать гетерогенизацию флюидов за счет добавок CO₂ в качестве важного геохимического фактора активизации процессов миграции и осаждения рудных компонентов.

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

Лебедев Е.Б., (ГЕОХИ РАН), Аверин В.В. (ИМЕТ РАН)

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

Lebedev E.B. (GEOKHI RAS), Averin V.V. (IMET RAS)

leb@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7840

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранта 07-05-00630) и гранта по Программы Президиума РАН 28.

При экспериментальном моделировании изучения возможных механизмов движения и осаждения железо-сульфидных фаз при образовании металлических ядер планетных тел (Луны) наибольшие сложности возникают при аккумуляции и сегрегации малых количеств металлических фаз в частично расплавленном модельном планетарном веществе. Экспериментальные данные показывают, что аккумуляция и сегрегация металлических фаз происходили при высокой температуре и низкой летучести кислорода, на несколько порядков ниже значений буфера железо-вюстит (IW). Моделирование проводится на высокотемпературной центрифуге при температурах 1440-1460°C и при изучаемом потенциале кислорода. Изучаемый модельный состав исходной смеси: 85% O_l ; 10% ферропикрит; 5% $Fe-S$ (95% Fe , 5% S). При высокой степени извлечения железа из силикатного расплава оливин может превратиться практически в форстерит. Это свидетельствует о том, что химический состав продуктов эксперимента соответствует высокой восстановленности фаз. Оценка окислительно-восстановительных условий проводилась с использованием анализа закаленных расплавов с помощью трех термодинамических методов.

Полученные значения летучести кислорода ниже значений буфера (IW), $\Delta I_{\text{lgfO}_2}(IW) = \sim -(4.5-5.5)$. Подтверждение нашим экспериментальным данным могут служить известные литературные экспериментальные исследования по осаждению металлов (Раммензи и др. 1983).

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ФЛЮИДОВ НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА ПОРОД ПРИ
ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ**

Лебедев Е.Б., Рощина И. А., Кононкова Н. Н., Зевакин Е.А. (ГЕОХИ РАН)

**INFLUENCE OF FLUID COMPOSITION ON THE ELASTIC PROPERTIES OF
ROCKS AT HIGH TEMPERATURE AND PRESSURE**

Lebedev E.B., Roschina I.A., Kononkova N.N., Zevakin E.A. (GEOKHI RAS)

leb@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7840

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранта 07-05-00630) и гранта по
Программы Президиума РАН 28.*

Геофизические исследования обнаружили существование в средней части земной коры и верхней мантии зоны с аномально низкими сейсмическими скоростями и повышенной электропроводностью. Известны также сейсмические разрезы в верхней мантии с аномальными сейсмическими свойствами. Предполагается, что эти изменения могут быть связаны с изменениями пористости и проницаемости пород, химическими реакциями, а также с присутствием флюидов и могут объяснять существование волноводов. Было проведено экспериментальное изучение влияния флюидов на упругие свойства в ряде пород (кварците, амфиболите, обсидиане, граните, базальте, пироксените, серпентините, дуните) в условиях возможных температур и давлений, характерных для средней части континентальной земной коры и верхней мантии. Исследования проводились в присутствии различных флюидов при давлениях до 500 МПа и температурах до 1200°C. В закалочных образцах изучен химический и минералогический состав. Полученные результаты показали сильное влияние флюидов и состава растворов на упругие свойства пород и могут быть использованы для объяснения природы волноводов.

ОСОБЕННОСТИ БИООКИСЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПИРИТА

Липко С.В. (ИГХ СО РАН), Липко И.А. (ЛИН СО РАН),

Таусон В.Л. (ИГХ СО РАН), Арсентьев К.Ю. (ИГХ СО РАН)

BIOOXIDATION FEATURES OF PYRITE SURFACE

Lipko S.V. (IGC SB RAS), Lipko I.A. (LIN SB RAS),

Tauson V.L. (IGC SB RAS), Arsentev K.Y. (IGC SB RAS)

slipko@yandex.ru, тел.: 8(3952) 429 967

Грант РФФИ № 15-05-05767.

Исследования по биоокислению поверхности пирита известны в мировой практике давно (Edwards et al., 1999), однако они не учитывали присутствия на поверхности неавтономных фаз (НФ) и в большинстве случаев проводились на природном материале с плохо контролируемыми свойствами. Для проведения нашего эксперимента синтезировали кристаллы с различной степенью развития на поверхности НФ (Tauson, Lipko, 2013). Подготовленные таким образом кристаллы с пиритом помещались в среду со смесью ацидофильных железобактерий. Продукты опыта анализировали на сканирующем мульти-микроскопе СММ-2000 в атомно-силовом режиме и растровом электронном микроскопе FEI Company Quanta 200 с приставкой рентгеновского микроанализа EDAX.

Установлено, что поверхность без НФ менее подвержена бактериальному окислению, по сравнению с пиритом, содержащим НФ, а активность бактерий связана со структурой поверхности пирита. Анализ химического состава поверхности позволил установить концентрирование титана на поверхности пирита, вызванное жизнедеятельностью бактерий. Это наблюдение может быть привлечено к интерпретации поведения несовместимых элементов в природных условиях образования пирита.

Полученные в эксперименте характерные морфологические и химические изменения «свежей» поверхности пирита позволят в дальнейшем перейти к решению вопросов о роли биогенных факторов генезиса руд и происхождения жизни на Земле.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ АЛМАЗОНОСНЫХ ПОРОД ПО ДАННЫМ
ИССЛЕДОВАНИЙ АЛМАЗОНОСНЫХ КСЕНОЛИТОВ ИЗ КИМБЕРЛИТОВ

Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН), Бовкун А.В. (геол. ф-т МГУ), Кузюра А.В. (ИЭМ РАН), Лиманов Е.В. (геол. ф-т МГУ), Гаранин В.К. (геол. ф-т МГУ)

GENESIS OF DIAMONDIFERIOUS ROCKS BY DATA OF STUDY OF
DIAMONDIFERIOUS XENOLITHES

Litvin Yu.A. (IEM RAS), Bovkun A.V. (geol.dep. MSU), Kuzyura A.V. (IEM RAS), Limanov E.V. (geol.dep. MSU), Garanin V.K. (geol.dep. MSU)

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

Поддержка: грант РФФИ № 13-05-00835, 14-05-00537.

Проведены аналитические исследования особенностей текстуры и составов фаз природных метасоматизированных алмазоносных эклогитов (из коллекции лаборатории месторождений алмаза, геологический факультет МГУ). Тектурные детали природных образцов пород изучены методом сканирующей электронной микроскопии. Полученные данные свидетельствуют о том, что вокруг и в пределах границ зерен породообразующих минералов изученных пород присутствуют многочисленные поры неправильной формы размерами до 50-100 мкм, трещины и прожилки, заполненные веществом, вероятно, оставшимся от первичного алмазообразующего материнского расплава: железистым магнезитом $(\text{Mg,Fe})\text{CO}_3$ в ассоциации с ортопироксеном $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$ и кианитом Al_2SiO_5 . По данным Рамановской спектроскопии подобные участки содержат многочисленные микрокристаллы алмаза и карбоната, о чем свидетельствует интенсивный узкий пик в позиции 1332 см^{-1} (алмаз) и группа из четырех пиков, соответствующая внутренним колебаниям группы CO_3^{2-} в магнезиальном карбонате.

Произведен сравнительный анализ типоморфных особенностей алмазоносных и безалмазных перидотитов и эклогитов из ксенолитов в кимберлитах с использованием полученных аналитических и литературных данных.

На основе построенной на базе экспериментов с алмазообразующими силикат-карбонат-углеродными системами (Литвин, 2012, 2013) диаграммы сингенезиса алмаза и парагенных минералов в режиме фракционной кристаллизации, а также данных аналитической минералогии проанализированы физико-химические особенности природного генезиса алмазоносных перидотитов и эклогитов в верхне-мантийных очагах карбонатитовых материнских расплавов.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРА МЕЖДУ РАСПЛАВОМ И ВОДНОЙ ФЛЮИДНОЙ
ФАЗОЙ ПРИ ДЕКОМПРЕССИОННОЙ ДЕГАЗАЦИИ H₂O- И Cl-
СОДЕРЖАЩИХ ГРАНИТНЫХ МАГМ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЫ

Луканин О.А. (ГЕОХИ РАН)

DISTRIBUTION OF CHLORINE BETWEEN MELT AND AQUEOUS FLUID
PHASE DURING DECOMPRESSION DEGASSING OF H₂O- AND
Cl-CONTAINING GRANITIC MAGMAS IN OPEN SYSTEM

Lukanin O.A. (GEOKHI RAS)

lukanin@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 3055

Представлены результаты численного моделирования влияния степени открытости системы на поведение хлора в процессе декомпрессионной дегазации H₂O- и Cl-содержащих гранитных магм при постоянной температуре. Рассмотрены варианты, когда дегазация расплава при снижении давления (в интервале 3-0.3 кбар, $T=800^{\circ}\text{C}$) протекает сначала в закрытых условиях до тех пор, пока объем флюидной фазы не достигает определенной величины, после чего система открывается и флюидная фаза полностью или частично удаляется из системы. Показано, что один и тот же исходный расплав, обогащенный H₂O ($\geq 5-6$ мас.%) и Cl ($\geq 0.1-0.15$ мас.%), в процессе дегазации в зависимости от динамики удаления флюида из системы может образовать широкий спектр составов флюидных и расплавных фаз в отношении содержания хлора.

**О ФРАКЦИОНИРОВАНИИ СИДЕРОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МЕТАЛЛЕ
БОГАТЫХ УГЛЕРОДОМ МЕТЕОРИТАХ**

Люль А.Ю. (ГЕОХИ РАН)

**ON SIDEROPHILE TRACE ELEMENT FRACTIONATIONS IN THE METAL OF
CARBON-RICH METEORITES**

Lyul A.Yu. (GEOKHI RAS)

ajull@mail.ru, тел.: 8 (496) 522 1988

Богатые углеродом метеориты представлены углистыми хондритами и дифференцированными ахондритами – уреилитами. Для проверки гипотезы (Goodrich et al., 2013) о наличии генетической взаимосвязи между этими группами метеоритов рассмотрены межэлементные взаимосвязи в металле уреилитов, индивидуальных частицах металла уреилита Новый Урей и углистого хондрита Ефремовка CV3. Анализ полученных данных выявил ряд общих закономерностей в трендах фракционирования элементов в металле метеоритов. Так, отсутствие отрицательной Ni–Ir корреляции в металле уреилитов, также как и металле хондрита, свидетельствует об отсутствии в уреилитах заметного перераспределения элементов между твердым и жидким металлом. Также в металле метеоритов этих групп не наблюдается типичной для Fe–Ni фазы железных метеоритов, обритов и обыкновенных хондритов положительной корреляции между содержанием Au и As. Нарушение этой взаимосвязи в данных метеоритах возможно обусловлено различием в поведении этих элементов в системе Fe–S–C (Hayden et al., 2011). Однако, несмотря на отсутствие корреляции в металле метеоритов между элементами с сильными сидерофильными свойствами Ir и Au, на графике Ir–Ir/Au данные для уреилитов и хондрита Ефремовка образуют единый тренд фракционирования, возможно свидетельствующий о близкой природе первичного вещества метеоритов с высоким содержанием углерода.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ *in vitro* СИСТЕМ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ С ФЛЮИДАМИ ПРИ ВЫСОКИХ ЗНАЧЕНИЯХ ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ *in situ* В ХОДЕ НАРАСТАЮЩИХ МАСШТАБОВ ТЕХНОГЕНЕЗА

Магидов С.Х. (Институт геологии Дагестанского НЦ РАН)

EXPERIMENTAL STUDIES *in vitro* OF NATURAL MINERAL AND FLUID SYSTEMS UNDER HIGH PRESSURE AND TEMPERATURE FOR THE PREDICTION OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT BEHAVIOUR *in situ* AT INCREASING SCALES OF TECHNOGENESIS

Maghidov S.Kh. (Institute of Geology Daghestan SC RAS)

salavmag@yandex.ru

1. Нарастание темпов и масштабов техногенеза вызывает серьёзные изменения в геосферах, особенно в природных флюидных системах, способствуя проявлению геозоологических катастроф не только регионального, но и глобального уровня.
2. Для обоснованного прогноза поведения верхних слоёв литосферы и оценок геозоологических рисков в ходе интенсификации техногенеза необходимы экспериментальные данные по поведению систем природных минералов с флюидами при высоких значениях *P-T* условий.
3. Экспериментальные исследования упруго-пластических свойств минералов геологической среды при взаимодействии *in vitro* с природными флюидами при высоких значениях *P-T* параметров позволит на основе аналогового моделирования делать более обоснованные прогнозы поведения геосистем *in situ* при различных сценариях техногенного развития.

ОБРАЗОВАНИЕ ДОПЛАНЕТНЫХ ПЫЛЕВЫХ СГУСТКОВ: ВЛИЯНИЕ РАДИАЛЬНОГО ДРЕЙФА ПЫЛЕВОГО ВЕЩЕСТВА И ЕГО СУБЛИМАЦИИ НА ФРОНТЕ ИСПАРЕНИЯ–КОНДЕНСАЦИИ ВОДЯНОГО ЛЬДА В ПЫЛЕВОМ СЛОЕ ПРОТОПЛАНЕТНОГО ДИСКА

Макалкин А.Б., Артюшкова М.Е., Зиглина И.Н. (ИФЗ РАН)

FORMATION OF THE PREPLANETARY DUST CONDENSATIONS: EFFECT OF THE RADIAL DRIFT OF DUST MATERIAL AND ITS SUBLIMATION AT THE WATER ICE EVAPORATION–CONDENSATION FRONT IN THE DUST LAYER OF THE PROTOPLANETARY DISK

Makalkin A.B., Artyushkova M.E., Ziglina I.N. (IFZ RAS)

makalkin@ifz.ru

Исследования проведены при частичной финансовой поддержке программ Президиума РАН № 18, 22.

Рассматривается задача эволюции обогащенного пылевым веществом слоя в средней плоскости газопылевого протопланетного околосолнечного диска и возникновения условий для образования самогравитирующих допланетных пылевых сгустков – предшественников первичных планетезималей. Проведено численное моделирование радиального сжатия пылевого слоя с учетом потери массы пылевого вещества на фронте испарения–конденсации водяного льда, а также аналитические расчеты образования допланетных пылевых сгустков в зонах формирования планет земной группы, Юпитера и Сатурна. Слой сжимается по радиусу в процессе радиального дрейфа пылевых частиц и их сантиметровых–дециметровых агрегатов в направлении Солнца под действием трения о газ. Последний вращается вокруг Солнца с меньшей скоростью, чем пыль, из-за наличия радиального градиента газового давления. При рассмотрении распада пылевого слоя на сгустки учтено влияние регулярных скоростей в пылевой компоненте и газе. Учет этого эффекта привел к появлению в дисперсионном уравнении нового члена, способствующего образованию сгустков.

Показано, что условие непрерывности радиального потока массы приводит к резкому падению поверхностной плотности твердого вещества и резкому росту его радиальной скорости при переходе через фронт испарения льда. Это приводит к тому, что в широкой зоне, прилегающей с внутренней стороны к фронту испарения водяного льда и расположенной между зонами формирования планет земной группы и Юпитера, плотность вещества оказывается слишком малой для образования пылевых сгустков и первичных планетезималей. Полученный результат свидетельствует о существовании препятствия для образования планеты в этой зоне и дает новые аргументы для объяснения отсутствия планеты между Марсом и Юпитером.

**СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ La-СОДЕРЖАЩИХ ЦИРКОНИЙФОСФАТОВ
ЛАНГБЕЙНИТОВОГО ТИПА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Мартынов К.В. (ИФХЭ РАН), Ахмеджанова Г.М., Некрасов А.Н.,
Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

**SYNTHESIS AND STUDYING OF La-CONTAINING LANGBEINITE-TYPE
ZIRCONIUM PHOSPHATES UNDER HYDROTHERMAL CONDITIONS**

**Martynov K.V. (IPCE RAS), Akhmedjanova G.M., Nekrasov A.N.,
Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

mark0s@mail.ru, тел.: 8(495) 335 2030

В гидротермальных условиях при температуре 200°C и автоклавном давлении 1.55 МПа синтезированы цирконийфосфаты структурного типа лангбейнита: $(^{XII}M1)(^{IX}M2)_3\{(^{VI}L1)(^{VI}L2)(^{IV}PO_4)_3\}$, кубическая сингония, пространственная группа $P2_13$, $Z=4$, содержащие щелочные металлы ($Me=Na, K, Cs$) и La в качестве катионов-компенсаторов заряда каркаса. Показано, что при выбранной температуре синтеза La распределялся между каркасными (L) и внекаркасными (M) структурными позициями примерно поровну. Методом катионного обмена определены коэффициенты распределения компонентов между позицией M цирконийфосфатных лангбейнитов и нитратными водными растворами: $K_d = [(X_{ss})^3 \cdot (1 - X_{fl})^3] / [(1 - X_{ss})^3 \cdot X_{fl}]$. В этом выражении молярные доли La в твердой (X_{ss}) и жидкой (X_{fl}) фазах равны $X_{ss/fl} = 3 \cdot [La] / (3 \cdot [La] + [Me])$, где $[La]$ и $[Me]$ – атомные концентрации лантана и щелочного металла в соответствующей фазе. Установлено, что в парах La/Me коэффициенты распределения уменьшаются в ряду $K_{dLa/Na} > K_{dLa/K} > K_{dLa/Cs}$. Для твердого раствора La/Cs предполагается широкая область несмесимости и инверсия межфазового распределения компонентов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИФФУЗИИ Cs^+ В ПОРОВОМ РАСТВОРЕ ГНЕЙСА И ДОЛЕРИТА МЕТОДОМ ОБРАТНОЙ ДИФФУЗИИ

**Мартынов К.В., Захарова Е.В. (ИФХЭ РАН), Ахмеджанова Г.М.,
Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

VALUATION OF Cs^+ DIFFUSIVITIES IN PORE SOLUTION OF GNEISS AND DOLERITE BY OUT-DIFFUSION METHOD

**Martynov K.V., Zakharova E.V. (IPCE RAS), Akhmedjanova G.M.,
Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

mark0s@mail.ru тел.: (495) 335 2030

Поровое пространство образцов гнейса и долерита, изготовленных в форме дисков диаметром 6.3 см и толщиной $l=0.7$ см, было принудительно насыщено 0.01 моль/л раствором CsCl . После этого Cs из образцов выщелачивали в дистиллированной воде в течение 140 суток при комнатной температуре. На первом этапе происходила диффузия Cs^+ из порового раствора при его постоянной максимальной концентрации равной исходной, без участия сорбционных процессов. Это позволило рассчитать эффективные коэффициенты диффузии $D_e^{\text{Cs}^+} = (Q \cdot l/2) / (\Delta C_{n.p.} \cdot \tau)$, где Q – масса Cs , выщелоченного через 1 cm^2 поверхности образца за время τ , $\Delta C_{n.p.}$ – разница исходной и сорбционно-равновесной концентрации Cs^+ в поровом растворе. Значения $D_e^{\text{Cs}^+}$ составили для гнейса – $2.4 \cdot 10^{-8}$, для долерита – $5.2 \cdot 10^{-8} \text{ см}^2/\text{сек}$. На втором этапе происходило изменение максимальной концентрации Cs^+ в поровом растворе от исходной до сорбционно-равновесной. На третьем этапе процесс выщелачивания Cs происходил при постоянной максимальной концентрации Cs^+ в поровом растворе равной сорбционно-равновесной и сопровождался десорбцией с поровой поверхности. С учетом сорбционного эффекта были оценены кажущиеся коэффициенты диффузии $D_a^{\text{Cs}^+} = Q^2 / (C_{ms}^2 \cdot \tau \cdot \pi)$, где C_{ms} – содержание в образцах Cs , сорбированного на поровой поверхности. Оценка дала значения $D_a^{\text{Cs}^+}$ для гнейса – $2.1 \cdot 10^{-10}$, для долерита – $1.0 \cdot 10^{-10} \text{ см}^2/\text{сек}$.

**ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ФОСФАТНОГО РАСПЛАВА НА
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ ЕГО ОТВЕРЖДЕНИЯ**

**Мартынов К.В., Захарова Е.В. (ИФХЭ РАН), Некрасов А.Н.,
Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

**INFLUENCE OF COOLING RATE OF THE PHOSPHATE MELT ON PHASE
COMPOSITION AND PROPERTIES OF ITS SOLIDIFICATION PRODUCTS**

**Martynov K.V., Zakharova E.V. (IPCE RAS), Nekrasov A.N.,
Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

mark0s@mail.ru, тел.: 8(495) 335 2030

Экспериментально доказано, что при медленном охлаждении $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5$ расплава, используемого для отверждения жидких радиоактивных отходов (РАО) в стекло, может образоваться стеклокристаллический продукт. В модельных экспериментах частичная кристаллизация расплава по мере понижения температуры сопровождалась дифференциацией главных стеклообразующих компонентов и имитаторов РАО между сосуществующими фазами: Al, Cr, Fe концентрировались в кристаллической фазе $\text{Na}_7(\text{Al,Cr,Fe})_4(\text{P}_2\text{O}_7)_4\text{PO}_4$; Ca, Ni, La, U накапливались в остаточном расплаве, в результате трансформировавшемся в стекло. Скорость выщелачивания этого стекла, а вместе с ним имитаторов радионуклидов (La, U), на три десятичных порядка превышала ожидаемую, из-за уменьшения содержания в нем Al_2O_3 относительно состава исходного расплава. Для того чтобы избежать проявления негативных эффектов в процессе остывания расплава при остекловывании реальных РАО, предлагаются два альтернативных способа.

**КВАНТОВОХИМИЧЕСКОЕ И АТОМИСТИЧЕСКОЕ ПРЕДСКАЗАНИЕ
ВЫСОКОБАРНЫХ СВЕРХПЛОТНЫХ ФАЗ АЛЮМИНАТА КАЛЬЦИЯ CaAl_2O_4**

Марченко Е.И. (*геол. ф-т МГУ*), **Еремин Н.Н.** (*геол. ф-т МГУ*),
Гречановский А.Е. (*ИГМР им. Н.П. Семеновко НАН Украины*)

**AB-INITIO AND ATOMISTIC PREDICTION OF HIGH-PRESSURE SUPER DENSE
PHASES CaAl_2O_4**

Marchenko E.I. (*geol.dep. MSU*), **Eremin N.N.** (*geol.dep. MSU*),
Grechanovsky A.E. (*IGMR of NAS of Ukraine*)

marchenko-ekaterina@bk.ru, тел.: 8(925) 858 9415

Целью настоящего исследования было компьютерное структурное моделирование полиморфных модификаций алюмината кальция CaAl_2O_4 вплоть до 200 ГПа. Интерес к полиморфным модификациям CaAl_2O_4 обусловлен тем, что они, предположительно, могут образовывать отдельные фазы в условиях мантии Земли. Однако, образование таких фаз возможно лишь в том случае, если они будут обладать очень высокой плотностью; в противном случае атомы кальция и алюминия будут сосредоточены в мантийных силикатных фазах высокого давления (T. Irifune et al, 2007).

Для теоретического моделирования кристаллических структур CaAl_2O_4 , их структурных энергий и упругих свойств использовались как атомистические полуэмпирические расчеты (программный комплекс GULP-3.4.9 (J.D. Gale, 1997)), так и квантовохимический подход (программный пакет *Quantum Espresso* (P. Giannozzi et al, 2009)). Расчеты проводились в диапазоне давлений от 0 до 200 ГПа и температур от 0 до 1500 К. Были рассчитаны кристаллические структуры возможных полиморфных модификаций CaAl_2O_4 при различных давлениях, оценены значения их структурных энергий, плотности, упругих свойств и межатомных расстояний в Al- и Ca-полиэдрах. Дополнительно был проведен расчет энергий полиморфных модификаций простых оксидов состава CaO и Al_2O_3 на предмет проверки термодинамической стабильности (нестабильности) алюмината кальция CaAl_2O_4 в условиях мантии Земли.

Расчеты двумя независимыми методами предсказывают появление новой сверхплотной фазы состава CaAl_2O_4 , однако ее существование в термодинамической обстановке нижней мантии Земли маловероятно.

**МОРФОЛОГИЯ НЕКОТОРЫХ ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ,
СИНТЕЗИРОВАННЫХ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

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

**MORPHOLOGY OF SOME BISMUTHOUS MINERALS SYNTHESIZED IN
HYDROTHERMAL CONDITIONS**

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

marina@iem.ac.ru тел.: 8 (496) 522 5847

Минералы висмута весьма редки в природе. Обычно они рассеяны и встречаются как примеси в различных рудах в виде корочек и тонкозернистых землистых масс (Федоров П.И., 1977). Хорошо образованные кристаллы встречаются чрезвычайно редко. Поэтому морфологические исследования висмутсодержащих минералов гораздо легче проводить на их синтетических аналогах.

Нами были исследованы висмутсодержащие минералы, такие как бисмит (Bi_2O_3), пухерит (BiVO_4), заварицкит (BiOF), шумахерит ($\text{Bi}_3(\text{VO}_4)_2\text{O}(\text{OH})$), полученные в качестве побочных продуктов при гидротермальном синтезе в растворах гидроокиси натрия и фторида аммония кристаллов со структурами силленита ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$) и эвлитина ($\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$).

Бисмит (Bi_2O_3) является наиболее часто сопутствующей фазой при синтезе кристаллов со структурой силленита в растворах NaOH . При отсутствии силленитобразующих добавок наблюдается 100-процентное образование бисмита. Он кристаллизуется в моноклинной сингонии, образуя хорошо сформированные псевдоромбические кристаллы, часто сдвойникованные. Для бисмита характерны тройники, представляющие собой сrostок по $[010]$ трех удлинённых, обычно равновеликих кристаллов, скелетных либо огранённых.

Пухерит (BiVO_4) относится к ромбо-бипирамидальному виду симметрии. Он кристаллизуется в виде красновато-коричневых прозрачных таблитчатых кристалликов. Огранен (001). (111) и (210).

Заварицкит (BiOF) в природе встречается крайне редко, обычно в виде мелкозернистых порошковых скрытокристаллических агрегатов. В наших опытах он был представлен в виде сероватых пластинок тетрагональной формы, иногда образуя сферические агрегаты таких пластинок.

Шумахерит ($\text{Bi}_3(\text{VO}_4)_2\text{O}(\text{OH})$) образует удлинённые в направлении оси $[Y]$ таблитчатые кристаллики желтого цвета, уплощенные по (001).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАРОИТА
С ЛАМПРОФИРОМ**

Медведев В.Я., Иванова Л.А., Марчук М.В., Ушаповская З.Ф. (ИЗК СО РАН)

EXPERIMENTAL STUDY OF CHAROITE–LAMPROPHYRE INTERACTION

Medvedev V.Ya., Ivanova L.A., Marchuk M.V., Ushapovskaya Z.F. (IEC SD RAS)

marin@crust.irk.ru, тел.: 8 (3952) 427 191

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ - Байкал 14-45-04108.

Представлены результаты экспериментального исследования взаимодействия чароитового субстрата с лампрофиром микроклин-арфведсонитового состава в интервале температур 500-800 ° С, давлении 1000 атм при различных флюидных режимах. Анализ особенностей такого взаимодействия в природных и экспериментальных условиях позволяет уточнить P – T условия чароитизации. Минералого-петрографическое изучение чароититов показывает возможность ассимиляции ксенолитов лампрофира в чароитовом субстрате с характерным распределением пироксена и калиевого полевого шпата (Воробьев, 2008). Изучение расплавных и флюидных включений в минералах чароитовых пород, выполненные А.А. Боровиковым (ИГМ СО РАН), свидетельствует в пользу кристаллизации минералов в чароитсодержащих породах из расплав-флюида при температурах около 800 ° С. Экспериментальное изучение взаимодействия чароита с ксенолитами лампрофиров микроклин-арфведсонитового состава в интервале температур 500-800 ° С с добавлением 10 % раствора щелочей (Марчук и др., 2014) по схеме: герметичная платиновая ампула, порошок чароита – лампрофир – раствор, приводит к перекристаллизации чароита с образованием в реакционной зоне волластонита с примесью микроклина, с обособлением щелочных фаз различного состава. Увеличение концентрации $\text{KOH} + \text{NaHCO}_3$ до 50 вес % в растворе не приводит к заметным изменениям ксенолитов. Замена $\text{KOH} + \text{NaHCO}_3$ на $\text{KOH} + \text{NaOH}$ при T 500 ° С и давлении 1000 атм вызывает преобразование лампрофира с появлением натрийсодержащего фторфлогопита, при этом чароит остается устойчивым. При дальнейшем увеличении количества щелочей в эксперименте до 85 вес % отмечается частичная ассимиляция лампрофира. Приводятся составы экспериментально полученных реакционных зон, обсуждаются причины отличия этих зон от наблюдаемых в природных условиях.

АЛУНИТ: РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ, ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ,
ТЕРМИЧЕСКОЕ И ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ

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

ALUNITE: X-RAY, IR-SPECTROSCOPIC, THERMAL AND THERMOCHEMICAL
STUDY

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

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

Исследования проведены на образце природного алунита (с. Заглик, Дашкесан, Азербайджан). По данным рентгеноспектрального анализа («Camebax SX-50», Франция) изученный минерал имеет химическую формулу $K_{0.6}Na_{0.4}Al_3[SO_4]_2(OH)_6$ и является промежуточным членом ряда К-алунит – Na-алунит. Рентгенографическое («STOE-STADI MP», Германия) и ИК-спектроскопическое (Фурье-спектрометр ФСМ-1201, Россия) исследования подтвердили принадлежность изученного минерала к алуниту. Изучение термической устойчивости от комнатной температуры до 1000°C, проведенное на дериватографе «Q-1500 D» (Венгрия), показало, что в интервале 500-650°C ($t_{max}=585^\circ C$) минерал теряет всю конституционную (гидроксильную) воду (12.6%), а при 700°C начинается разложение обезвоженного алунита с выделением триоксида серы. Термохимическое изучение выполнено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве («Setaram», Франция). Методом расплавной калориметрии растворения была определена энтальпия образования изученного алунита из элементов: $\Delta_f H^\circ_{el}(298.15\text{ K}) = -5115.9 \pm 9.4$ кДж/моль.

**ТЕРМИЧЕСКОЕ И ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО
ПОЛИГАЛИТА**

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

THERMAL AND THERMOCHEMICAL STUDY OF NATURAL POLYHALITE

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

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

Изучен образец природного полигалита из месторождения калийных солей (Стебник, Прикарпатье, Зап. Украина). По данным рентгеноспектрального анализа химическая формула изученного минерала имеет вид $K_{1.8}Na_{0.2}Ca_{2.0}Mg_{1.0}(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$. Результаты рентгенографического и ИК-спектроскопического исследований подтвердили мономинеральный характер образца. Термическое поведение минерала изучено в интервале 20–600°C со скоростью нагрева 5°/мин. На кривой ДТА отмечен эндотермический эффект в интервале 250–400°C с двумя максимумами при 280°C и 330°C, связанный с процессом удаления воды из двух кристаллографических позиций (1.2 и 4.8 % соответственно). Термохимическое изучение полигалита выполнено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве. Была измерена энтальпия дегидратации полигалита, равная 63.7 ± 7.2 кДж/моль, что соответствует 31.9 ± 3.6 кДж/моль H_2O . Энтальпия образования из элементов была определена методом расплавной калориметрии растворения в расплаве состава $2PbO \cdot B_2O_3$ при 973 K: $\Delta_f H^\circ_{el}(298.15\text{ K}) = -6115 \pm 15$ кДж/моль.

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ПО СОСТАВУ ФЛЮИДНОЙ ФАЗЫ ЗАКАЛОЧНЫХ СТЕКОЛ ТОЛЕИТОВ ТРОЙНОГО СОЧЛЕНЕНИЯ БУВЕ (ЮЖНАЯ АТЛАНТИКА), ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ СТУПЕНЧАТОГО ДРОБЛЕНИЯ
Мигдисова Н.А., Буйкин А.И., Кузнецова О.В. (ГЕОХИ РАН)

THE FIRST DATA ON FLUID PHASE COMPOSITION IN THOLEIITIC GLASSES FROM BOUVET TRIPLE JUNCTION (SOUTH ATLANTIC) BY STEPWISE CRUSHING

Migdisova N.A., Buikin A.I., Kuznetsova O.V. (GEOKHI RAS)

migdisova@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7017

Работа проведена при частичной поддержке гранта РФФИ №13-05-01009а.

Получены первые данные по составу флюидной фазы закалочных стекол толеитов района тройного сочленения Буве (ТСБ). Изучены закалочные стекла двух станций драгирования, расположенных в разных сегментах тройного сочленения – на хребте Шписс (G96-11/3а) и в долине Африкано-Антарктического хребта (АфАХ, образец S18-37/1). Выбор образцов определялся большим количеством свежего закалочного стекла в драге и их представительностью для указанных сегментов опробования. Выделение газов проводилось методом ступенчатого дробления на оригинальной высоковакуумной установке (Буйкин и др. 2010).

По итогам проведенного исследования можно сделать вывод о существенно углекислом составе флюидов, изливающихся в районе долины АфАХ (соотношение $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O} = 3$), тогда как в районе хр. Шписс флюид представлен в основном водной компонентой (соотношение $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O} = 0.25$). Изотопный состав углерода во фракциях дробления образца S18-37/1 варьирует в пределах $\delta^{13}\text{C} = -3.4 \dots -6.2 \text{ ‰ VPDB}$. Наблюдаемый диапазон значений может быть обусловлен присутствием в стекле микролитов оливина и плагиоклаза (Мигдисова 2012), которые, в свою очередь, также могут содержать флюидные включения CO_2 отличного по изотопному составу от CO_2 расплава. В целом, полученные значения соответствуют данным, полученным ранее для флюидных включений в стеклах MORB (Pineau et al., 2004, Cartigny et al., 2001, Буйкин и др., 2013). В образце G96-11/3а содержание и изотопный состав CO_2 существенно отличаются от таковых в S18-37/1 (0.03 и 0.26 см³/г, соответственно, и $\delta^{13}\text{C} = -8.4 \pm 0.4 \text{ ‰ VPDB}$).

