

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**

**ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ**

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

**ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ**

**РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**РОССИЙСКОЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ  
ОБЩЕСТВО**

**ВСЕРОССИЙСКИЙ**

**ЕЖЕГОДНЫЙ СЕМИНАР ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ**

**МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ**

**ВЕСЭМПГ-2016**

**19–20 апреля 2016 г.**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Москва 2016

## Председатели семинара

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

### Оргкомитет:

д.г.-м.н. Алексей Алексеевич Арискин	(МГУ, ГЕОХИ РАН)
д.г.-м.н. Андрей Викторович Бобров	(МГУ, ГЕОХИ РАН)
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)

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА И ПЕРЕХОДА ЕГО ИЗ МАГМЫ В ЯДРО**

**Аверин В.В., Аверин А.В., Лебедев Е.Б. (ИМЕТ, ГЕОХИ)**

[7954455@mail.ru](mailto:7954455@mail.ru); +79037954455

Взаимодействие элементов в начальной стадии формирования Земли привело к образованию наиболее устойчивых соединений, основу которых составляют оксиды. Содержание элементов в земной коре описывается кларковыми числами.

В работе проведены расчеты с использованием программы «Терра» процессов образования соединений железа с выделением металлического железа в широкой области температур и определенном давлении 100 атм, соответствующим равновесию в первоначальной жидкой магме на глубине в 300 м. Высокая скорость в газовой среде приводит к турбулентному перемешиванию магмы и обеспечивает более обширные площади образования нефтегазоносных месторождений, по сравнению с железорудными.

Термодинамическим анализом определены условия выделения капель металлической фазы на основе железа из охлаждающейся магмы, их коагуляции и движения к ядру.

Рассмотрена необходимость учета повышенного содержания углерода в коре Земли, что требует повышения расчетного исходного содержания углерода.

Приближение расчетного содержания железа к фактическому увеличивает количество металлической фазы, и, соответственно ускоряет процесс движения их к ядру вследствие разницы в плотностях железа и магмы.

**ПОВЕДЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА В СИНТЕТИЧЕСКОЙ ПОРОДЕ В ТЕРМОГРАДИЕНТНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Акимов В.В. (ИГХ СО РАН), Арсентьев К.Ю. (ИГХ СО РАН)**

vladlen\_akimov@mail.ru; 8 (3952) 42 99 67

*Гранты РФФИ №16-05-00406; №16-35-00102; Программа ИНЦ СО РАН № 1.4.*

В докладе представлены результаты исследований процесса перераспределения наночастиц золота по объему синтетической породы в термоградиентных гидротермальных условиях ( $T=450^{\circ}\text{C}$  и  $P=1$  кбар). В состав синтетической породы входили пирит (месторождение Сухой Лог с низким содержанием золота до 1 г/т), суперкварцит (Бурал-Сардыкское месторождение кварцитов) и графитовый высокодисперсный порошок марки МПГ-1. Для обеспечения вариабельности физико-химических условий в эксперименте при одном и том же фазовом составе, кварцит и пирит вводились в систему в виде механически активированных разное время фаз. Наночастицы золота (по данным ПЭМ и РСА 5-15 нм) наносились на поверхность графитового порошка методом магнетронного распыления золотой мишени. Синтетическая порода состояла из пяти слоев: трех графитовых, между которыми располагался слой пирита или кварцита ( $|\text{C}+\text{Au}|$ - $|\text{FeS}_2|$ - $|\text{C}+\text{Au}|$ - $|\text{SiO}_2|$ - $|\text{C}+\text{Au}|$ ).

Результаты исследования (ПЭМ) показали, что плотность наночастиц золота на поверхности графитового порошка существенно уменьшается. В то же время по данным РСМА в пирите и кварците появляются микронные золотосодержащие частицы (Au от 10 до 85 мас%), чаще всего округлой формы, в состав которых входят (C – 0-40 мас%; Si – 0-45 мас%; O – 0-14 мас%; Fe – 0-53 мас%; S – 0-34 мас%; в неактивированных пиритах в двух частицах из 6 обнаружено серебро 2 и 6 мас% при содержании Au 41 и 64 мас% соответственно, в механоактивированных пиритах присутствия серебра не обнаружено). Следовательно, наночастицы Au не "улавливаются" графитизированным веществом, а переносятся в термоградиентном поле в виде наночастиц или на субмикронных частицах графита.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ НА  
ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОДАХ**

**Александрова Е.В. (ИГЕМ РАН)**

[ligasmy@gmail.com](mailto:ligasmy@gmail.com); 8(499) 230 84 40

При попадании радиоактивного загрязнителя в подземную среду основным механизмом его распространения является перенос подземными водами. Оценка скорости миграции радионуклидов проводится с использованием методов математического моделирования. Для получения достоверных прогнозов миграции радионуклидов в подземной среде в подобных моделях необходимо учитывать форму переноса радионуклидов. В первую очередь – коллоидную форму, которая характеризуется наибольшей подвижностью.

Известны различные теоретические подходы, рассматривающие процесс сорбции радиоколлоидов как процесс осаждения на свободной поверхности вмещающих геологических пород. В работе представлена математическая модель осаждения коллоидных частиц различных типов, которая позволяет сравнить результаты расчётов величины фронта распространения радиоактивного загрязнения, полученные как на основе традиционного подхода, так и с использованием более современного подхода, в соответствии с которым процесс осаждения радиоколлоидов рассматривается как замещение ранее сорбированных частиц естественного происхождения.

**ВЕСЭМПГ-2016 - 004**

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ АБЛЯЦИИ ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ ПО ТРЕКОВЫМ  
ДАНЫМ

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

[AVAL37@mail.ru](mailto:AVAL37@mail.ru); 8 (496) 522 19 88

*Работа частично поддержана Программой № 7 Президиума РАН*

Найдены аналитические выражения для аппроксимации глубинных зависимостей скорости образования треков тяжёлых ядер галактических космических лучей (ГКЛ) в силикатных кристаллах обыкновенных хондритов разных доатмосферных размеров. Эти данные привлечены для построения номограммы, позволяющей оценить величину абляции метеорита по найденной массе и среднему значению скорости образования в нём треков ГКЛ. На основе систематики литературных и полученных в Лаборатории космохимии данных о скоростях образования треков VН-ядер ГКЛ в метеоритах выполнена оценка и найдены особенности распределений величины абляции около 100 обыкновенных хондритов.

**ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ СТЕНОК АМПУЛ НА ОСАЖДЕНИЕ КРЕМНЕЗЕМА ИЗ НЕДОСЫЩЕННОГО РАСТВОРА**

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

alekseyev-v@geokhi.ru; 8 (499) 137 86 19

В настоящее время формируется новая область геохимии, наногеохимия, в которой изучается реакционный перенос с участием нанофлюидов и наночастиц минералов. Эти объекты широко распространены в земной коре и обладают свойствами, отличными от свойств их объемных аналогов. Данная работа относится к этой области исследований. Выполнены эксперименты при 300°C и  $P=P_{\text{нас}}$  в герметичных платиновых ампулах с водой, насыщенной кремнеземом относительно кварца, в условиях небольшого повышения температуры снизу вверх (0.2 °/см). Эксперименты показали, что со временем кремнезем переходит из жидкой воды в паровую фазу и осаждается там, на стенках ампул. Этот перенос был более интенсивным в ампулах с более шероховатыми внутренними стенками. Результаты экспериментов объясняются процессом дистилляции, который инициируется преимущественным испарением в тонком слое раствора (нанометры) у края мениска. В этом процессе шероховатые стенки играют роль центров гетерогенной нуклеации и благоприятных мест для закрепления и роста зародышей. Похожая обстановка возможна в гидротермальных системах, расположенных под силлами и лавовыми потоками, где существует инверсия геотермального градиента.

**ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА СОСТАВ, СТРУКТУРУ, ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ГИДРОФОБНОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ АЛМАЗОВ**

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

for\_nataliya@list.ru, bunin\_i@mail.ru; 8 (495) 360 73 28

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

В результате спектроскопических (РФЭС, ИКФС), электронно-микроскопических (РЭМ – РСМА, АСМ) исследований, определения электрокинетического потенциала (метод электроосмоса) и гидрофобности поверхности минералов (метод В.А.Глембоцкого) получены новые экспериментальные данные о влиянии наносекундных импульсов высокого напряжения (МЭМИ:  $\tau_{имп} \leq 10$  нс,  $E \sim 10^7$  В/м, энергия в импульсе 0.1 Дж, частота следования импульсов 100 Гц) на фазовый состав поверхности, морфологические, электрические, физико-химические свойства поверхности алмазов с целью направленного изменения поверхностных и объемных свойств кристаллов, увеличения контрастности физико-химических, электрофизических свойств алмазов и минералов породы и обеспечения сохранности кристаллов алмазов в процессах измельчения руд.