**КИНЕТИКО-ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО
ВЫВЕТРИВАНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ТУФОВ ГАВАЙСКИХ ОСТРОВОВ**

Мироненко М. В., Черкасова Е.В. (ГЕОХИ РАН)

**KINETIC-THERMODYNAMIC MODELING CHEMICAL WEATHERING
BASALTIC TEPHRA OF HAWAII**

Mironenko M.V., Cherkasova E.V. (GEOKHI RAS)

mironenko@geokhi.ru, тел.: 8(499) 137 5040

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 14-05-00128.

Кинетико-термодинамическая модель взаимодействий в системе вода–порода доработана для расчета протекания химических реакций в токе раствора. Проведено моделирование химического выветривания базальтового туфа под действием фильтрующейся вниз дождевой водой. В качестве входных взяты литературные данные по химическому составу и количеству атмосферных осадков, величине внутреннего стока, возрасту, минеральному составу, размеру минеральных зерен и пористости свежих туфов базальтов Гавайских островов, а также по минералогии и мощности коры выветривания. Рассчитано развитие профиля латеритной коры выветривания во времени. Наблюдаемая скорость химического выветривания лучше всего воспроизводится с параметром степени доступности поверхности минеральных зерен раствору, равному 0.01.

**ДЕФОРМАЦИЯ И РАЗРУШЕНИЕ ОБРАЗЦОВ МЕТЕОРИТА ЦАРЕВ ПРИ
ОБЪЕМНОМ СЖАТИИ**

**Никитин С.М. (Лаб.петрологии ООО «ЛС-КАМ»), Скрипник А.Я.
(ГЕОХИ РАН), Горбачев Ф.Ф. (ГИ КНЦ РАН), Асанов В.А., Паньков И.Л.,
Бельтюков Н.Л. (ГИ Уро РАН), Якушов А.С. (МГТУ им. Баумана)**

**DEFORMATION AND DESTRUCTION OF THE TSAREV METEORITE SAMPLES
AT THE VOLUME COMPRESSION**

**Nikitin S.M. (Lab.mechanics of rocks and ores "LC-KAM"), Skripnik A.Ya.
(GEOKHI RAS), Gorbachev F.F. (GI KNC RAS), Asanov V.A., Panykov I.L.,
Belyukov N.L. (MI of the UB RAS), Yakushov A.S. (BMSTU)**

archont@mail.ru, skripnik@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 0205, 8(916) 438 8939

Выполненное на примере метеорита Царев комплексное исследование физико-механических свойств внеземного вещества, направлено на получение новых научных данных о космосе и может быть использовано для обоснования инженерных решений по созданию технических средств освоения внеземных минерально-сырьевых ресурсов.

Работа включает комплекс методов растровой электронной, атомно-силовой и оптической микроскопии, дополненный методами ультразвуковой диагностики (дефектоскоп УД2Н-П, частота 312,5 кГц), при разрушении и деформировании образцов в условиях одноосного сжатия до и после предела прочности. Изучены механизмы разрушения при сжатии образцов правильной формы, размером 25x25x50мм на испытательных машинах ZWICK Z250 и MTS-815 (Rock Mechanik Test Sistem). В условиях неравнокомпонентного нагружения по схеме Кармана, $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$, при боковых нагрузках в диапазоне 0, 5, 15, 25 и 35 мПа, впервые определен полный паспорт прочности и деформации обыкновенного хондрита.

С помощью сканирующего электронного микроскопа выполнена оценка химического состава и распределения микрочастиц хондрита при образовании разных форм структурной нарушенности.

Метрологическая оценка достоверности полученных результатов обоснована сравнительными испытаниями аналогичных образцов земного габбро (Головинское м-ние).

На основе данных акустополарископии на поперечных V_s и продольных волнах V_p выполнена оценка анизотропии динамических упругих параметров (модуля Юнга и коэффициента Пуассона) в зависимости от ориентировки образцов из одной пробы. Делается предположение о закономерности изменчивости физико-механических свойств внеземного вещества с глубиной в верхней части поверхности космических тел.

**ВЫРАЩИВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО Ni-СОДЕРЖАЩЕГО
КВАРЦА И ЕГО МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Никитина В.А. (МГУ), Сеткова Т.В., Балицкая Л.В., Балицкий В.С. (ИЭМ РАН)

**GROWTH OF HIGH TEMPERATURE Ni-CONTAINING QUARTZ AND ITS
MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS**

Nikitina V.A. (MSU), Setkova T.V., Balitskaya L.V., Balitsky V.S. (IEM RAS)

vladnika94@gmail.com Тел.: 8(496) 522 5847

Кристаллы высокотемпературного Ni-содержащего кварца выращивались при температурах от 600 до 900°C и давлениях от 20 до 500 МПа (Балицкий и др., 1998). Опыты проводились в условиях прямого температурного градиента в жаропрочных автоклавах и гидротермальных и газовых установках высокого давления. В качестве растворителей использовали чистую воду и водные растворы электролитов (NaOH, KOH, NaCl, NH₄F, HF и др.), позволяющих варьировать pH от 1 до 12. Затравкой и шихтой служили монокристаллические кварцевые стержни ZY- и ZX ориентаций длиной от 10 до 15 см и с прямоугольным сечением. Перфорированная диафрагма, отделяющая нижнюю (более высокотемпературную) и верхнюю зоны, в автоклаве отсутствовала. Это позволяло выращивать кварц необычной клиновидной формы, позволяющей оценивать направление переноса кремнезема и кинетику растворения и роста различных граней кристаллов. Выращенные кристаллы Ni-содержащего кварца представляют собой параморфозы α -кварца по β -кварцу. Присутствие в нем никеля устанавливается по розовато-сиреневой окраске, оптическим спектрам поглощения, характерным для Ni⁺², и повышенному содержанию никеля. Морфология выращенного кварца характеризуется гексагональной симметрией и устойчивыми гранями гексагональной призмы и дипирамиды.

**КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИИ ОБРАЗОВАНИЯ
ПРИРОДНОГО НАТРОЯРОЗИТА**

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

**CALORIMETRIC DETERMINATION OF THE ENTHALPY OF FORMATION OF
NATURAL NATROJAROSITE**

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

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

Натроярозит $\text{NaFe}_3[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$, основной сульфат натрия и трехвалентного железа, широко распространен в зоне окисления железосульфидных рудных месторождений. Изучен образец природного ярозита из Блявинского месторождения (Оренбургская область, Южный Урал, Россия). По данным рентгенографического изучения и ИК-спектроскопии образец диагностирован как натроярозит. Химическая формула, рассчитанная по данным рентгеноспектрального анализа на 10 зарядов, имеет вид $\text{Na}_{1.04}\text{K}_{0.03}\text{Fe}_{2.98}[\text{SO}_4]_{2.00}(\text{OH})_{6.01}$ и близка к теоретической. Термический и термогравиметрический анализы показали, что удаление конституционной воды (~11.0%) происходит в интервале 300-550°C ($t_{\text{max}}=450^\circ\text{C}$), выше 600°C происходит полное разрушение структуры с выделением триоксида серы. Калориметрическое изучение натроярозита проведено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве. Определена энтальпия образования из элементов изученного натроярозита методом калориметрии растворения в расплаве состава $2\text{PbO}\cdot\text{B}_2\text{O}_3$ при 973 К: $\Delta_f H^\circ_{\text{el}}(298.15 \text{ K}) = -3741.3 \pm 9.2 \text{ кДж/моль}$.

**ЭНТАЛЬПИИ ДЕГИДРАТАЦИИ И ОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ВОДНОГО
СУЛЬФАТА МЕДИ – ХАЛЬКАНТИТА**

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

**ENTHALPIES OF DEHYDRATION AND FORMATION OF NATURAL HYDROUS
COPPER SULFATE – CHALCANTHITE**

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

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

Изучен образец природного халькантита из зоны окисления сульфидных руд (Лаврион, Греция). По данным рентгеноспектрального анализа химическая формула соответствует теоретической $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Рентгенографическое изучение показало мономинеральный характер образца. Спектр ИК-поглощения подтвердил минеральную чистоту фазы и аналогичен приведенному в (Чуканов, 2014). Термическое поведение халькантита в интервале 20-500°C демонстрирует три эндотермических эффекта, связанных с тремя этапами удаления воды: при температурах 60–100°C происходит потеря 14.4 % (около 2-х молекул воды), при 100–150°C удаляется еще 14.8% (около 2-х молекул H_2O), и оставшаяся вода (8.4%) уходит от 200 до 300°C. На высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве был изучен процесс дегидратации халькантита и измерена энтальпия полного удаления воды: 80.0 ± 2.2 кДж/моль, что соответствует 16.0 ± 0.4 кДж/моль H_2O . Энтальпия образования из элементов была определена методом расплавной калориметрии растворения в расплаве состава $2\text{PbO} \cdot \text{V}_2\text{O}_3$ при 973 K: $\Delta_f H^\circ_{\text{el}}(298.15 \text{ K}) = -2273.0 \pm 9.0$ кДж/моль.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ФОТОДЕСТРУКЦИИ ОРГАНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В
ПРИРОДНЫХ ВОДАХ**

Олейникова О.В., Дроздова О.Ю., Лапицкий С.А., Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ)

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE PROCESSES OF PHOTODEGRADATION OF
ORGANOMETALLIC COMPOUNDS IN NATURAL WATERS**

Oleinikova O.V., Drozdova O.Yu., Lapitskiy S.A., Bychkov A.Yu. (geol.dep. MSU)

drozdova_olga@yahoo.fr, тел.: 8(495) 939 2961

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 14-05-00430 _а, 15-05-05000 _а.

Для изучения воздействия солнечного света на изменение растворенного органического вещества (РОВ) и форм металлов в поверхностных водах проводилось исследование процесса фотодеструкции органо-металлических комплексов в натурных условиях. Эксперименты проводились с пробами почвенных и болотных вод, вод ручьев и озера. Было показано, что под действием солнечной инсоляции происходит изменение состава и характеристик РОВ. В исследованных пробах после облучения увеличилось содержание анионов низкомолекулярных органических кислот, таких как уксусной, муравьиной, щавелевой, янтарной и лимонной, которые, как известно, являются продуктами фотодеструкции органических веществ (Corin et al., 1996). По полученным данным были рассчитаны константы скоростей процессов фотодеструкции РОВ различных природных вод. Показано, что наибольшие скорости разрушения органических соединений характерны для почвенных вод, в то время как наименьшие – для вод ручьев и озера.

Так же было установлено, что при облучении проб почвенных и поверхностных вод происходит изменение форм нахождения металлов, увеличивается количество их отрицательно заряженных комплексов. Это, возможно, связано с тем, что в ходе инсоляции происходит разрушение высокомолекулярных органо-металлических соединений и образующиеся свободные низкомолекулярные органические лиганды могут комплексовать ионы металлов, находящихся в растворе.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗИСТОСТИ СФАЛЕРИТА МЕТОДОМ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

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

DETERMINATION OF THE Fe-CONTENT OF SPHALERITE BY MEANS OF RAMAN SPECTROSCOPY

Osadchii V.O. (Faculty of Geology, MSU), Osadchii E.G. (IEM RAS)

909404@gmail.com, тел.: 8 (49652) 444 17

Работа поддержана грантом РФФИ № 13-05-00405. Работа выполнена с использованием оборудования, приобретенного за счет средств Программы развития Московского университета.

Сфалерит (ZnS) – основной минерал цинка, в природе чаще всего встречается в виде твердого раствора замещения ZnS–FeS (до 56 мол%). Недавние исследования синтетических (Osadchii, Gorbaty, 2010) и природных (Hope, Woods, Munce, 2001; Kharbish, 2007) сфалеритов методом КР-спектроскопии показали, что пики (350 см^{-1}) и (300 см^{-1}) связаны с наличием связей Zn–S и Fe–S, а отношение площадей этих пиков (параметр R) может быть использовано для определения количества FeS в сфалерите. Кроме того, в работе (Osadchii, Gorbaty, 2010) было показано, что зависимость R – состав описывается двумя линиями с изломом в районе 20–25 мол% FeS. На основании этого авторы предположили наличие фазового перехода 2 рода и/или явления перколяции в структуре твердого раствора. Эти исследования проведены на синтетических микрокристаллических (порошковых) образцах. Успешный синтез монокристаллов сфалерита методами газового транспорта и в расплавах солей позволил нам провести детальное исследование КР-спектров твердого раствора ZnS–FeS на крупнокристаллических синтетических образцах. Для образцов, содержащих менее 25 мол% FeS, наблюдается линейный рост параметра R. При содержаниях FeS свыше 25 мол% пик 350 см^{-1} становится неразличим, что делает невозможным получение параметра R для этих составов. Таким образом, использование КР спектроскопии для определения количества FeS в сфалерите возможно при содержаниях менее 25 мол% FeS. Зависимость R – состав не имеет изломов, что в совокупности с неопределенностью параметра R выше 25% делает маловероятным существование фазового перехода второго рода и явления перколяции в структуре твердого раствора сфалерита. По результатам XRF, все образцы гомогенны по содержанию железа. Однако для образцов, синтезированных в расплавах солей, наблюдается значительная дисперсия параметра R. Зона возбуждения XRF-зонда на порядок превосходит зону возбуждения при Рамановских исследованиях, и поэтому не может отражать наличие негомогенности на микроуровне, видимой на КР спектрах.

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРА РЕШЕТКИ СФАЛЕРИТА ZnS–FeS
ОТ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА**

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

**THE DEPENDENCE OF THE LATTICE PARAMETER OF SPHALERITE ZnS–FeS
ON THE COMPOSITION AND TEMPERATURE OF SYNTHESIS**

Osadchii V.O. (Geol.Dep. MSU), Chareev D.A. (IEM RAS), Koshelev A.V. (Phys. Dep., MSU), Osadchii E.G. (IEM RAS)

909404@gmail.com, тел.: 8(49652) 444 17

Работа поддержана грантом РФФИ № 13-05-00405

Изучению свойств твердого раствора сфалерита ZnS–FeS, в том числе аномальных, посвящено множество работ (Lepetit и др., 2003; Balabin, Sack, 2000; Benedetto и др., 2005). При исследовании синтетических и природных образцов сфалерита были получены противоречивые данные. Так, до сих пор остается неясным характер зависимости параметра решетки от содержания FeS, а также влияние температуры синтеза твердого раствора на параметр решетки при постоянстве состава (Barton, Toulmin, 1966). Отсутствие ответа связано с неимением качественных синтетических образцов сфалерита, в том числе с высоким содержанием железа. Ранее мы успешно применили метод газового транспорта для синтеза при 850С кристаллов сфалерита, содержащих до 22.5 мол% FeS (Осадчий и др., 2013). Теперь нам удалось получить 2 серии кристаллов сфалерита при температуре 850 и 700С, содержащих от 5 до 50 мол% FeS с шагом 5%, используя метод синтеза в расплавах солей NaCl/KCl (850С) и CsCl/NaCl/KCl (700С). В качестве шихты использовалась смесь ZnS и FeS. Для синтеза сфалерита, насыщенного FeS, в систему добавлялся избыток FeS/Fe. Результаты рентгенофазового и микронзондового анализа показали, что при исходном составе шихты до 40 мол% FeS результатом синтеза являлся твердый раствор сфалерита. При исходном составе шихты свыше 40 мол% FeS помимо сфалерита появлялся пирротин, занижая на несколько процентов количество FeS в сфалерите. Прецизионная съемка рефлекса (531) позволила рассчитать параметр решетки полученных кристаллов и сделать следующие выводы: во-первых, зависимость параметр решетки – состав является плавной и хорошо описывается уравнением второго порядка, во-вторых, температура синтеза не влияет на параметр решетки сфалеритов. Влияние температуры синтеза на параметр решетки сфалерита, отмеченное Бартоном и Тулминым (Barton, Toulmin, 1966), вероятно связано с использованием газового буфера Fe/FeS в опытах. Скорее всего, происходил перенос вещества между буфером и сфалеритом, в результате чего состав сфалерита изменялся. Температура контролировала лишь интенсивность переноса в газовой фазе, а, следовательно, и степень изменения состава сфалерита.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ВЯЗКОСТЬ МОДЕЛЬНЫХ
КИМБЕРЛИТОВЫХ И БАЗАЛЬТОВЫХ РАСПЛАВОВ (экспериментально-
теоретические исследования)

**Персиков Э.С., Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН), Сокол А.Г.,
Пальянов Ю.Н. (ИГМ СО РАН)**

DEPENDENCE OF THE VISCOSITY OF MODEL KIMBERLITE AND BASALTIC
MELTS ON HIGH PRESSURES (experimental-theoretical study)

**Persikov E.S., Bukhtiyarov P.G. (IEM RAS), Sokol A.G.,
Palyanov Yu.N. (IGM SB RAS)**

persikov@iem.ac.ru, тел. 8 (906) 768 8968

*Работа выполнена при поддержке РФФИ - грант 15-05-01318) и частично гранта
Российского научного фонда (проект 14-27-00054).*