Импульсные энергетические воздействия вызвали изменение функционального покрова поверхности кристаллов алмазов с образованием гидроксильных и/или карбонильных групп вследствие окисления поверхностного слоя кристаллов при взаимодействии с активными продуктами радиолитического разложения водно-воздушной среды. Данный факт подтверждается увеличением электрокинетического потенциала кристаллов в области отрицательных значений, изменением морфологических свойств и увеличением гидрофобности поверхности алмазных кристаллов, предположительно, вследствие отслоения и частичного разрушения минеральных пленок вторичных фаз на поверхности кристаллов.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 007**

### **НОВЫЕ ТИПЫ ЭПГ-МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ТРОКТОЛИТАХ И ПЛАГИОДУНИТАХ ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО МАССИВА**

**Арискин А.А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Данюшевский Л.В. (Тасманийский ун-т, Австралия), Николаев Г.С. (ГЕОХИ РАН), Кислов Е.В. (ГИН СО РАН), Япаскурт В.О. (геол. ф-т МГУ)**

[ariskin@rambler.ru](mailto:ariskin@rambler.ru); (495) 939 7003

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

Дунит-троктолит-габброноритовый Йоко-Довыренский плутон и комагматичные силлы плагиоперидотитов включают Cu-Ni сульфидные руды и разнообразие типов малосульфидной минерализации, в т.ч. - анортозиты с рассеянной сульфидной вкрапленностью и минералами ЭПГ. Мы представляем новые данные, указывающие на присутствие участков накопления высокомедистых и богатых ЭПГ сульфидов в мезократовых породах из нижней части троктолитовой зоны, а также первые находки минералов платиновой группы (МПГ) в хромите из плагиодунитов основания массива. В троктолите наиболее распространены мончеит (Pt,Pd)(Te,Bi)<sub>2</sub>, котульскит Pd(Te,Bi,Pb), теллагралит (Pd,Ag)<sub>2-4</sub>(Te,Pb); реже встречаются масловит Pt(Te,Bi)<sub>2</sub>, потарит PdHg и другие. При исследованиях хромита из плагиодунитов в основании массива впервые установлено присутствие включений лаурита RuS<sub>2</sub> и Os-Ir сплава. Неожиданным явилось обнаружение зерна самородной платины (размером 5 микрон, ~85% Pt и 15% Pd) в интеркумулусе.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 008**

ЭВОЛЮЦИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ФАЗ НА ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛОВ ПИРИТА В СИСТЕМЕ FeS<sub>2</sub>-Ag-Pt

**Арсентьев К.Ю. (ЛИН СО РАН), Воронова И.Ю., Липко С.В., Таусон В.Л. (ИГХ СО РАН)**

[arskir@gmail.com](mailto:arskir@gmail.com); 89149431290

*Гранты РФФИ №№ 16-35-00102, 15-05-05767, 15-05-00612.*

При изучении природы двойственности коэффициентов распределения благородных металлов между минералами и флюидами установлено, что Pt и Ag существенно обогащают поверхность растущих кристаллов пирита. Методы СЭМ-ЭДС и СЗМ, применяемые совместно с РСМА, ЛА-ИСП-МС и РФЭС, дают информацию об эволюции первичных (неавтономных) фаз (НФ), равномерно распределенных по поверхности и обогащенных Pt и другими несовместимыми элементами. Они эволюционируют в направлении промежуточных объектов (мезофаз) размером в доли микрона и первые микроны, состав которых в значительной мере унаследован от прекурсоров – наноразмерных НФ. Полученные данные говорят о необходимости осторожного отношения к так называемым микроминералам, широко представляемым ныне в качестве новых минеральных видов на основе локальных методов, без серьезного анализа их предыстории.

**ВЕРИФИКАЦИЯ ЛИКВИДУСНОГО ТЕРМОБАРОМЕТРА МАГНЕТИТ-СИЛИКАТНЫЙ РАСПЛАВ НА ПРИМЕРЕ РАССЛОЕННЫХ ИНТРУЗИВОВ.**

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

[Aryana@mail.ru](mailto:Aryana@mail.ru); 8 (926) 344 47 71

Получена система уравнений для 5 миналов магнетитового термобарометра. В качестве примера – уравнение для минала  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$  (магнетит):

$$X^{Mt} = \exp \left[ \left( A^{Mt} + \beta^{Mt} P \right) / T + B^{Mt} + D^{Mt} \lg fO_2 + \sum J_i^{Mt} X_i + \ln \alpha_{\text{FeO}} + 2 \ln \alpha_{\text{FeO}_{1/5}} \right]$$

Верификация полученных уравнений термобарометров выполнена на двух уровнях. В первую очередь проверялось воспроизведение экспериментальных составов магнетитов и температур ликвидуса минерала с рассчитанными в программе КриМинал по разработанным уравнениям термобарометров.

Тестирование термобарометра в программе КриМинал показало хорошие корреляции экспериментальных и рассчитанных значений, что демонстрируется узкими доверительными интервалами на 5% уровне значимости (менее  $\pm 1.5$  мас.% для  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , менее  $\pm 0.5$  мас.% для  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  и менее 0.15 мас.% для  $\text{TiO}_2$ , менее  $\pm 11.8$  °C для T).

Следующий уровень – это проверка на материале трех расслоенных интрузивных комплексов (Ципрингский, Киваккский и Бураковский). Используя магнетитовый термобарометр можно предсказывать уровень появления магнетита в разрезах массивов. За счёт ширины доверительного интервала ( $\pm 12$ °C) появление рудных минералов предсказывается с точностью  $\pm 50$ м.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 010**

### **СОСТАВ РАСПЛАВОВ КОМАТИИТОВ БАРБЕРТОН ПО ДАННЫМ 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), Крашенинников С.П. (ГЕОХИ РАН), Вилсон А.Х. (Univ. Witwatersrand), Бирли Г.Р. (LSU)**

[evasafov@gmail.com](mailto:evasafov@gmail.com); +7-903-004-75-64

*При поддержке гранта РФФ 14-17-00491.*

Недавние исследования расплавных включений в высокомагнезиальных оливинах (Fo 92.4-Fo 94.2) из коматиитов зеленокаменного пояса Абитиби возрастом 2.7 млрд. лет (Sobolev et al., 2016) указывают на контаминацию расплавов морской водой на ранней стадии эволюции магм, о чем свидетельствуют высокие содержания Cl. Тем не менее, признаки взаимодействия с морской водой отсутствуют в расплавных включениях из наиболее магнезиальных оливинов (Fo 94-94.5), которые содержат до 0.8 мас.% H<sub>2</sub>O. Это позволяет предположить наличие глубинного водного резервуара в Архейской мантии.

Получены новые данные по содержанию воды и других подвижных компонентов, главных и примесных элементов в расплавных включениях в оливинах из коматиитов формации Комати (3.5 млрд. лет) и формации Велтевреден (3.3 млрд. лет) зеленокаменного пояса Барбертон, Южная Африка.

Расплавные включения из серии образцов пояса Барбертон были выдержаны в течение 5 минут при температуре 1400 и 1450, в зависимости от состава оливина-хозяина в С-О-Н атмосфере и буфере кварц-фаялит-магнетит (QFM) и закалены. Выведенные на поверхность включения были проанализированы с помощью EPMA и SIMS и содержат 0.2-0.8 мас.% H<sub>2</sub>O и от 50 ppm до 2.5 мас.% Cl при содержании MgO от 23 до 30 мас.%.

**МОНОМИНЕРАЛЬНЫЙ АМФИБОЛОВЫЙ БАРОМЕТР ДЛЯ МАНТИЙНЫХ ПЕРИДОТИТОВ И ПИРОКСЕНИТОВ**

**Ащепков И.В. (ИГиМ СО РАН)**

[igor.ashchepkov@igm.nsc.ru](mailto:igor.ashchepkov@igm.nsc.ru); 79505918327

Грант РФФИ 05-16-00860а. Igora57@mail.ru

**Калибровка перераспределения S-Al- K-Na-Ca в структуре мантийных амфиболов (Сп-роговых обманок, паргаситов, керсутитов)** на экспериментальных данных (Niida, Green, 1999; Wallace Green, 1991 и др.) позволила получить уравнение для оценки давлений в интервала 5 – 35 кбар (с перспективой расширения).  $AMKd = SI / (8 - Al - 2.2 * Ti) * (Na + K) / Ca$

$P \text{ (кбар)} = 0.035 * (4 + (K) / (Na + K)) * 2 * Mg / Fe + 3.75 * (K + Na) / Na * AMKD * ToK^{**0.75} /$

$(1 + 3.32 * Fe) - Ln(1273 / (ToK)) * 5 * (8 * Mg - Al * 2 + 3 * Ti + 8 * Cr + 3 * K)$

Уравнение регрессии ( $E \sim 0.82$ ) и точность в пределах 5 кбар позволяют использовать данный барометр для широкого круга мантийных пород: от перидотитов до пироксенитов и мегакристаллов. Барометр был включен в программу мантийных термобарометров (Ащепков, 2011) и вместе с модифицированной мономинеральной версией Амф-Гр термометра (Ravna, 2000) позволяет использовать анализы амфибола для оценки PT параметров. Проверка на ассоциациях для пород из кимберлитов трубок севера Сибирской платформы (Куойкское поле) и глубинных ксенолитов базальтов Байкальского рифта показали сходимость с оценками по другим термобарометрическим методам.