Впервые получены экспериментальные данные по барической зависимости вязкости модельных кимберлитовых расплавов (система – силикат 82 + карбонат 18 мас.%, степень деполимеризации – $100\text{NBO}/T = 313$) при давлениях Ar и CO₂ до 100 МПа и при литостатических давлениях до 7.5 ГПа. Новые экспериментальные данные по вязкости модельных кимберлитовых расплавов получены методом падающего шарика с использованием уникальных установок высокого давления: 1. радиационный вискозиметр высокого газового давления; 2. много-пуансоновый аппарат сверх высокого давления типа разрезная сфера “БАРС”. Установлено, что вязкость модельных кимберлитовых расплавов экспоненциально растет в изотермических условиях ($T = 1800\text{ }^{\circ}\text{C}$) на примерно один порядок величины с ростом давления от 100 МПа до 7.5 ГПа. Полученные экспериментальные данные по барической зависимости вязкости кимберлитовых расплавов (погрешность ± 30 отн. %) сравнены с подобными зависимостями вязкости базальтовых расплавов (степень деполимеризации $100\text{NBO}/T = 58$), которые получены практически с экспериментальной погрешностью, с использованием усовершенствованной физико-химической модели прогноза вязкости магматических расплавов (Persikov and Bukhtiyarov, 2009). Показано впервые, что вязкость кимберлитовых расплавов при умеренном давлении ($P = 100\text{ МПа}$) на более чем один порядок величины меньше вязкости базальтовых расплавов при соизмеримых значениях температуры, а при высоком давлении ($P = 5.5\text{ ГПа}$), напротив, больше вязкости базальтовых расплавов на примерно 0.5 порядка величины.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ МОДЕЛЬНЫХ
КИМБЕРЛИТОВЫХ И БАЗАЛЬТОВЫХ РАСПЛАВОВ ПРИ ВЫСОКИХ
ДАВЛЕНИЯХ (Экспериментально-теоретические исследования)

**Персиков Э.С., Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН), Сокол А.Г.,
Пальянов Ю.Н. (ИГМ СО РАН)**

TEMPERATURE DEPENDENCE THE VISCOSITY OF MODEL KIMBERLITE
AND BASALTIC MELTS AT HIGH PRESSURES (Experimental-theoretical study)

**Persikov E.S., Bukhtiyarov P.G. (IEM RAS), Sokol A.G.,
Palyanov Yu.N. (IGM SB RAS)**

persikov@iem.ac.ru, тел.: 8 (906) 768 8968

*Работа выполнена при поддержке РФФИ - грант 15-05-01318) и частично гранта
Российского научного фонда (проект 14-27-00054).*

Впервые получены экспериментальные данные по температурным зависимостям вязкости модельных кимберлитовых расплавов (система – силикат 82 + карбонат 18 мас.%, степень деполимеризации – $100\text{NBO}/T = 313$) при давлениях Ag и CO_2 до 100 МПа и при литостатических давлениях до 5.5 ГПа в температурном диапазоне 1500–2150 К. Новые экспериментальные данные по вязкости кимберлитовых расплавов получены методом падающего шарика с использованием уникальных установок высокого давления: 1. радиационный вискозиметр высокого газового давления; 2. многопуансоновый аппарат сверх высокого давления типа разрезная сфера “БАРС”. Установлено, что зависимость вязкости таких расплавов от температуры соответствует экспоненциальному уравнению Аррениуса–Френкеля–Эйринга в исследованном диапазоне температур и давлений. Впервые получены корректные значения энергий активации вязкого течения этих расплавов. Полученные экспериментальные данные по температурной зависимости вязкости кимберлитовых (погрешность ± 30 отн. %) расплавов сравнены с подобными зависимостями вязкости базальтовых расплавов (степень деполимеризации $100\text{NBO}/T = 58$), которые получены практически с экспериментальной погрешностью, с использованием усовершенствованной физико-химической модели прогноза вязкости магматических расплавов (Persikov and Bukhtiyarov, 2009).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОЦКИТА И ВАСИЛИТА

**Полотнянко Н.А. (Государственный ун-т «Дубна»), Тюрин А.В. (ИОНХ РАН),
Криставчук А.В. (Государственный ун-т «Дубна», ИЭМ РАН), Чареев Д.А.
(ИЭМ РАН), Гавричев К.С. (ИОНХ РАН)**

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF VYSOTSKITE AND VASILITE

**Polotnyanko N.A. (Dubna Univ.), Tyurin A.V. (IGIC RAS), Kristavchuk A.V.
(Dubna Univ., IEM RAS), Chareev D.A. (IEM RAS), Gavrichev K.S. (IGIC RAS)**

polot.nat@gmail.com, тел.: 8(496) 216 6072

Нахождение достоверных термодинамических функций для висоцкита $\text{PdS}(\kappa)$ и василита $\text{Pd}_{16}\text{S}_7(\kappa)$ представляется важной задачей, поскольку в литературе отсутствуют надежные данные о термодинамических свойствах для сульфидов палладия.

Образцы синтезированы из элементов, взятых в стехиометрических соотношениях, в ампулах из кварцевого стекла при температуре 400- 550°C в течение 20-30 дней с одним промежуточным перетиранием. Фазовая чистота доказана методом рентгенофазового анализа.

В работе приведены результаты измерений низкотемпературной теплоемкости сульфидов палладия методом адиабатической калориметрии, в интервале температур от $T \rightarrow 0$ К до 350 К для обеих фаз рассчитаны стандартные термодинамические функции теплоемкость C_p° , энтропия S° , изменение энтальпии $H^\circ(298.15) - H^\circ(0)$ и приведенная энергия Гиббса Φ° .

**УГЛЕРОД В ИЗМЕНЕННЫХ БАЗАЛЬТАХ ОКЕАНИЧЕСКОЙ КОРЫ:
ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ**

Поляков В.Б. (ИЭМ РАН), Шиловреева С.Н. (ГЕОХИ РАН)

**CARBON IN IN ALTERED OCEANIC CRUST BASALTS: ISOTOPIC
COMPOSITION AND MECHANISMS OF FORMATION**

Polyakov V.B. (IEM RAS), Shilobreeva S.N. (GEOKHI RAS)

polyakov@iem.ac.ru, тел.: 8(499) 161 4646, 8(916) 384 2100

Содержание и потоки углерода, а также механизмы формирования его изотопного состава при образовании океанической коры имеют ключевое значение для понимания и количественной оценки цикла углерода. В данной работе мы изучали образцы пород (но не жил) измененной океанической коры в скважине ODP 801C, расположенной в бассейне Pigafetta в западной части Тихого океана в зоне быстрого спрединга (возраст ~ 170 Ma). Мы применили новую схему исследования образцов с использованием обработки образцов соляной и фосфорной кислотами. Предложенная схема позволила проводить измерения содержания и изотопного состава как общего углерода в образце, так и его окисленных и восстановленных компонент. Получены следующие результаты:

1. В верхней части скважины 801C, сложенной щелочными базальтами, содержание и изотопный состав ($\delta^{13}\text{C} = -1...+3\text{‰}$) окисленного углерода определяется инфильтрацией морских карбонатов.
2. Окисленный углерод в толеитовых базальтах в нижней части скважины 801C ($\delta^{13}\text{C} = -12...-6\text{‰}$) представляет собой углерод, первоначально растворённый базальтовых стёклах. Сигнал магматического углерода впервые обнаружен в образцах изменённой океанической коры.
3. Изотопный состав ($\delta^{13}\text{C} = -28...-22\text{‰}$) и содержание восстановленного углерода варьируют в узком интервале по разрезу скважины и не обнаруживает закономерных изменений с глубиной.
4. Предложен механизм формирования восстановленного углерода (графита) в ходе реакции Белла-Будуара $2\text{CO} = \text{C} + \text{CO}_2$, протекающей на новообразованной поверхности при контакте с пузырьками газа. Изотопный состав графита контролируется равновесием $\text{CO}_2\text{--CO}$.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФИЦИЕНТОВ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАНТАНОИДОВ В СИСТЕМЕ ШЕЕЛИТ-ФЛЮИД**

**Попова Ю.А., Бычков А.Ю., Матвеева С.С. (геол. ф-т МГУ),
Бычкова Я.В. (ИГЕМ РАН)**

**LANTHANIDES PARTITION COEFFICIENTS IN THE SYSTEM SHEELITE-
FLUID: EXPERIMENTAL STUDY**

**Popova Y.A., Bychkov A.Yu., Matveeva S.S. (geol.dep. MSU),
Bychkova Ya.V. (IGEM RAS)**

julka_p@rambler.ru, тел.: 8(495) 939 1239

Проект РФФИ 13-05-00954, 15-05-05501.

Коэффициенты распределения лантаноидов между шеелитом и водным раствором были исследованы при температуре 350°C и при давлении насыщенного пара воды. Для этого задавалось равновесие природного шеелита с раствором 0.01M HCl + 0.1 NaCl. Подход к равновесию осуществлялся снизу и сверху. При подходе к равновесию снизу исходный раствор не содержал лантаноидов, растворение шеелита приводило к переходу в раствор РЗЭ из природного минерала. При подходе к равновесию сверху исходный раствор содержал 100 мкг/кг всех РЗЭ, в ходе опыта концентрация снижалась. Продолжительность опытов была установлена кинетической серией при подходе к равновесию сверху и составила 10 суток. Результаты исследования позволили установить коэффициенты распределения ряда лантаноидов для системы шеелит–флюид для условий эксперимента, которые оказались близки к литературным данным (Raimbault, 1985). Использование коэффициентов распределения лантаноидов между гидротермальными минералами и раствором значительно увеличит возможности использования РЗЭ как геохимических индикаторов условий образования шеелита совместно с другими минералами, поскольку появляется возможность оперировать сравнимыми величинами – спектрами лантаноидов минералообразующих растворов.

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА
ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ**

**Разворотнева Л.И., Владимиров А.Г., Маркович Т.И., Гилинская Л.Г.,
Григорьева Т.Н. (ИГМ СО РАН)**

**CHANGING THE SORPTION PROPERTIES OF CLAY MINERALS WITH
MECHANICAL ACTIVATION**

**Razvorotneva L.I., Vladimirov A.G., Markovich T.I. Gilinskaya L.G., Grigoryeva
T.N. (IGM SB RAS)**

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

При поддержке междисциплинарного интеграционного проекта № 110.

Изучено влияние механической активации на сорбционную способность слоистых силикатов (на примере каолинитов, монтмориллонитов Сибирских месторождений) в отношении урана. Показано, что при механическом воздействии происходит не только возрастание удельной поверхности минералов, но и преобразования кристаллической структуры, которые приводят к резкому изменению их поверхностных свойств. Механическую активацию проводили в центробежных планетарных мельницах ЭИ 2*150 в барабанах из нефрита с нефритовыми шарами в течение 5, 10, 20 и 30 минут. Согласно данным рентгеноструктурного анализа в результате механического воздействия в течение 10 минут в глинах образуются мезо- и микродефекты, что приводит к захвату внедряемых ионов уранила. Число таких нарушений увеличивается с уменьшением размеров частиц. Методом ЭПР зарегистрировано образование парамагнитных центров типа $O^{\cdot -}$, $O_2^{3\cdot -}$, OH^0 , $Si-O^{\cdot -}$ и существенное увеличение их количества. При отжиге парамагнитных центров (при 100-650°C) сорбционная емкость глин падает на 30–50 %, что свидетельствует о том, что поглощающая активность глин связана не только с обменными ионными процессами, но и с ненасыщенными валентными состояниями на поверхности.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ ЩЕЛОЧНЫМ
ФОСФАТНО-КАРБОНАТНЫМ РАСПЛАВОМ И КРИСТАЛЛИЗУЮЩИМИСЯ
МИНЕРАЛАМИ

Расс И.Т. (ИГЕМ РАН), Шмулович К.И. (ИЭМ РАН)

PARTITIONING OF TRACE ELEMENTS BETWEEN ALKALINE CARBONATE-
PHOSPHATE MELT AND CRYSTALLISING MINERALS

Rass I.T. (IGEM RAS), Shmulovich K.I. (IEM RAS)

rass@igem.ru, тел.: 8(965) 363 5139

грант РФФИ №13-05-00454.

Для изучения распределения Ti, Zr, Nb, Y, REE между щелочным карбонатно-фосфатным расплавом и кристаллизующимися минералами было проведено 8 опытов при 500 МПа по схеме: а) плавление при 1200°C; 3 часа б) частичная кристаллизация при 800°C, в течение 4 суток; в) закалка 15 мин до комнатной температуры. Платиновые ампулы размером 20×3×0.1 мм заполнялись исходной смесью, состоявшей из природных минералов - апатита и нефелина и реактивов – CaCO₃, Na₂CO₃, CaF₂ и щавелевой кислоты (2 мг). Во все ампулы добавлялось 5 мг воды и 3-4мг смеси окислов редких элементов. После опытов содержимое ампул исследовалось энергодисперсионным и волновым микрозондом. Крупинки из ампул с исходными безнефелиновыми смесями представляют собой агрегаты кальцита и закаленного расплава, состоящего из апатита, щелочного карбоната Na₂Ca(CO₃)₂ и соды; имеются очень мелкие фазы (<5мкр) – минералы редких элементов (бадделейт, пироксенол и цирконит). Апатит представлен, по меньшей мере, двумя генерациями: в какой-то мере реликтовым, не полностью расплавленным, и второй – сильно изменившим свой состав по сравнению с исходным и содержащим повышенные концентрации SiO₂, Na₂O, F, Sm₂O₃ (до 0.37 мас.%) и La₂O₃ (до 0.32 мас.%), Фазы из нефелинсодержащих смесей представлены нефелином, содержащим до 0.38 мас.% TiO₂, канкринитом, апатитом, кальцитом, мелкими перовскитом, луешитом и титанитом, содержащим >6 мас.% Nb₂O₅ >4 мас.% ZrO₂ и 0.27 мас.% Yb₂O₃. Апатит, судя по составу, весь кристаллизовался из расплава, и содержит Sm₂O₃ (до 0.67 мас.%), La₂O₃ (до 0.43 мас.%), Y₂O₃(до 0.27 мас.%). Щелочной карбонат образовывался только из тех исходных нефелинсодержащих смесей, в которые была добавлена сода; флюорит – только из смеси с флюоритом.

ЖИДКОСТНАЯ НЕСМЕСИМОСТЬ И ГИДРОЛИЗ ФТОРИДА НАТРИЯ В СИСТЕМЕ $\text{NaF-H}_2\text{O}$ ПРИ 800°C , 200 МПа

Редькин А.Ф. (ИЭМ РАН)

LIQUID IMMISCIBILITY AND HYDROLYSIS OF SODIUM FLUORIDE IN THE SYSTEM $\text{NaF-H}_2\text{O}$ AT 800°C , 200 MPa

Redkin A.F. (IEM RAS)

redkin@iem.ac.ru, тел.: 8 (496) 522 5844

РФФИ 14-05-00145-а и программа ОНЗ РАН № 2.

Методом растворимости микролита установлены составы сосуществующих жидких фаз L_1 (флюид умеренной плотности) и L_2 (плотный флюид) в области несмесиемости водно-солевой системы Р-Q типа. Показано, что расслоение гомогенного раствора фторида натрия на две несмешивающиеся жидкости приводит к обогащению L_1 фазы HF и, соответственно, накоплению NaOH в L_2 фазе.

ТЕПЛОВАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ЯДРА КОМЕТЫ 67P ЧУРЮМОВА–ГЕРАСИМЕНКО
Русол А.В., Дорофеева В.А. (*ГЕОХИ РАН*)

THERMAL EVOLUTION OF THE NUCLEUS OF COMET 67P
CHURYUMOV–GERASIMENKO
Rusol A.V., Dorofeeva V.A. (*GEOKHI RAS*)

fermata@inbox.ru

Работа частично поддержана Грантом РФФИ № 14-02-00319.

Одним из важнейших источников информации о первоначальном составе газовой компоненты небулы являются кометы. С начала августа 2014 г. и по настоящее время с помощью КА Rosetta проводится систематическое изучение кометы Чурюмова–Герасименко, принадлежащей семейству комет Юпитера. В числе прочих экспериментов впервые проводится мониторинг изменения состава газовых потоков, исходящих с поверхности кометы, начиная с момента, когда она находилась на расстоянии от Солнца $\approx 3\text{--}2.5$ а.е., и до настоящего времени, по мере приближения кометы к перигелию (1.29 а.е.). Цель данной работы, используя уникальные данные КА Rosetta, а также тот факт, что до 1959 г. ее перигелий находился на $r \approx 2.7$ а.е. от Солнца оценить начальный состав летучих кометы.

С этой целью была построена математическая модель тепловой эволюции ядра кометы 67P, учитывающая наблюдательные данные о массе, объеме и предполагаемом составе вещества ядра. Предложен алгоритм, позволяющий получить оценки температуры поверхности ядра на любом участке орбиты. Дана постановка и получено численное решение задачи о тепловой эволюции внутренних областей ядра кометы 67P. Ввиду отсутствия достаточно четкой информации о предшествующей истории кометы 67P, рассмотрены несколько вариантов начального распределения температур во внутренних областях ядра. Полученные результаты показывают, что для «горячих» моделей с начальным распределением температур более 100 К характерна тепловая инерция, т.е. в афелии температура поверхности ниже температуры более глубоких слоев ядра.

**ИНВЕРСИЯ ЛЕТУЧЕСТИ SiO_2 И MgO ПРИ ИСПАРЕНИИ РАСПЛАВОВ
СИСТЕМЫ $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$**

Рязанцев К.М. (ГЕОХИ РАН, ИКИ РАН)

FUGACITY INVERSION OF SiO_2 AND MgO AT MELT EVAPORATION OF $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ SYSTEM

Ryazantsev K.M. (GEOKHI RAS, IKI RAS)

ryazan-konst@rambler.ru, тел.: 8(495) 939 7003

Испарение соединений и расплавов системы $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (CMAS) изучалось неоднократно. Повышенный интерес к данной системе связан с наличием в хондритовых метеоритах тугоплавких кальций-алюминиевых включений (CAIs), валовые составы которых преимущественно соответствуют CMAS.

Экспериментальные исследования системы CMAS показывают следующую последовательность испарения компонентов: $(\text{SiO}_2, \text{MgO}) \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$. Оксиды кремния и магния, как правило, ведут себя при испарении одинаково. Однако, в ряде случаев наблюдалось, что SiO_2 испаряется как раньше, так и позже MgO .

Нами были проведены эксперименты и расчёты по испарению системы CMAS при разных изначальных составах. Установлено, что в системе действительно может происходить смена последовательности испарения оксидов кремния и магния. Установлена зависимость испарения этих компонентов от содержания в системе CaO и Al_2O_3 . В более глинозёмистых составах раньше испаряется оксид кремния, а в более кальциевых – оксид магния. Наблюдаемое фракционирование может играть важную роль в формировании валового состава некоторых типов тугоплавких включений. Так в литературе есть описания CAIs, которые лишены либо магния (ассоциация геленит–гроссит–дмитрийивановит), либо кремния (ассоциация шпинель–гибонит–гроссит).

**ДВУХАМПУЛЬНАЯ МЕТОДИКА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА ПЛАВЛЕНИЯ
С ФЛЮИДНЫМ ПЕРЕНОСОМ**

Салова Т.П., Симакин А.Г. (ИЭМ РАН)

**TWO-CAPSULES TECHNIQUE IN THE STUDY OF THE FLUID MEDIATED
MELTING**

Salova T.P., Simakin A.G. (IEM RAS)

salova@iem.ac.ru

Работа поддержана грантом РФФИ №13-05-00397а.

Двухампульную методику принято использовать для буферирования летучести кислорода в опытах на установках высокого газового давления с аргоном. Мы использовали эту методику для генерации сухого восстановленного флюида состава $\text{CO}_2\text{--CO}$ при разложении природного сидерита в опытах с базальтовым расплавом при $P = 2\text{--}5$ кбар и $T = 1000^\circ\text{C}$. Углекислый флюид выносит из расплава базальта, находящегося в основной ампуле, глинозем, щелочи, кремнезем. В результате взаимодействия с флюидом в оксидной матрице (MgO и Fe_3O_4), образующейся в малой ампуле при разложении карбонатов, в ходе опыта формируется ультраосновной агрегат из оливина и шпинели с расплавом. Расплав начинает формироваться вокруг единичных зерен кварца, содержащегося в природном сидеритовом агрегате, использовавшемся в опытах. Анализы исходных веществ и продуктов опытов методами SIMS и ICP-MS свидетельствуют о преимущественном переносе K_2O , Rb_2O , LREE в образующийся расплав. Значение коэффициента разделения $(\text{K/Na})_{\text{матр.}}/(\text{K/Na})_{\text{источ.}}$ находится в пределах 25-28, сохраняя свое значение в опытах с базальтовым и альбитовым расплавами в качестве источника.

**РЕАКЦИИ ОРТОПИРОКСЕН–КОРДИЕРИТ–БИОТИТОВОГО МЕТАПЕЛИТА С
ФЛЮИДОМ $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ ПРИ 6 КБАР****Сафонов О.Г., Косова С.А. (ИЭМ РАН)****REACTIONS OF ORTHOPYROXENE–CORDIERITE–BIOTITE METAPELITE
WITH THE $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ FLUID AT 6 KBAR****Safonov O.G., Kosova S.A. (IEM RAS)**oleg@iem.ac.ru тел: (496)522-58-51*Поддержка: РФФИ (13-05-00353, 14-05-31243-мол_а), РНФ (14-17-00581).*

С целью моделирования реакций высокоглиноземистых пород с водно-углекисло-солевыми флюидами в условиях гранулитовой фации метаморфизма проведены эксперименты по взаимодействию ортопироксен–кордиерит–биотитового метапелита (комплекс Лимпопо, ЮАР) при 850 °С и 6 кбар с флюидами $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$, содержащими 0.3-2.5 мол. % NaCl. Изучение образцов метапелитов после опытов показало неравномерное распределение продуктов реакций. В контактах с плагиоклазом биотит инконгруэнтно плавится с образованием ортопироксена, паргасит-эденитового амфибола и ильменита. При содержании NaCl в стартовом флюиде более 1 мол. % в этой микроассоциации появляется нехарактерный для метапелитовых ассоциаций клинопироксен. По первичному глиноземистому ортопироксену образуются каймы с более высокой магнезиальностью и с низким содержанием Al_2O_3 . Кордиерит замещается ассоциацией Na-биотита – твердого раствора на основе аспидолита $\text{NaMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, шпинели, альбита, а в контактах ортопироксена и кордиерита возникают каймы жедрита, содержащего до 3.5 мас.% Na_2O . Взаимодействие метапелита с флюидом $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ сопровождается образованием гранитных расплавов известкового и известково-щелочного состава с $\text{FeO}/(\text{MgO}+\text{FeO}) < 0.8$. Реакции плавления обуславливаются плагиоклазом, кварцем, биотитом и ортопироксеном, а участие кордиерита в них менее значительно. Эксперименты показывают, что формирование новых минеральных парагенезисов в метапелите в равновесии с водно-углекисло-солевыми флюидами контролируется активностями щелочных компонентов, а активности H_2O и CO_2 оказывают лишь второстепенный эффект. Этот вывод согласуется с результатами моделирования ассоциаций метапелита в терминах $\lg(a_{\text{H}_2\text{O}})-\lg(a_{\text{Na}_2\text{O}})$ с использованием метода минимизации энергии Гиббса (PERPLE_X). Эксперименты позволили провести интерпретацию реакционных структур регидратации метапелитов Южной Краевой Зоны (ЮКЗ) комплекса Лимпопо (ЮАР), включающих Na-содержащий жедрит, биотит, силлиманит (кианит), кислый плагиоклаз, замещающих кордиерит и частично ортопироксен. Эксперименты показали, что такая ассоциация может возникнуть при температурах близких к пику метаморфизма при участии водно-углекисло-солевых флюидов. Сравнение расплавов, появляющихся при плавлении метапелита, с составами гранитоидов ЮКЗ показывает, что вряд ли метапелиты являлись источниками этих гранитоидов.

СИНТЕЗ КРИСТАЛЛОВ Co–Cl- и Ni–Cl-БОРАЦИТОВ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН), Балицкий В.С. (ИЭМ РАН)

SYNTHESIS OF Co–Cl- и Ni–Cl- BORACITE CRYSTALS IN HYDROTHERMAL SOLUTIONS

Setkova T.V. (IEM RAS), Balitsky V.S. (IEM RAS)

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

Борациты – класс соединений с общей формулой $M_3B_7O_{13}X$, где М – двухвалентный ион металла Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Ni, Zn или Cd, а X – галоген Cl, Br, I или F обладающие уникальными сегнетоэлектрическими и магнитными свойствами (Шуваева и др., 2011). В природе борациты образуются путем обезвоживания первоначальных боратов магния. В лабораторных условиях кристаллы Co–Cl- и Ni–Cl-борацитов ранее были синтезированы при температурах 600–1000°C в газовой фазе в атмосфере N_2 (Li et al., 2003).

В представленной работе были осуществлены исследования с целью выяснения возможности синтеза борацитов в гидротермальных условиях. В результате в высококонцентрированных растворах кристаллогидрата хлорида кобальта и никеля в присутствии борной кислоты получены кристаллы Co–Cl- и Ni–Cl-борацита. Опыты проводились в автоклавах, изготовленных из титанового сплава (В8) при температуре 400-450 °C и давлении 60-100 МПа. Полученные кристаллы (размером до 2 мм) характеризуются яркой малиновой окраской различной интенсивности и имеют кубический (псевдокубический) габитус, с преимущественно развитыми гранями тетраэдра, куба и ромбододекаэдра.

ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ ПО РАЗМЕРАМ В
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПЕТРОЛОГИИ: ДАННЫЕ ПО КРИСТАЛЛИЗАЦИИ
В СИСТЕМЕ $Ab-Di$

Симакин А.Г., Девятова В.Н. (ИЭМ РАН)

CSD MEASUREMENTS IN EXPERIMENTAL PETROLOGY: DATA ON THE
CRYSTALLIZATION IN THE SYSTEM $Ab-Di$

Simakin A.G., Devyatova V.N. (IEM RAS)

dev@iem.ac.ru тел.: 7(496)(52)25852

На начальном этапе работы по изучению кинетики кристаллизации и динамики «созревания» (ripening) смеси кристаллов и расплава в системе $Ab-Di$ измерены CSD клинопироксена для составов Ab_{53} и Ab_{80} из опытов, отличающихся температурным режимом. Все опыты проводились на установках высокого газового давления с медленной закалкой. В связи с малой скоростью закалки во всех образцах не менее половины объема выросших кристаллов клинопироксена составляют закалочные фазы. Полученные данные сопоставлены с распределениями по размерам кристаллов C_{px} , полученными экспериментально из расплавов базальтов Этны и Стромболи в опытах с медленной закалкой (Vona and Romano, 2013). CSD пироксена базальтов имеют плоский участок равных плотностей в области больших размеров (до 1-2 мм). Все CSD пироксена в системе $Ab-Di$ (максимальные размеры 25-40 мкм) имеют четко выраженные максимумы в области малых размеров. Распределения с максимумом принято интерпретировать как проявление перекристаллизации (Simakin and Bindeman, 2008). Согласно новым теоретическим оценкам формы CSD, мы объясняем наблюдаемые особенности нестационарным характером нуклеации (Tsuchiyama, 1983) в вязких полимеризованных расплавах в системе $Ab-Di$.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НИЖНЕМАНТИЙНЫХ АЛМАЗОВ И
ПАРАГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ
Симонова Д.А. (геол. ф-т, МГУ), Спивак А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН),
Дубровинский Л.С. (БГИ)

CONDITIONS OF LOWER MANTLE DIAMONDS AND PARAGENETIC
MINERALS FORMATION BY EXPERIMENTAL DATA
Simonova D.A. (geol.dep.MSU), Spivak A.V., Litvin Yu.A. (IEM RAS),
Dubrovinsky L.S. (BGI)

onittofc@gmail.com тел: 8(496) 522 5876

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 13-05-00835 и 14-05-00537.

Выполнено экспериментальное моделирование сингенетического образования сверхглубинного алмаза и минералов нижней мантии в частично расплавленных материнских средах системы $\text{MgO}-\text{FeO}-\text{SiO}_2-\text{MgCO}_3-\text{FeCO}_3-\text{CaCO}_3-\text{Na}_2\text{CO}_3-\text{C}$ при 26 ГПа и 1600–1700°C, представительной для вещества нижней мантии, а также совокупности первичных оксидных, силикатных и карбонатных включений в сверхглубинных алмазах. По экспериментальным данным была оценена величина концентрационного барьера нуклеации алмаза (КБНА), нуклеация алмаза осуществлена при содержании оксид – силикатной составляющей до 65–70%. Построена схематическая диаграмма полностью несмесимых и нерастворимых в твердом и жидком состоянии компонентов ультрабазитовой и базитовой ассоциаций и углерода. Переход от ультрабазитового состава системы к базитовому происходит по механизму фракционной кристаллизации. Диаграмма показывает невозможность кристаллизации алмаза из углерода по раствор-расплавному механизму в данной системе. При этом, возможен прямой переход углерод–алмаз, хотя существуют экспериментальные данные показывающие возможность присутствия углерода в качестве метастабильного графита в условиях Земли до 35 ГПа (Bundy et al. 1996). В результате экспериментальных исследований по сингенезису в системе $(\text{FeO}-\text{MgO}-\text{SiO}_2)$ –карбонат–С при 26 ГПа предложена схематическая диаграмма условий нуклеации алмаза и формирования его сингенетических включений для *PT*-условий нижней мантии. Также была построена диаграмма сингенезиса алмаза в ультрабазит-базит-карбонатит-углеродной системе. Диаграмма характеризуется эвтектическим типом плавления. Главной особенностью данной диаграммы является кривая растворимости алмаза в ультрабазит-базит-карбонат-углеродной системе, которая разделяет области ненасыщенных углеродом расплавов, где невозможна спонтанная кристаллизация алмаза, и насыщенных, где возможна нуклеация алмаза. Кривая растворимости контролирует условия нуклеации и кристаллизации алмаза. Вместе с тем, она физико-химически сопряжена с фазовыми областями формирования ассоциаций парагенных минералов, чем обеспечивается их совместная кристаллизация с алмазами и, соответственно, захват их фрагментов растущими алмазами в виде сингенетических включений.

**ФАЗЫ-КОНЦЕНТРАТОРЫ ХРОМА В МАНТИИ ЗЕМЛИ
(ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В СИСТЕМЕ $\text{MgO-SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$
ПРИ 10–24 ГПа)**

Сироткина Е.А., Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ), Бинди Л. (Ун-т Флоренции, Италия), Ирифуне Т. (Ун-т Эхиме, Япония)

**CHROMIUM-RICH PHASES IN THE EARTH'S MANTLE (EVIDENCE FROM
EXPERIMENTS IN THE SYSTEM $\text{MgO-SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$ AT 10–24 GPa)**

Sirotkina E.A., Bobrov A.V. (geol. dep. MSU), Bindi L. (Universita di Firenze, Italy), Irifune T. (Ehime University, Japan)

katty.ea@mail.ru, тел.: 8(495) 939 2971

Растворимость микроэлементов в фазах высокого давления мало изучена, хотя даже незначительные концентрации этих элементов могут в существенной степени влиять на физические свойства мантийных фаз. Одним из таких элементов является хром, который, несмотря на невысокие валовые концентрации (не более 0.4 мас.%) в мантии Земли (Ringwood, 1979), способен в значительной степени концентрироваться в глубинных минералах. В данной работе изучено влияние хрома на параметры элементарных ячеек мантийных фаз и фазовые переходы. Для экспериментального изучения закономерностей, присущих формированию глубинных минеральных ассоциаций с участием хромосодержащих фаз, нами были выбраны псевдобинарные сечения $\text{MgSiO}_3\text{-Mg}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ (*Maj-Knr*) и $\text{Mg}_2\text{SiO}_4\text{-MgCr}_2\text{O}_4$ (*Fo-MChr*) модельной системы $\text{MgO-SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$.

Фазы, полученные в экспериментах при 10–24 ГПа и 1600°C, характеризуются повышенными содержаниями хрома. Структурные особенности хромосодержащих фаз изучены методом монокристаллической рентгеновской дифракции. Гранаты, синтезированные в системе *Maj-Knr*, имеют повышенные содержания Si (>3 ф.е.) и Cr (до 90 мол.% *Knr*). Вхождение хрома в гранат можно описать схемой: $\text{Mg}^{2+} + \text{Si}^{4+} = 2\text{Cr}^{3+}$. Данная схема замещения характерна и для более высокобарических фаз MgSiO_3 -ильменита и -перовскита. Все гранаты имеют кубическую сингонию и характеризуются уменьшением параметров элементарной ячейки при увеличении в составе граната мейджоритового компонента. Для ильменита характерна тригональная сингония и закономерное увеличение параметров ячейки при вхождении хрома в структуру минерала. Cr-Prv имеет ромбическую сингонию. Характерна структура перовскита, однако отклонения от нее очень заметны благодаря разворотам почти идеальных октаэдров кремния и сильным искажениям полиэдров магния (Horiuchi et al., 1987). При давлении 12–18 ГПа нами была впервые синтезирована и изучена фаза $\text{Mg}(\text{Mg,Cr})(\text{Mg,Si})\text{O}_4$ с искаженной структурой титаната кальция. Важной особенностью этой фазы является вхождение существенного количества кремния в ее состав, в отличие от MgCr_2O_4 , стабильной при давлении выше 18 ГПа. Установлено, что вхождение хрома в состав мантийных фаз смещает границы главных фазовых превращений *Ilm/Prv*, *Ol/Wad* и *Wad/Rgw* в область более низких давлений (на 2 ГПа/~70 км) по сравнению с бесхромистыми системами.