**ТОНКОЗЕРНИСТЫЕ ШЛАКОВИДНЫЕ И НЕПЕРЕПЛАВЛЕННЫЕ МИКРОМЕТЕОРИТЫ:  
ИХ ИСТОЧНИКИ И СВЯЗЬ С КОСМИЧЕСКИМИ СФЕРУЛАМИ**

**Бадюков Д.Д. (ГЕОХИ РАН)**

[badyukov@geokhi.ru](mailto:badyukov@geokhi.ru); 8(495) 939 70 53

*Поддержано программой № 7 Президиума РАН.*

Тонкозернистые шлаковидные – умеренно нагретые при пролете в атмосфере - и непереплавленные – претерпевшие слабый нагрев - микрометеориты (соответственно ТзШММ и ТзНММ) составляют значительную часть потока космической пыли на Землю. Полагается, что их родительские тела сложены веществом, схожим с углистыми хондритами. Это вещество также может являться прекурсором космических сферул. Нами были сопоставлены валовые составы ТзШММ и ТзНММ с составами матрицы углистых хондритов и космических сферул разных типов. Показано, что 1) ТзШММ и ТзНММ имеют одинаковое исходное вещество, 2) основная часть ТзШММ и ТзНММ обеднена Fe по сравнению с матрицей углистых хондритов и большинством космических сферул и 3) матрица углистых хондритов может быть прекурсором большинства космических сферул. Предполагается, что источником ТзММ служит материал, хоть и близкий по составу к матрице СС и прекурсорам КС, но не являющийся их полным аналогом.

ФАЗЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В L6 ХОНДРИТЕ DHO FAR 922

**Бажан И.С. (ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИГМ СО РАН, НГУ), Бадюков Д.Д. (ГЕОХИ РАН)**

[ibazhan@gmail.com](mailto:ibazhan@gmail.com); 8 (383) 333 26 00

*Поддержка Министерства образования и науки РФ, проект № 14.В25.31.0032.*

Метеорит Dhofar 922, обыкновенный хондрит L6, найден в Омане 6 февраля 2003 г. Вмещающая порода представлена оливином ( $\text{Fa}_{25,3}$ ), ортопироксеном ( $\text{En}_{77}\text{Fs}_{21,5}\text{Wo}_{1,5}$ ), клинопироксеном ( $\text{En}_{47,4}\text{Fs}_{7,7}\text{Wo}_{44,9}$ ), плагиоклазом (маскелинитом) ( $\text{Ab}_{86,6}\text{An}_{9,8}\text{Or}_{3,5}$ ), хромитом, троилитом и Fe-Ni железом, пересекается сетью ударно-расплавленных жил, заполненных фрагментами вмещающей породы с силикат-троилит-Fe-Ni расплавом. Метеорит Dhofar 922 содержит относительно крупные зерна рингвудита синего цвета размером до 100 мкм, которые легко диагностируются в проходящем свете микроскопа. Предыдущие исследования высокобарических полиморфных модификаций оливина в метеорите Dhofar 922 были проведены с использованием методов оптической, сканирующей электронной микроскопии (SEM) и микрозондового анализа. Кроме отмеченных фаз были найдены мелкозернистые и скрытокристаллические агрегаты мэйджорита и магнезиовюстита, соответственно. Оценка давления образования высокобарической ассоциации в ударных жилах Dhofar 922 составляет 22-30 ГПа. В настоящей работе было проведено исследование методами SEM-EDS и Рамановской спектроскопии. Охарактеризованы спектры вадслеита, рингвудита ( $\text{Fa}_{34,9}$ ) и мэйджорита ( $\text{Na}_{0,08}\text{Ca}_{0,15}\text{Mg}_{3,00}\text{Mn}_{0,01}\text{Fe}_{0,04}\text{Cr}_{0,03}\text{Al}_{0,33}\text{Si}_{3,81}\text{O}_{12}$ ). Кроме этого были обнаружены агрегаты жадеита ( $\text{Ab}_{84,7}\text{An}_{12,7}\text{Or}_{2,6}$ ). Жадеит образуется в результате реакции диссоциации альбита: альбит = жадеит +  $\text{SiO}_2$  при давлении  $>3$  ГПа и температуре  $>1000$  °С. Область стабильности жадеита 3–19 ГПа. При давлении выше 19 ГПа жадеит трансформируется в высокобарическую полиморфную модификацию лингунит. В ходе исследования лингунит обнаружен не был. По всей видимости, образование жадеита происходило при обратном переходе из лингунита на стадии декомпрессии при 19 ГПа, так как сосуществующие минералы свидетельствуют о более высоких давлениях при их образовании.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 014**

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛА ЯДРА КОМЕТЫ ЧУРЮМОВА-ГЕРАСИМЕНКО ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МИССИИ «РОЗЕТТА».

**Базилевский А.Т. (ГЕОХИ РАН, МИИГАиК), Красильников С.С. (ГЕОХИ РАН, МИИГАиК), Ширяев А.А. (ИФХЭ, ИГЕМ РАН), Маль У. (МПИ, Геттинген), Келлер Х.У. (ТУБ, Брауншвайг) Скоров Ю.В. (МПИ, Геттинген), Моттола С. (ДЛР ИПИ, Берлин), Хвид Ш.Ф. (ДЛР ИПИ, Берлин)**

[atbas@geokhi.ru](mailto:atbas@geokhi.ru): 8 (499) 137 4995

### **Исследования Луны.**

*Гранты: РНФ, проект № 14-22-00197 и Программой 9 Президиума РАН (А.Т. Базилевский, С.С. Красильников), РФФИ 15-05-03351 (А.А. Ширяев).*