**О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ТРОИЛИТА В УГЛИСТОМ ХОНДРИТЕ
ЕФРЕМОВКА CV3**

Скрипник А.Я., Люль А.Ю., Сенин В.Г. (*ГЕОХИ РАН*)

**ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE EFREMOVKA CV3
CARBONACEOUS CHONDRITE**

Skripnik A.Ya., Lyul A.Yu., Senin V.G. (*GEOKHI RAS*)

skripnik@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 0205

Хондрит Ефремовка CV3 относится к наиболее восстановленной группе углистых хондритов Vigarano, которые представляют самое сложное вещество среди метеоритов, как по набору компонентов, так и по условиям их образования. Любые дополнительные исследования состава минералов этой группы представляют интерес для понимания происхождения метеоритов. Сульфиды в этой группе метеоритов представлены весьма разнообразными формами проявления и могли бы охарактеризовать как первичные процессы в веществе метеоритов, так и процессы, происходившие на родительских телах (Donnelly, Brearley, 2007). В настоящей работе по данным микрозондового анализа приводится химический состав троилита, представленного в отдельных частицах металла метеорита Ефремовка CV3. Обсуждаются небольшие концентрации примесных элементов, обнаруженные в составе троилита этого метеорита.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ЧАРОИТА
С ПОМОЩЬЮ ПК «СЕЛЕКТОР»

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

THERMODYNAMIC MODELING OF PRODUCTS OF HIGH TEMPERATURE
DECOMPOSITION OF CHAROITE BY PC «SELECTOR»

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

sokolovats@crust.irk.ru, тел.: 8(3952) 511 680

Работа выполнена при поддержке РФФИ-Байкал 14-45-04108.

Чароит – уникальный минерал, обнаруженный только на единственном месторождении «Сиреневый камень» на границе Иркутской области и Якутии. Исследования, посвященные тематике образования чароита, описанию механизма и условий этого процесса ведутся в России с конца 70-х годов (Рогова, 1980, 1982; Воробьев и др., 1983; Бирюков и др., 1992; Владыкин, 2000; Конев и др., 2006; Бондаренко, Гвоздева, 2007; Бондаренко, 2009; и др.), однако единого мнения о генезисе чароитовых пород не сложилось до сих пор. Недавняя серия экспериментов, направленная на изучение особенностей взаимодействия чароита с вмещающими породами (вогезит, сиенит) (Марчук, Медведев, 2014; 2015), показала, что при высоких температурах, порядка 700-800 °С, происходит перекристаллизация чароита с образованием волластонита и реакционной полиминеральной зоны. Образование волластонита при высокотемпературном разложении чароита было установлено и ранее в работе (Janeczek, 1991). Сосуществующие с волластонитом минеральные фазы могут быть определены методом термодинамического моделирования с помощью ПК «Селектор». Модель разложения чароита была рассчитана при $T = 700-900\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 1\text{ кбар}$. В качестве исходных данных был взят следующий химический состав чароита (мас. %): SiO_2 – 58.5, TiO_2 – 0.02, Al_2O_3 – 0.03, FeO – 0.14, MnO – 0.1, CaO – 21.9, Na_2O – 2.26, K_2O – 10.01, BaO – 2.53, F_2 – 0.33, Cl_2 – 0.02, P_2O_5 – 0.03, H_2O – 4.13. Расчеты показали, что в равновесии с волластонитом при высокотемпературном разложении чароита присутствуют кварц, микроклин, небольшое количество эгирина и сфен. Дальнейшие исследования в этом направлении будут способствовать установлению термобарических условий образования чароита, что представляется весьма актуальной задачей.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ α -Al₂O₃

Соколова Т.С., Дорогокупец П.И. (ИЗК СО РАН), Литасов К.Д. (ИГМ СО РАН)

EQUATION OF STATE OF α -Al₂O₃

Sokolova T.S., Dorogokupets P.I. (IEC SB RAS), Litasov K.D. (IGM SB RAS)

sokolovats@crust.irk.ru, dor@crust.irk.ru, тел.: 8(3952) 511 680

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта № 97 СО РАН и РНФ 14-17-00601.

Корунд (или α -Al₂O₃) является важным компонентом доминирующих минеральных фаз до границы мантия–ядро: граната, бриджманита (или Mg-перовскита) и постперовскита. Экспериментальные и теоретические исследования корунда под высоким давлением обнаруживают фазовые переходы в структуре минерала (Marton et al., 1994; Thomson et al., 1996; Lin et al., 2004; и др.). Термодинамически стабильной фазой выше 80-95 ГПа считают структуру Rh₂O₃(II). В области порядка 130 ГПа фаза Rh₂O₃(II) переходит в модификацию CaIrO₃, изоструктурный тип с постперовскитом в нижней зоне мантии Земли на глубине 2600-2900 км. В мультимегабарном диапазоне давлений, свыше 300 ГПа, прогнозируют дальнейшие преобразования в системе А–О, с образованием редчайших структур и соединений (Umemoto et al., 2008; Liu et al., 2015). Новейшие P – V измерения параметров ячейки корунда (Dewaele et al., 2013) на изотерме 300 К в области высоких давлений, ставят задачу пересмотра уравнения состояния α -Al₂O₃. Путем одновременной обработки экспериментальных измерений теплоемкости, коэффициента термического расширения, адиабатического модуля сжатия и рентгеновских измерений P – V – T свойств были получены параметры уравнения состояния α -Al₂O₃ и рассчитаны его термодинамические свойства. В качестве термодинамической модели был использован модифицированный формализм на основе свободной энергии Гельмгольца из работ (Dorogokupets, Oganov, 2007; Дорогокупец и др., 2012; Соколова и др., 2013). Полученные результаты в своей перспективе могут быть использованы для уточнения границ фазовых преобразований в минерале и установления P – V – T свойств твердых растворов с его участием.

**RAMAN-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ И ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛЮИДОВ И СУЛЬФИДОВ В ВЕРХНЕМАНТИЙНЫХ
КСЕНОЛИТАХ ГРАНАТ-ШПИНЕЛЕВЫХ ЛЕРЦОЛИТОВ**

**Соловова И.П. (ИГЕМ РАН), Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН),
Аверин А.А. (ИФХЭ РАН)**

**RAMAN-SPECTROSCOPIC AND TERMOBAROGEOCHEMICAL STUDY OF
FLUID AND SULFIDES OF UPPER MANTLE GARNET-SPINEL XENOLITHS**

**Solovova I.P. (IGEM RAS), Kogarko L.N. (GEOKHI RAS),
Averin A.A. (PHYCHE RAS)**

solovova@igem.ru, 8(499) 230 84 15

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ и Программ ОНЗ РАН.

В ксенолитах гранат-шпинелевых лерцолитов изучены флюидные и сульфидные включения и межзерновые сульфидные агрегаты. Все сульфидные фазы обогащены Ni. На диаграмме Ni–M/S сульфидные включения образуют два разнонаправленных тренда и представлены сосуществующими моносульфидным твердым раствором на основе пентландита (*mss*) и сульфидным расплавом (Ballhaus et al., 2001). Оцененный коэффициент распределения Ni ($D_{mss/расплав}$) между ними варьирует в пределах 1.01–3.23, а температура их уравнивания составляет 1060–920°C. При этих температурах сосуществующие флюидные включения ($X_{CO_2} \leq 0.7$, X_{N_2} до 0.2, X_{H_2S} до 0.1, $X_{H_2O} < 0.1$), согласно криометрическим исследованиям, имеют плотность 1.11–1.17 г/см³, что отвечает давлениям 1.1–1.5 ГПа. Показано, что условия первичного захвата включений близки к 1300°C и 2.2 ГПа.

Raman-спектры моносульфидного твердого раствора и сульфидного расплава, полученные впервые, отражают их структурные особенности. Они различаются интенсивностью линий в области 285 и 370 см⁻¹ и вибрациями в интервале 300–360 см⁻¹ и ≥ 250 см⁻¹.

Raman-спектроскопическое изучение зональных кристаллов пентландита выявило зависимость основных параметров Raman-спектральных линий от химического состава конкретных зон, в частности от концентрации микропримеси Co. Обнаружен систематический сдвиг базовой линии от 289 см⁻¹ до 284 см⁻¹ при возрастании концентрации Co от 0.25 до 0.61 ат.%. В этом же направлении падает ее интенсивность. В настоящий момент опубликована только одна работа, посвященная экспериментальному изучению зависимости Raman-спектра от состава сульфида, связанной с изоморфизмом Zn–Fe в сфалерите (Osadchii et al., 2010). Проведенное исследование представляет интерес в связи с тем, что повышенные содержания Ni (Рябчиков, 2003) и Co (Wang et al., 2010) в мантийных сульфидах могут рассматриваться как критерий потенциальной платиноносности магматических расплавов.

**ОБРАЗОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ НИЖНЕМАНТИЙНЫХ
АЛМАЗООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ
ПРИ 24 И 26 ГПа**

Спивак А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН), Симонова Д.А. (МГУ), Дубровинский Л.С. (БГИ)

**ON ORIGIN AND EVOLUTION OF DIAMOND-FORMING LOWER-MANTLE
SYSTEMS: EXPERIMENTS AT 24 AND 26 GPa**

**Spivak A.V., Litvin Yu.A. (IEM RAS), Simonova D.A. (MSU),
Dubrovinsky L.S. (BGI)**

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

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 13-05-00835 и 14-05-00537.

Химический и фазовый состав нижнемантийной алмазообразующей среды соответствует первичным включениям в алмазе: оксиды, силикаты и карбонаты (Kaminsky, 2012). Однако, возможность парагенетического формирования алмазов и включений оправдана результатами физико-химических экспериментов с использованием полностью смесимых оксид-силикат-карбонатных расплавов с растворенным углеродом (Litvin et al., 2014). Фазовый состав нижнемантийных пород оценен экспериментально по преобразованию перидотита в ассоциацию $\text{Fper} + \text{MgSiO}_3 + \text{CaSiO}_3$ при 25-43 ГПа (Akaogi, 2007). По этим оценкам, фазы нижней мантии аналогичны ультраосновным, но не основным минералам, включенным в нижнемантийные алмазы. Минералогические и экспериментальные данные согласуются со ступенчатым происхождением и эволюцией материнских расплавов алмазов и его включений: (1) метасоматическая карбонизация ультраосновных нижнемантийных пород и образование карбонатных расплавов; (2) растворение нижнемантийных минералов в карбонатных расплавах (образование алмазообразующего очага); (3) образование алмазов в парагенезисе с ультраосновными и основными минералами.

Экспериментальные результаты при 24 и 26 ГПа показывают, что формирование и эволюция в результате фракционной кристаллизации примитивной ультрабазитовой магмы $\text{MgO}-\text{FeO}-\text{SiO}_2-\text{CaSiO}_3$ системы контролируется миновариантной котектикой $(\text{Mg,Fe})\text{O} + (\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3 + \text{CaSiO}_3 + \text{L}$ до инвариантой перитектики $(\text{Mg,Fe})\text{O} + (\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3 + \text{CaSiO}_3 + \text{SiO}_2 + \text{L}$. Перитектическая реакция $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3 + \text{L} = (\text{Mg,Fe})\text{O} + \text{SiO}_2$ исключает дальнейшее участие бриджменита в системе и вносит в нее базитовый минерал стишовит. Дальнейшая фракциональная эволюция базитовой нижнемантийной магмы контролируется моновариантной котектикой $(\text{Mg,Fe})\text{O} + \text{CaSiO}_3 + \text{SiO}_2 + \text{L}$. Более того, перитектический механизм фракционной эволюции работает и в алмазообразующих расплавах $\text{MgO}-\text{FeO}-\text{SiO}_2-\text{CaSiO}_3-(\text{Mg-Fe-Ca-Na-карбонат})-\text{C}$ системы. Это подтверждается экспериментально по ликвидусным отношениям в системе (при 24 и 26 ГПа) и формированию алмаза и парагенетических минералов аналогов ультрабазитовых и базитовых включений в нижнемантийных алмазах.

ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АНТИМОНИДА ПЛАТИНЫ PtSb₂

Столярова Т.А., Осадчий Е.Г., Бричкина Е.А. (ИЭМ РАН)

ENTHALPY OF PtSb₂ PLATINUM ANTIMONIDE FORMATION

Stolyarova T.A., Osadchii E.G., Brichkina E.A. (IEM RAS)

euo@iem.ac.ru, тел.: 8(496)52 44417

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 12-05-01005.

Антимониды платины часто встречаются в виде минералов в комплексных и россыпных месторождениях платины.

В лаборатории термодинамики минералов ИЭМ РАН (г. Черноголовка) ведутся калориметрические исследования бинарных соединений – минералов, в том числе и антимонидов платины. В настоящей работе приводятся результаты изучения соединения PtSb₂, формула которого соответствует минералу геверсит.

Антимонид платины PtSb₂ синтезируется из элементов (платиновый порошок (99.96%) и порошок сурьмы (99.99%)) в вакуумированных кварцевых ампулах при температуре 950°C в течение 8-10 минут, согласно реакции $Pt + 2Sb = PtSb_2$. Масса смеси в каждом образце составляла 1.2-1.5 г.

Реакция изучалась в высокотемпературном вакуумно-блочном калориметре (Флейшер, Столярова, 1978), модернизированном и переведённом в автоматический режим. Повторное нагревание в калориметре не давало дополнительного теплового эффекта, что подтверждает полное прохождение реакции за время первого нагрева. Рентгенофазовый анализ продуктов калориметрических опытов подтвердил наличие в них только заданного вещества PtSb₂.

По результатам 9 измерений получено среднее значение стандартной энтальпии образования PtSb₂ (геверсит) из элементов:

$$\Delta_f H^\circ_{298.15}(\text{PtSb}_2, \text{cr}) = -(160.92 \pm 1.15) \text{ кДж/моль.}$$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИИ REE (La, Ce), Sr, Cs, Ti ИЗ БОРОСИЛИКАТНЫХ И АЛЮМОФОСФАТНЫХ РАСПЛАВОВ МЕТОДОМ ЖИДКОСТНОЙ НЕСМЕСИМОСТИ

Сук Н.И., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)

EXPERIMENTAL STUDY OF REE (La, Ce), Sr, Cs, Ti EXTRACTION FROM BOROSILICATE AND ALUMINOPHOSPHATE MELTS BY LIQUID IMMISCIBILITY

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

sukni@iem.ac.ru тел.: 8(496) 524 4425

Экспериментальное исследование проводилось в связи с проблемой переработки боросиликатных и алюмофосфатных стекол, используемых в качестве матриц для иммобилизации радиоактивных отходов. Оно было основано на избирательной экстракции элементов расплавами различного состава в процессе возникновения в них жидкостной несмесимости. В качестве расплавов-концентраторов использовали фосфатные и алюмофторидные фазы.

Эксперименты проводились на установке высокого газового давления в платиновых ампулах. Исходным веществом служили модельные боросиликатные и алюмофосфатные стекла, близкие по составу матричным материалам, содержащие REE (La, Ce), Sr, Cs, Li, Ti, предварительно наплавленные при $T=1200^{\circ}\text{C}$, $P=1$ кбар в течение 3 час. на установке высокого газового давления или при $T=1200^{\circ}\text{C}$ в КО-14, и реактивы SiO_2 , NaPO_3 и $(\text{Na}_{1.5}\text{Li}_{1.5})_3\text{AlF}_6$.

В процессе экспериментов возникала жидкостная несмесимость между боросиликатным и фосфатным (или алюмофторидным), а также между силикатным и алюмофосфатным расплавами, которые образовывали слои или капли одного расплава в другом. При этом происходило разделение элементов между фазами. Из элементов-имитаторов РАО Sr, La и Ce обогащают фосфатную (или алюмофторидную) фазу, а Cs концентрируется в боросиликатном стекле. В водосодержащей боросиликатно-фосфатной системе, а также в системе алюмофосфатное стекло– SiO_2 редкоземельные элементы концентрируются в фазе монацита, высокоустойчивой в природных процессах.

**СИНТЕЗ НАТРИЙСОДЕРЖАЩЕГО БРИДЖМАНИТА
ПРИ 23 ГПа И 1300–1700°C**

**Тамарова А.П., Бобров А.В., Сироткина Е.А. (геол. ф-т МГУ),
Ирифуне Т. (Ун-т Мацуямы, Япония)**

**SYNTHESIS OF SODIUM-BEARING BRIDGMANITE
AT 23 GPa AND 1300–1700°C**

**Tamarova A.P., Bobrov A.V., Sirotkina E.A. (geol. dep. MSU),
Irifune T. (Matsuyama Univ., Japan)**

dragon.of.rainbow@yandex.ru, тел.: 8(495) 939 2971

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 15-55-50033.

Согласно существующим моделям (Harte, 2010; Pushcharovsky, Pushcharovsky, 2012), бриджманит (MgSiO_3 со структурой перовскита) является преобладающей фазой в нижней мантии Земли. Как следует из анализа природных (включения в ультравысокобарных алмазах) и экспериментальных данных, для бриджманита характерен широкий диапазон изоморфных замещений (Andrault, 2007). К числу наиболее значительных примесей относятся Al, Fe^{3+} , Fe^{2+} , Cr и Ca. В настоящей работе показана возможность вхождения натрия в состав MgSiO_3 перовскита.