Прочность консолидированного материала ядра кометы Чурюмова-Герасименко, оценивалась путем анализа характеристик рельефа крутых уступов, где он выходит на поверхность. Прочность его на разрыв от 1.5 Па до 100 Па, на сдвиг от ~13 Па до  $\geq 30$  Па, на сжатие от 30 Па до 150 Па и, возможно, до 1.5 кПа. С учетом зависимости результатов измерений от размеров измеряемого объекта, они близки к таковым для сухого снега при  $-10^{\circ}\text{C}$ . Прочность материала поверхности (на сжатие) в месте первого контакта посадочного аппарата «Филы» с ядром оценена по измерениям динамики удара опорами аппарата и геометрии ямок от удара, как 1-3 кПа. Поскольку здесь скорость деформации была на 4 порядка выше таковой в типичных земных измерениях, это должно приводить к завышению прочности на порядок. В месте последнего контакта Филы с ядром была попытка внедрить в материал поверхности щуп прибора MUPUS. Заметного внедрения добиться не удалось, что привело к оценке минимальной прочности материала на сжатие  $\geq 4$  МПа.

О НАУЧНОЙ РЕВОЛЮЦИИ В СРАВНИТЕЛЬНОЙ ПЛАНЕТОЛОГИИ

**Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)**

[azary@mail.ru](mailto:azary@mail.ru); 8 (499) 135-54-67

По определению К.П.Флоренского, сравнительная планетология – это наука, изучающая Солнце и планеты, как единую природную систему тел в совокупности всех их свойств. Будучи тесно связанной с космогонией, геологией, геохимией и геофизикой, сравнительная планетология занимает в космическом естествознании свое особое самостоятельное место.

К настоящему времени с помощью космических аппаратов получен большой объем новых сведений о процессах, происходящих в прошлом на планетах и их крупных спутниках. Эти данные заставляют кардинально менять общепринятые взгляды на образование и эволюцию отдельных планет. В результате знания о Солнечной системе сегодня находятся в состоянии, которое, следуя Т. Куну, с полным основанием можно назвать кануном научной революции.

Путем выхода из возникшего состояния может стать переход сравнительной планетологии к представлениям галактоцентрической парадигмы. Данная естественнонаучная концепция рассматривает Солнце и планеты как физически открытую систему космических тел, которая циклически подвергается воздействиям звезд и комет Галактики. Приводятся эмпирические данные и теоретические аргументы, которые обосновывают этот вывод автора.

**ФАЗОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ И МЕЖФАЗОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА В МОДЕЛЬНОМ ПИРОЛИТЕ ПРИ 7,0 И 2,5 ГПА И 1400-1900°C**

**Бенделиани А.А., Бобров А.В., Сироткина Е.А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН),  
Каргальцев А.А., Игнатъев Ю.А., Кадик А.А. (ГЕОХИ РАН)**

[garmr9@gmail.com](mailto:garmr9@gmail.com)

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-35-00171.*

Цель – изучение фазовых отношений при частичном плавлении пиrolита в условиях гранатовой (при фиксированном давлении 7 ГПа и температурах 1600, 1700, 1800, 1900°C) и шпинелевой фаций глубинности (при фиксированном давлении 2.5 ГПа и температурах 1400, 1500, 1600 °C). Эксперименты были проведены на твердофазовой установке типа «наковальня с лункой» (тороид, ячейка диаметром 30 мм из прессованной смеси MgO+BN, графитовый контейнер-нагреватель) в ГЕОХИ РАН. Стартовый состав был представлен модельным пиrolитом (мас.%) [Ringwood, 1966]: 46.18 SiO<sub>2</sub>, 3.58 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.50 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 38.32 MgO, 8.17 FeO, 3.17 CaO, 0.58 Na<sub>2</sub>O. Фазовые ассоциации, полученные в опытах при 7 ГПа, включают в себя малохромистый гранат и оливин (зона рестита), а также ортопироксен в микрозернистом гранат-пироксеновом закаленном агрегате (зона плавления). В шпинелевой фации глубинности хром преимущественно концентрируется в хромшпинели из зоны оливинового рестита, а в гранатовой фации глубинности более высокое содержание хрома фиксируется в зоне плавления. Данные наблюдения подтверждают идею [Stachel, 1998], [Bulatov, 1991] о формировании высокохромистых гранатов в протолите, испытавшем частичное плавление в шпинелевой фации глубинности.

**МИНЕРАЛЫ ТИТАНА В АЛМАЗООБРАЗУЮЩИХ ОЧАГАХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ  
(ПРИРОДНЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)**

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

[bovkun2004@mail.ru](mailto:bovkun2004@mail.ru); 8(495) 9393021

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-05-00537.*

*Ильменит (Fe,Mg)TiO<sub>3</sub>, перовскит CaTiO<sub>3</sub> и рутил TiO<sub>2</sub> – основные минералы-концентраторы титана в кимберлитах, где они встречаются преимущественно в виде макро- и микрозерен, рассеянных в связующей массе кимберлитовых пород. Во включениях в алмазе и ксенолитах алмазоносных мантийных пород из кимберлитов минералы титана сравнительно редки и представлены, главным образом, ильменитом и рутилом.*

При 7 - 8 ГПа и 1600-1650°C экспериментально изучены фазовые отношения при плавлении многокомпонентных алмазообразующих систем верхней мантии с граничными К-Na-Mg-Fe-Sa-карбонатом, перидотитом, эклогитом, углеродом и минералами титана (ильменитом, рутилом, перовскитом). Обнаружена жидкостная несмесимость расплавов минералов титана с карбонат-углеродными, перидотит-карбонат-углеродными и эклогит-карбонат-углеродными ростовыми расплавами алмазов. Растворимость титанистых компонентов в алмазообразующих расплавах пренебрежимо мала и не зависит от содержания минералов титана в экспериментальных системах. При этом ростовые расплавы сохраняют высокую алмазообразующую эффективность. Установлено, что перовскит в алмазообразующих силикат-карбонатных расплавах реагирует с образованием рутила. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о ксеногенной природе минералов титана в алмазообразующих расплавах и, соответственно, во включениях в алмазе.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЁМКОСТИ ОСНОВНЫХ КАРБОНАТОВ  
МЕДИ**

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

[tmb@iem.ac.ru](mailto:tmb@iem.ac.ru); 8(496) 522 58 47

В рамках работ по определению условий кристаллизации основных карбонатов меди малахита и азурита нами исследовались фазовые соотношения в системе  $\text{CuO-CO}_2\text{-H}_2\text{O-NH}_3$  путем расчета и построения диаграмм растворимости соединений меди для температур до  $100^\circ\text{C}$ , давления 0.1 МПа и различных концентраций аммиака. При расчете термодинамических функций основных карбонатов меди (малахита и азурита) при повышенных температурах были использованы зависимости теплоемкости от температуры, полученные экспериментально для природных малахита и азурита, а также малахита, синтезированного нами. Калориметрические данные показали, что теплоемкость синтетического малахита в среднем на 4% выше, чем природного. Следует отметить неплохое согласие наших экспериментальных данных с имеющимися в литературе.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 019**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОЙ НЕФТИ ПРИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПОРОДЫ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

**Бычков А.Ю., Калмыков Г.А., Балущкина Н.С., Калмыков А.Г., Стенников А.В., Сидкина Е.С., Бугаев И.А., Попова Ю.А., Тарнопольская М.Е.,**

**Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ)**

[bychkov@geol.msu.ru](mailto:bychkov@geol.msu.ru); 8 (495) 939 12 39

*Проект РНФ 15-17-00010.*

Баженовская свита является одним из крупнейших резервуаров пород с высоким содержанием органического вещества (керогена), они считаются нефтематеринскими и нефтемещающими. Проведено исследование взаимодействия пород баженовской свиты с гидротермальными растворами в закрытой системе при 150-470°C и давлении насыщенного пара воды. Результаты показали, что в узком интервале 280-320°C до 10% общего органического углерода преобразуется в углеводороды нефтяных фракций за 7 суток. Кинетические характеристики зависят от стадии преобразования керогена. При повышении температуры большая часть углеводородов переходит в метан. Введение в систему восстановителей не приводит к интенсификации синтеза нефти. Опыты с керогеном, выделенным из породы не привели к образованию заметных количеств синтетической нефти. Это говорит о том, что крекинг керогена катализируется минералами пород. В качестве катализаторов могут выступать фазы кремнезема, цеолиты и сульфиды железа. Термодинамические расчеты показали, что цеолиты при условиях опыта стабильны. Гидротермальный синтез нефти позволяет объяснить приуроченность месторождений в баженовской свите к зонам движения флюидов с температурой 200-280°C

**НОВАЯ ВЕРСИЯ УРАВНЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОЁМКОСТИ СИЛИКАТНЫХ  
РАСПЛАВОВ ОТ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ**

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

[dmibychkov@yandex.ru](mailto:dmibychkov@yandex.ru); 8 (916) 965 67 19

Эмпирической основой для вывода уравнения послужила выборка, содержащая 561 значение теплоёмкостей силикатных расплавов. Составы природных силикатных магм заведомо лежат внутри многогранника составов выборки. Диапазон температур 738–1879К. Обработкой методом наименьших квадратов получены коэффициенты уравнения Майера-Келли:

$$\bar{C}_{p,i} = a_i + b_i T + c_i T^{-2}$$

$$C_p^l(T, X) = \sum X_i \bar{C}_{p,i}$$

для парциальных мольных теплоёмкостей однокатионных оксидов.