Эксперименты были проведены при 23 ГПа и 1300–1700°C на многопуансонном аппарате высокого давления в научно-исследовательском центре GRC (Мацуяма, Япония). Стартовые составы представляли собой карбонатно-силикатную смесь (70 мол.% MgSiO_3 + 20 мол.% Na_2CO_3 + 5 мол.% $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ + 5 мол.% MgO). Во всех образцах установлены признаки частичного плавления: кристаллы бриджманита размером до 100 мкм погружены в тонкокристаллическую карбонатно-силикатную матрицу; при температуре 1300°C присутствуют зерна карбоната $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ и магнезиовюститита. В зависимости от стартовых составов бриджманит содержит примеси алюминия (0.6–2.7 мас.% Al_2O_3) и железа (1.6–3.5 мас.%) Fe_2O_3 , вхождение которых в структуру минерала происходит по механизму $\text{Mg}^{2+}(\text{A}) + \text{Si}^{4+}(\text{B}) = \text{Me}^{3+}(\text{A}) + \text{Me}^{3+}(\text{B})$ (Akaogi, 2007). Присутствие натрия в составе бриджманита установлено во всех опытах, причем максимальные концентрации Na_2O (1.6 мас.%) были зафиксированы при температуре 1700°C.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях нижней мантии натрий может концентрироваться не только в составе CaSiO_3 перовскита (Ringwood, Irifune, 1998; Когарко, 2008), но и в бриджманите.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ФЛЮОРИТА
В КИСЛЫХ РАСТВОРАХ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ФТОРИДНЫХ
КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОИДОВ**

Тарнопольская М.Е., Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ)

**EXPERIMENTAL STUDY OF FLUORIDE SOLUBILITY AS THE METHOD OF
STUDYING OF METALS AND METALLOIDS FLUORIDE COMPLEXES**

Tarnopolskaya M.E., Bychkov A.Yu. (geol.dep. MSU)

mashatarnopolskaya@yandex.ru, тел.: 8(495) 939 1239

Проекты РФФИ 12-05-00957, 15-05-08110.

Фторидные комплексы сложны для изучения традиционным методом растворимости, так как многие элементы не образуют твердых фторидов, либо они легко гидролизуются. Поэтому нами была разработана методика изучения устойчивости фторидных комплексов металлов и металлоидов, основанная на увеличении растворимости флюорита при добавлении в систему этих элементов. Экспериментальное исследование растворимости флюорита в кислых растворах в системе $\text{CaF}_2\text{--HCl--HF--H}_2\text{O}$ дало хорошую сходимость с термодинамическими расчетами. Для изучения устойчивости фторидных комплексов бора была изучена растворимость флюорита в кислых растворах при переменной концентрации B(OH)_3 . Для обработки результатов экспериментов была использована программа OptimA. Определены свободные энергии Гиббса g_T° для B(OH)F_3^- при 80, 155, 210°C, равные соответственно -1428.595 ± 0.106 , -1441.425 ± 0.174 , -1453.127 ± 0.260 кДж/моль. Эти данные находятся в хорошем согласии с экспериментами при 25-80°C (Рысс, 1956)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОКРИСТАЛЛИЗАЦИИ
ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ СОДЕРЖАНИЙ В
РУДООБРАЗУЮЩИХ ФЛЮИДАХ

Таусон В.Л., Смагунов Н.В. (ИГХ СО РАН)

USE OF CO-CRYSTALLIZATION COEFFICIENTS TO DETERMINE THE
ELEMENT CONTENTS IN ORE-FORMING FLUIDS

Tauson V.L., Smagunov N.V. (IGC SB RAS)

vltauson@igc.irk.ru, тел.: 8(3952) 429 967

Гранты РФФИ №№ 15-05-00612, 13-05-00308.

Коэффициенты сокристаллизации (КС) элементов в минералах являются принципиально важными величинами, без которых невозможно количественное описание распределения и разделения элементов в геохимических системах. Экспериментальные исследования по определению КС в гидротермальных условиях проводились в 80-ых годах прошлого столетия и привели к ряду интересных выводов. Однако впоследствии они были почти прекращены. Появление новых высоко чувствительных аналитических методов (прежде всего, ИСП МС-ЛА и ВИМС) способно вызвать возрождение этого подхода на качественно новом уровне. В частности, речь идет о включении в рассмотрение микроэлементов и “непосредственных” индикаторов рудных процессов, таких как благородные и редкие металлы. Рассматриваются пути решения связанных с этим экспериментальных и аналитических проблем.

СФАЛЕРИТ КАК КОНЦЕНТРАТОР БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУМЕТАЛЛОВ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Тонкачев Д.Е. (геол. ф-т МГУ, ИГЕМ РАН), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН), Минервина Е.А., Юдовская М.А., Тагиров Б.Р. (ИГЕМ РАН)

SPHALERITE AS A MATRIX OF NOBLE METALS AND SEMIMETALS: EXPERIMENTAL STUDY

Tonkacheev D.E. (Geol.Dep. MSU, IGEM RAS), Chareev D.A. (IEM RAS), Minervina E.A., Yudovskaya M.A., Tagirov B.R. (IGEM RAS)

dtonkach@geol.msu.ru, 8(499) 230 8254

Задачей настоящей работы является изучение "ёмкости" сфалерита по отношению к ряду металлов, полуметаллов и халькогенов путём введения примеси этих элементов в синтетические фазы. Кристаллы ZnS были выращены методом газового транспорта с использованием NH_4Cl и в расплаве KCl/NaCl эвтектического состава в стационарном температурном градиенте (температура на горячем конце 850°C , градиент 50°C).

1-ая серия образцов – безжелезистые сфалериты. Активность примесного компонента контролируется его сульфидом. Средние содержания примесей, измеренные методом РСМА составили: Mn – 0.799 ± 0.144 ; Cd – 0.550 ± 0.067 (распределены гомогенно); Ag – 0.089 ± 0.091 мас.%, распределен гетерогенно. 2-ая серия образцов – ZnS с содержанием Fe до 1.73 мас.%. Среднее содержание Au, измеренное с помощью ЛА-ИСП-МС – 234 ± 34 ppm (активность золота контролировалась чистым металлом); Ag - 343 ± 86 ppm. Установлено, что введение в железистый ZnS примесей Mn, Cd, In, Se приводит к более чем к 10-кратному увеличению содержания золота по сравнению с чистым сфалеритом.

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТИОСУЛЬФАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПАЛЛАДИЯ С
КОМПОНЕНТАМИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ**

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

**INTERACTION OF PALLADIUM THIOSULFATE COMPLEXES
WITH THE COMPONENTS OF GEOCHEMICAL BARRIERS**

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

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

В экспериментах по взаимодействию вода–сульфидсодержащие породы экспериментально установлено образование в растворе тиосульфат-иона на уровне десятков мг/л. В условиях, характерных для природных водных сред, инструментальными методами впервые зафиксировано образование комплекса состава $[\text{Pd}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{2-}$. Определена его константа устойчивости ($3.7 \cdot 10^9$), свидетельствующая о повышенной миграционной способности этой формы палладия.

Исследовано поведение полученных комплексов палладия с тиосульфат-ионом при взаимодействии с неорганическими и органическими компонентами геохимических барьеров. Показано, что в околонеutralных средах извлечение палладия гумусовым веществом составляет 50-55 %; ферригидрит в этих условиях сорбирует тиосульфат палладия количественно и может обеспечивать водный перенос соединений палладия со взвешенным веществом.

**НАНОМИНЕРАЛОГИЯ КОСМИЧЕСКИХ СФЕРУЛ ХОНДРИТОВОГО
СОСТАВА**

Хисина Н.Р., Бадюков Д.Д. (ГЕОХИ РАН),

Вирт Р. (GeoЦентр Потсдама, Германия)

NANOMINERALOGY OF CHONDRITE COSMIC SPHERULES

Khisina N.R., Badyukov D.D. (GEOHI RAS),

Wirth R. (GeoForschungs Zentrum Potsdam, Germany)

khisina@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7053

Космические сферулы размером в десятки – сотни мкм образуются в результате плавления частиц внеземного вещества при их высокоскоростном пролете через атмосферу Земли. Одной из основных проблем при интерпретации данных вещественного состава космических сферул является решение вопроса о том, насколько особенности и разнообразие химических составов сферул отражают химию их твердых предшественников, и насколько вариации состава могут свидетельствовать об изменениях вещественного состава твердых прекурсоров в результате их плавления в земной атмосфере. Валовые составы значительной доли силикатных сферул характеризуются вариацией Fe/Mg отношения при атомном отношении $Mg/Si \approx 1$, соответствующим составу наиболее примитивного (хондритового) вещества солнечной системы. Изложены результаты наноминералогического исследования методами FEG-SEM и ТЕМ силикатных космических сферул с криптокристаллической и колосниковой текстурой из Новоземельской и Тунгусской коллекций. Получены данные о валовой химии, микроструктуре, минералогии, а также о химическом составе оливина и характере нанонеоднородности стекла в сферулах. Результаты подтвердили хондритовый источник сферул и позволили реконструировать минералогию прекурсоров.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ГОРОДСКОГО ЛАНДШАФТА
Хушвахтова С.Д., Тютиков С.Ф., Данилова В.Н., Ермаков В.В. (ГЕОХИ РАН)

BIOGEOCHEMICAL MONITORING OF TOWNSCAPE
Khvushvakhtova S.D., Tyutikov S.F., Danilova V.N., Ermakov V.V. (GEOKHI RAS)

bakhor43@mail.ru тел.: 8(499) 137 4773

Поддержано грантом РФФИ № 15-05-00279а.

Проведена экологическая и биогеохимическая оценка состояния липовой аллеи в пределах ул. Косыгина по комплексному сравнительному исследованию почв, химическому составу и морфологическим параметрам листьев липы. С этой целью опробованы 5 точек в пределах липовой аллеи и 5 точек за пределами шоссе. В почвах, водной вытяжке из почв, листьях липы определяли содержание Cu, Pb, Mn, Fe, Cd, Zn, As, Ni, Co, Mo, Cr и Se методом ААС и спектрофлуориметрически. Макрокомпоненты (Ca, Mg, K, Na, P, сульфаты, хлориды), общую минерализацию и pH измеряли в водной вытяжке общепринятыми методами. Уровень тиосодержащих соединений измеряли в листьях липы посредством ВЭЖХ-НАМ спектрофлуориметрии. Результаты многофакторного мониторинга одного из участков на территории Воробьевых гор показали сравнительно удовлетворительное состояние липовой аллеи по ул. Косыгина. Об этом свидетельствуют результаты макро- и микроэлементного состава почв и листьев липы. Установлено умеренное засоление урбоземов в пределах ул. Косыгина по сравнению с другими районами столицы, обусловленное аккумуляцией хлоридов щелочных и щелочноземельных элементов, применяемых в качестве противогололедных средств. Токсических концентраций макро- и микроэлементов также не обнаружено. Тем не менее, ряд насаждений липовой аллеи с правой стороны улицы подвержен заметному влиянию интенсивного солнечного излучения, что приводит к преждевременному некрозу и хлорозу листьев и их усыханию. По-видимому, орошение и полив деревьев должен быть более обильным. Патологические реакции листьев липы практически не отражаются на диссимметрии листовой пластины, но связаны со снижением синтеза пигментов (хлорофилл, каротиноиды) и нарушением водного обмена (снижение влажности листьев). Что касается теста на фитохелатины, то в данном случае он не эффективен. Это связано с низким уровнем металлов, аккумулируемых листьями липы. По-видимому, индукция синтеза тиосодержащих биологически активных соединений происходит при более высоких концентрациях металлов в цитозоле клеток растений.

ИМПАКТНОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОЗЕРА РАБИГА КУЛЬ: PRO ET CONTRA

Цельмович В.А. (ГО «Борок» ИФЗ РАН), Сунгатуллин Р.Х. (КФУ), Вафин Р.А.

IMPACT ORIGIN LAKE RABIGA KUL: PRO ET CONTRA

Tselmovich V.A. (GO «Borok» IPE RAS), Sungatullin R.Kh. (KFU), Vafin R.A.

tselm@mail.ru, тел.: 8(48547) 24 631

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 13-05-00348а.

Многие озера позднечетвертичного возраста в северной части Восточно-Европейской платформы имеют ледниковое или карстовое происхождение. Обычно считают изометричную форму озер, наличие кольцевого вала и специфического метеоритного вещества свидетельством их импактного генезиса. К подобным объектам, например, можно отнести озера Светлояр в Нижегородской области, Смердячье, Красное и Данилище в Московской области, Каали в Эстонии (Енгальчев, 2009, Жидков и др., 2009, Раукас, 1998, Raukas, 2000 и др.). Озеро Рабига Куль, расположенное в месте слияния Волги и Камы (100 км южнее Казани), возможно, также имеет импактное происхождение. В пользу подобного вывода свидетельствует соотношение диаметра и глубины кратера озера, а также наличие космического вещества в четвертичных отложениях вокруг озера (Цельмович и др., 2014). Проведенные исследования позволили нам дополнительно к магнетитовым микросферам обнаружить частицы с оплавленной коркой, самородные металлы, включая самородное Fe, интерметаллиды, хондры, которые подтверждают их импактное происхождение. С другой стороны, среди изученных объектов встречены окатанные кварцевые зерна дынеобразной формы, свидетельствующие в пользу их переноса в водной среде в осадках. Найдены также объекты техногенного (?) происхождения (ильменит-титаномагнетитовые, железо-силикатные, алюминий-кремнистые микросферы), которые можно отнести к артефактам древнего металлургического производства чугуна, существовавшего в районе озера Рабига Куль в XI–XIII веках. Дальнейшие минералогическо-геохимические и геофизические исследования, буровые работы, возможно, дадут ответ на вопрос о генезисе оз. Рабига Куль.

**РАСТВОРИМОСТЬ ТАНТАЛИТА В ГРАНИТОИДНЫХ РАСПЛАВАХ
ПРИ $T = 750^{\circ}\text{C}$ И $P = 100\text{ МПа}$**

Чевычелов В.Ю. (ИЭМ РАН)

SOLUBILITY OF TANTALITE IN GRANITOID MELTS

AT $T = 750^{\circ}\text{C}$ AND $P = 100\text{ MPa}$

Chevychelov V.Yu. (IEM RAS)

chev@iem.ac.ru, тел.: 8(496)522 5861

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 15-05-03393-а и программой № 2 фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН.

В экспериментах использованы водонасыщенные гомогенные стекла $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ состава, предварительно полученные плавлением из гелевых смесей. Использованы три различных состава расплава с исходными $\text{Al}/(\text{Na}+\text{K})$ коэффициентами – 0.64, 1.1 и 1.7. В расплаве растворяли танталит из гранитных пегматитов Боливии (мас.%): 10.5 MnO, 6.6 FeO, 42.9 Ta_2O_5 , 37.9 Nb_2O_5 , 1.7 TiO_2 0.4 SnO_2 . Кусочек кристаллического танталита помещали внутри порошка стекла и сюда же заливали 0.2N раствор HF. Эксперименты проводили в золотых ампулах на установке высокого газового давления. Длительность составляла 3–7 суток. Весовое отношение раствор HF/(стекло+минерал) было 0.01–0.06. В процессе эксперимента порошок стекла плавился, и минерал диффузионным путем растворялся в расплаве.

Установлено, что содержание Ta в расплаве при растворении танталита всегда выше содержания Nb. Отношение Nb/Ta в расплаве изменяется от 0.70 до 0.07. При изменении состава расплава от щелочного до плюмазитового общие содержания Ta и Nb в расплаве уменьшаются на 1-2 порядка величины. Одновременно значительно уменьшается величина Nb/Ta отношения, т.е. содержания Ta уменьшаются заметно слабее, чем Nb.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПАДАЮЩЕГО ПЛАТИНОВОГО ШАРИКА ДЛЯ
ОЦЕНКИ ВЯЗКОСТИ КИМБЕРЛИТОВОГО РАСПЛАВА**

Чепуров А.А. (ИГМ СО РАН)

**APPLICATION OF METHOD OF FALLING PLATINUM BALL FOR
EVALUATION OF THE KIMBERLITE MELT VISCOSITY**

Chepurov A.A. (IGM SB RAS)

acheurov@igm.nsc.ru, тел.: 8(383) 333 2341

Грант РФФИ офи-м № 13-05-12096.

Оценка реологических свойств субликвидусных гетерогенных (жидкость + кристаллы + газ) расплавов, коим является кимберлитовый расплав, представляет собой непростую задачу. В работе представлены экспериментальные данные по определению скорости падения платиновых шариков в расплавах, полученных при нагревании кимберлита, в который добавляли зерна природного оливина в пропорциях от 10 до 50 мас.%. Опыты проводили на аппарате высокого давления БАРС при высоких давлениях и температурах, соответствующих параметрам верхней мантии Земли.

В ходе экспериментальных исследований установлена зависимость относительной вязкости гетерогенных расплавов от содержания зерен оливина. Было определено, что модельный кимберлитовый расплав при 4 ГПа и 1600 °С, содержащий 30 мас.% оливина, имеет относительную вязкость более 100 Pa S.

**КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ АМФИБОЛОВЫХ
ГЕОБАРОМЕТРОВ К РАЗЛИЧНЫМ МАГМАТИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ**

Шапошникова О.Ю., Симакин А.Г. (ИЭМ РАН)

**CRITICAL ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE AMPHIBOLE GEO-
BAROMETERS TO VARIOUS MAGMATIC OBJECTS**

Shaposhnikova O. Yu., Simakin A.G. (IEM RAS)

zakrev@iem.ac.ru, тел.: 8(903) 675 5888

В последнее время было предложено несколько новых моно-амфиболовых геобарометров (Ridolfi, 2012; Krawczynski and Grove, 2012). Наибольшее применение получил геосенсор Ridolfi (2012), основанный на чисто эмпирической калибровке по несортированным по достоверности экспериментальным данным. Нами предложен альтернативный амфиболовый геобарометр, основанный на представлениях о кристаллохимии амфибола и структуре алюмосиликатного расплава (Simakin et al., 2012). В основе его оценка предельного (максимально возможного) содержания октаэдрического алюминия по серии составов кристаллов, выросших из базальтов, андезито-базальтов и высокомагнезиальных андезитов. Оценки давления по нашему геобарометру для магматических амфиболов Пекульнейского массива (Чукотка) составили 12 кбар при наиболее вероятной оценке по метаморфическим парагенезисам вмещающих пород 11 кбар (Базылев, 2013). В то же время по Krawczynski and Grove (2012) оно составляет 0.1-21.5 кбар, а по Ridolfi (2012) 9.5-45.8 Кбар. Наша оценка давления для кортландитов никеленосного массива Шануч (Камчатка) составляет 9 кбар, что близко к независимым оценкам по флюидным включениям и вмещающим метаморфическим породам $P=8$ кбар. В тоже время оценка по Ridolfi (2012) далека от реальности $P=16.1-33.6$, что следует учитывать при попытках (например, Almeev et al., 2013) использовать этот геобарометр на практике.

СТЕПЕНЬ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ КАК
АЛЬТЕРНАТИВА ПАРАМЕТРУ NBO/T

Шильдт А.В. (геол. ф-т МГУ), Арискин А.А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН),

Поляков В.Б. (ИЭМ РАН)

DEGREE OF POLYMERIZATION OF SILICATE MELTS AS AN ALTERNATIVE
TO THE NBO/T PARAMETER

Shildt A.V. (geol. Dep MSU), Ariskin A.A. (geol. Dep MSU, GEOKHI RAS),

Polyakov V.B. (IEM RAS)

artem342@yandex.ru тел.: 8(499) 324 5219, 8 926 132 2136

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00216.

В магматической петрологии получило широкое распространение использование параметра NBO/T, как характеристики структурно-химических свойств силикатных расплавов. Эта величина представляет отношение числа немостиковых атомов кислорода к числу тетраэдрически координированных ионов кремния и алюминия. При этом допускается, что полимеризованность расплавов должна быть связана положительной зависимостью с NBO/T для широкого диапазона состава природных систем. Последовательный анализ структурного состояния расплавов с учетом полимеризационных свойств катионов, показывает, что в действительности значения NBO/T не являются однозначной характеристикой кремнекислородных связей. На примере системы MgO-FeO-SiO_2 показано, что одному и тому же значению NBO/T могут отвечать разные значения степени полимеризации расплавов и распределения Q^n –структонов. Это важно для оценки активности иона SiO_4^{4-} , отвечающего за стабильность оливина на ликвидусе ультра(основных) магм, см. рис. 1:

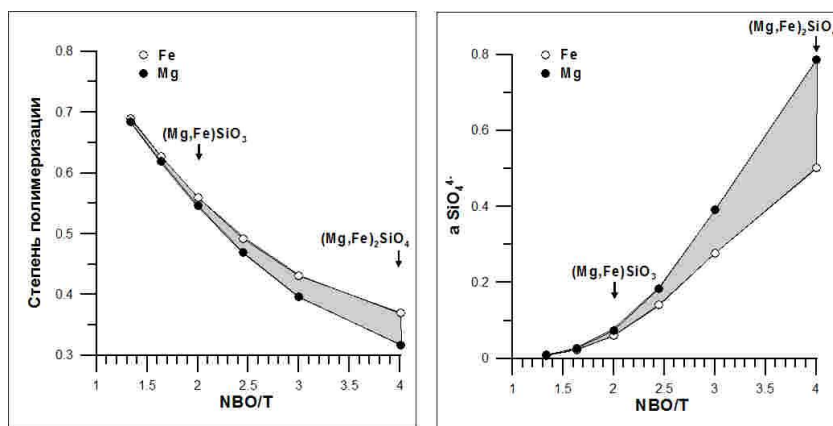


Рис. 1. Полимеризационные свойства расплавов системы MgO-FeO-SiO_2 в зависимости от NBO/T для чисто магниевых и железистых составов.

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ
НАХКОЛИТА**

Широносова Г.П., Борисенко А.С., Колонин Г.Р. (ИГМ СО РАН)

THERMODYNAMIC ESTIMATION OF NAHCOLITE STABILITY CONDITIONS

Shironosova G.P., Borisenko A.S., Kolonin G.R. (IGM SB RAS)

shiron@igm.nsc.ru, тел.: 8(383) 333 3026

Находки нахколита во включениях в минералах побудили авторов провести оценку условий его устойчивости как при нормальной температуре, так и в присутствии окисленных гидротермальных флюидов в интервале температур 500-100°C в ассоциации с минералами – носителями редкоземельной составляющей. Термодинамические расчеты осуществлены с использованием программного комплекса HCh (Шваров, 2008). В исходном составе системы при 25°C содержалось в г-молях на 1 кг воды $[0.1 \text{ кальцита} + 8 \cdot 10^{-4} \text{ монацита}]_{\text{твердое}} + [0.1 \text{ m HF} + 3 \text{ m H}_2\text{CO}_3 + (0.6\text{--}5.0) \text{ m NaHCO}_3 + (0.0\text{--}4.5) \text{ m HCl} + (0.8\text{--}6.7) \text{ m KOH}]_{\text{раствор}}$. Аналогичные расчеты проведены без добавок H₂CO₃. Диапазон pH возможного образования нахколита в этих условиях составляет от 5 до 10. При этом минимальные концентрации NaHCO₃ растворов, из которых еще образуется нахколит, установлены в интервале pH=7-8 и составляют 1.25 и 0.6 m в случае отсутствия и в присутствии 3m H₂CO₃ соответственно. Расчеты, проведенные с участием окисленных гидротермальных флюидов, показывают, что ассоциация нахколита и тенардита возможна в слабощелочных условиях и только при 100°C в растворе 3m Na₂SO₄ + как минимум 4m NaHCO₃. РЗЭ-содержащие минералы, представлены остаточным монацитом, который частично переработан в РЗЭ-флюорит, РЗЭ-фторапатит и ксенотим.

ДВОЙНАЯ МЕТАСТАБИЛЬНОСТЬ – ЛЮБОПЫТНОЕ ЯВЛЕНИЕ ИЛИ
ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ?

Шмулович К.И. (ИЭМ РАН)

DOUBLE METASTABILITY – IS IT CURIOUS PHENOMENA OR PERSPECTIVE
TECHNOLOGY?

Kirill Shmulovich (IEM RAS)

Kshmulovich@yandex.ru, тел.: 8(496) 524 8297

При изучении метастабильного состояния изохорических водных систем методом синтетических флюидных включений обнаружено явление «двойной метастабильности», т.е. ситуация, когда жидкость (раствор, L) одновременно пересыщена относительно двух фаз: как газо-паровой (V), так и твердой (кристалл соли, S). Область параметров существования двойной метастабильности в жидкости не является экзотической: температуры от -40°C до $+200^{\circ}\text{C}$, давления от положительных в десятки МПа до отрицательных около -200 МПа и концентрации соли до 12 m. Кинетика перехода в стабильное состояние зависит от размеров системы, предельных растяжений для данного раствора, плотности и «качества» межфазовой поверхности. Последние измерения (Bergonzi et.al., GCA, в печати) демонстрируют нуклеацию фазы S вблизи поверхности L. Применение метастабильности жидкой фазы и ингибиторов смачиваемости может дать тонкие инструменты воздействия на пласт.

РАСТВОРИМОСТЬ ЗОЛОТА В СОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ

Шмулович К.И. (ИЭМРАН), Персиков Э.С. (ИЭМРАН), Бухтияров П.Г. (ИЭМРАН)

GOLD SOLUBILITY IN SALT MELTS

Shmulovich K.I. (IEM RAS), Persikov E.S. (IEM RAS), Bukhtiyarov P.G. (IEM RAS)

Kshmulovich@yandex.ru, тел.: 8(495) 437 5319

Вынос вулканическими газами золота хорошо известен на вулканах Эребус, Кудрявый, Толбачик и др. В модели флюидной системы H_2O -Соль при $P < 100$ МПа от расплава отделяются две сосуществующие фазы – газо-паровая и солевой раствор-расплав. Так как малоплотный пар при $P \rightarrow 0.1$ МПа и $T \sim 1000^\circ C$ является плохим растворитель золота, мы предположили, что перенос Au обеспечивает водно-солевой раствор-расплав и металл осаждается при испарении соли. Подъем пузырька магматического газа внутри расплава (камера, жерло, подводный канал) рассматривается как изотермический процесс с падением давления по литостатическому закону.

Измерена растворимость Au в эквимолярной смеси $NaCl+KCl$ при температурах $700-1000^\circ C$. Опыты проводились в кварцевых ампулах, часть была открыта в атмосферу, часть – запаяна с остаточным воздухом и часть – запаяна под форвакуумом. Растворимость металлического Au в герметичных ампулах близка к погрешности весового метода и не превышает 30 ppm, тогда как в открытых ампулах она более чем на порядок больше и достигала 750 ppm.

**ТЕРМОДИНАМИКА ТУГОПЛАВКИХ МИНЕРАЛОВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ
Ca-Al ВКЛЮЧЕНИЙ**

Шорников С.И. (ГЕОХИ РАН)

THERMODYNAMICS OF Ca–Al INCLUSION’S REFRACTORY MINERALS

Shornikov S.I. (GEOKHI RAS)

sergey.shornikov@gmail.com, тел.: (812) 540 0342

Высокотемпературные термодинамические свойства минералов – корунда Al_2O_3 , гибонита $CaAl_6O_{19}$, гроссита $CaAl_4O_7$ и дмитрийивановита $CaAl_2O_4$ представляют особый интерес для метеоритики как наиболее тугоплавкие минералы, входящие в состав Ca-Al включений хондритов.

В рамках полуэмпирической модели, базирующейся на теории идеальных ассоциированных растворов (Шорников, 2009), рассчитаны термодинамические свойства перечисленных минералов в области температур 1600-2500 К.

Исходные данные для расчёта были получены масс-спектрометрическим эффузионным методом Кнудсена.

Рассмотрены температурные зависимости изменения парциальных давлений компонентов газовой фазы и состава газовой фазы над этими минералами, состоящей из следующих атомов и молекул: Ca, CaO, Al, AlO, Al_2O , AlO_2 , Al_2O_2 , Al_2O_3 , O, O_2 и O_3 . Обнаруженные термодинамические закономерности обсуждены с точки зрения диаграммы состояния системы CaO– Al_2O_3 .

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ СИСТЕМЫ Fe–O
ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Шорников С.И. (ГЕОХИ РАН)

**A THERMODYNAMIC PROPERTIES OF THE Fe–O SYSTEM COMPOUNDS
AT HIGH TEMPERATURES**

Shornikov S.I. (GEOKHI)

sergey.shornikov@gmail.com, тел.: (812) 540 0342

В рамках полуэмпирической модели, базирующейся на теории идеальных ассоциированных растворов (Шорников, 2009), были проведены расчеты термодинамических свойств соединений и расплавов в системе Fe–O в области температур 1500–2500 К.

Целью настоящей работы являлось рассмотрение изменения состава газовой фазы над вюститом Fe_xO , магнетитом Fe_3O_4 , гематитом Fe_2O_3 и расчёт активности оксидов железа в расплавах системы Fe–O для понимания фракционирования железа в минералах и расплавах в процессе испарения. Следует отметить, что в составе газовой фазы, состоящей из Fe, Fe_2 , FeO, FeO_2 , O, O_2 и O_3 , не имеется компонентов, соответствующих форме трёхвалентного железа.

Полученные данные соответствуют выполненным ранее расчётам (Куликов, 1986), относящимся к области более низких температур. Результаты расчётов согласуются с предполагаемой диаграммой состояния системы Fe–O (Лякишев и др., 1997).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ CaO–TiO₂

Шорников С.И. (ГЕОХИ)

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF CaO–TiO₂ MELTS

Shornikov S.I. (ГЕОХИ)

sergey.shornikov@gmail.com, тел.: (812) 540 0342

Физико-химические свойства титанатов кальция и их расплавов представляют значительный интерес для метеоритики. В частности, один из минералов – перовскит CaTiO₃ входит в состав Ca–Al–включений хондритов.

Используя разработанную полуэмпирическую модель, базирующуюся на теории идеальных ассоциированных растворов (Шорников, 2009), рассчитаны термодинамические свойства кальциевотитанатных расплавов в области температур 1600–2400 К. Энергетические параметры межмолекулярных взаимодействий были найдены из экспериментальных данных о температурных зависимостях стандартных энергий Гиббса $\Delta G^\circ(i)$ образования CaO, Ca₃Ti₂O₇, Ca₄Ti₃O₁₀, CaTiO₃ и TiO₂ в кристаллическом и жидком состоянии и следующих компонентов газовой фазы – Ca, Ca₂, CaO, Ti, TiO, TiO₂, CaTiO₃, O, O₂ и O₃. Рассчитанные величины активностей оксидов и энергий смешения расплавов в системе CaO–TiO₂ соответствуют экспериментальным данным, полученным масс-спектрометрическим эффузионным методом Кнудсена (Banon et al., 1981).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ FeO–SiO₂

Шорников С.И. (ГЕОХИ)

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF THE FeO–SiO₂ MELTS

Shornikov S.I. (ГЕОХИ)

sergey.shornikov@gmail.com, тел.: (812) 540 0342

В системе FeO–SiO₂ образуется два силиката железа – фаялит и ферросилит, последний метастабилен. Они широко распространены в природе в виде твёрдых растворов оливинов и пироксенов, что обуславливает геохимическую значимость этой системы.

В рамках полуэмпирической модели, базирующейся на теории идеальных ассоциированных растворов (Шорников, 2009), были проведены расчеты термодинамических свойств расплавов в системе FeO–SiO₂ в области температур 1300-2300 К.

Энергетические параметры межмолекулярных взаимодействий были найдены из экспериментальных данных о конденсированных фазах – FeO, Fe₂SiO₄, FeSiO₃ и SiO₂ (в кристаллическом и жидком состоянии) и компонентах газовой фазы – Fe, Fe₂, FeO, FeO₂, Si, Si₂, Si₃, SiO, SiO₂, Si₂O₂, O, O₂ и O₃. Сопоставление результатов расчётов величин активностей оксидов и энергий смешения расплавов в системе FeO–SiO₂ с экспериментальными данными показывает удовлетворительное соответствие.

АЛЬБЕДНЫЕ АНОМАЛИИ НА ДНИЩЕ КРАТЕРА ЭЙТКЕН

Шпекин М.И. (КФУ), Баренбаум А.А. (ИПНГ), Мухаметшин Ч.Р. (КФУ)

ALBEDO ANOMALIES ON THE AITKEN CRATER FLOOR

Shpekin M.I. (KFU), Barenbaum A.A. (OGRI RAS), Mukhametshin Ch.R. (KFU)

MichaelS1@yandex.ru, тел.: (843) 233 7347

azary@mail.ru, тел.: 8(499) 135 7221

alanparker17@bk.ru, тел.: (843) 292 7797

Молодые ударные кратеры на Луне хранят следы геологических процессов, которые не наблюдаются в давно возникших кратерах. Мы уже обращали внимание на необычные свойства кратеров Циолковский и Эйткен, где на юго-западном склоне центральных горок обнаружены сползающие на днище кратеров значительные по объему блоки пород. Эти блоки своей формой напоминают горные ледники на Земле, и потому трактуются как содержащие в своем составе значительное количество замороженного льда. Последние наблюдения со спутника LRO позволяют выявить новые свойства альбедных аномалий в кратере Эйткен в дополнение к замеченным ранее на снимках спутников «Lunar Orbiter» и кораблей «Зонд-8» и «Аполлон-17». Распределение мелких ударных структур в кратере Эйткен приводит нас к заключению, что участки альбедных аномалий к западу от центральной горки и сползающие блоки пород центральной горки имеют общее происхождение, причем их возраст заметно моложе днища кратера.

ВНЕЗЕМНЫЕ МИНЕРАЛЫ В ПОРОДАХ ПРИЛАДОЖЬЯ

Юрковец В. П. (*Академия ДНК-генеалогии, Бостон, США*)

EXTRATERRESTRIAL MINERALS IN THE ROCKS OF PRILADOZHJE

Yurkovets V. P. (*The Academy of DNA Genealogy, Boston, USA*)

valery.yurkovets@gmail.com, тел.: 8(921) 407 1379

В дополнение к муассаниту шоковых микроструктур (Юрковец, 2014) в ходе полевого сезона 2014 года были найдены новые образцы, содержащие минералы внеземного происхождения. Муассанит двух поли типов H6 и R15 обнаружен в образце кварц-серицитового сланца, отобранного в отложениях приладожского кама (проба № 146). В одном из образцов по данным рентгено-структурного анализа выявлены троилит и баррингерит (проба № 103). Образец имеет «аэродинамическую» форму и остатки корки плавления, разрушенной выветриванием. Плотность 2.98 г/куб. см, магнитный. С учётом данных силикатного и микрозондового анализов, а также оптического исследования, данный образец предварительно можно отнести к метеоритам группы HED.