На графике корреляции между рассчитанными и экспериментальными теплоёмкостями линейный тренд совпадает с линией равных значений. В 77% случаев разности рассчитанных и экспериментальных значений теплоёмкостей лежат в пределах  $\pm 3$  Дж/(моль\*К), что сопоставимо с экспериментальными погрешностями. Сравнение нашего уравнения с существующими демонстрирует его преимущество по этому параметру.

Распространено мнение об отсутствии температурной зависимости теплоёмкости силикатных расплавов. На материале нашей большой выборки с большим размахом температуры нам удалось установить слабую, но значимую температурную зависимость. Это может иметь значение при решении тепловых задач в широком диапазоне температур.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
МЕЖДУ РАСПЛАВАМИ И МИНЕРАЛАМИ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ  
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*)

[girnis@igem.ru](mailto:girnis@igem.ru); 499 230 84 15

*Работа выполнена при поддержке гранта I.11П Президиума РАН.*

Плавление карбонатизированных углеродсодержащих осадков было исследовано на многопуансонном аппарате в интервале давлений 7.5–12 ГПа и температур 800–1600°C. Исходные смеси были близки к модельному составу GLOSS [Plank T., Langmuir C.H. *Chem. Geol.*, 1998, 145: 325–394] и были приготовлены из окислов, гидроокислов, карбонатов и графита. Одна из смесей была идентична GLOSS по содержанию главных элементов, другая – обеднена Na и богаче K (GLOSS<sup>-Na</sup>). Обе исходные смеси содержали CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O и ряд редких элементов, включая REE, LILE и HFSE (по 50–100 ppm). Редкие элементы анализировались в расплавах и кристаллических фазах (коэсите/стишовите, гранате, кианите, клинопироксене, арагоните, Fe–Mg карбонате, цирконе, рутиле и беартите) методом LA ICP MS. На основании полученных коэффициентов распределения рассчитан возможный состав расплавов (флюидов), внедряющихся из субдуцированных осадков в вышележащий мантийный клин. Состав этих расплавов обогащен несовместимыми элементами при умеренном фракционировании. Например, нормализованное к примитивной мантии отношение La/Yb (20) существенно ниже, чем в примитивных кимберлитовых расплавах (>100). Метасоматическое обогащение под воздействием расплавов из осадков может объяснить отрицательные Nb–Ta–Ti аномалии, наблюдаемые в магмах островных дуг. Существенное фракционирование совместимых элементов (V, Cr, Co, Ni) не проявится в составе метасоматизированной мантийной зоны благодаря высокому содержанию этих элементов в мантийном материале.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ АПАТИТОМ И  
КАРБОНАТНЫМ РАСПЛАВОМ ПРИ P-T ВЕРХНЕЙ МАНТИИ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ)**

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

[gor@iem.ac.ru](mailto:gor@iem.ac.ru); 8 (49652) 49-687

Грант РФФИ № 14-05-00752.

Апатит (Apt) - самый распространенный фосфат в породах различного генезиса. Наряду с фосфором Apt концентрирует редкие (РЭ) и редкоземельные (РЗЭ) элементы, а также летучие – Cl, F, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O. В качестве акцессорного минерала Apt встречается в карбонатизированных ксенолитах мантийных пород. Полагают, что присутствие Apt в рестите при частичном плавлении таких пород может играть важную роль в обеднении магм этими элементами. Для получения новых данных о коэффициентах распределения элементов между Apt и карбонатными расплавами  $D_{Apt/L_{Carb}}$  изучено распределение более 35 элементов между Apt и  $L_{Carb}$  при P=4 ГПа, T=1200-1400°C. Эксперименты проводились в Pt ампулах на твердофазовом аппарате типа наковальня с лункой НЛ-10 в ИЭМ РАН с использованием закалочной методики. Закалочный Apt-карбонатный материал изучался и анализировался на микрозонде, концентрации микроэлементов определялись методом ICP MS.

Закалочные образцы представлены хорошо ограненными зернами Apt, сцементированными мелкозернистым закалочным карбонатным материалом.  $D_{Apt/L_{Carb}}$  элементов варьируют от 0.1 до 10 и более. Большинство элементов, включая Y и РЗЭ характеризуются более узкими интервалами, (от 0.5 до 3)  $D_{Apt/L_{Carb}}$ . Высоким сродством к Apt ( $D_{Apt/L_{Carb}} > 5$ ) характеризуются Sc, V, Mn, умеренным сродством ( $D_{Apt/Cb} \sim 2$ ) – Li, P, Al, S, Pb, W. Элементы с  $D_{Apt/Cb} < 1$  концентрируются в карбонатитовом расплаве. Высоким сродством к  $L_{Carb}$  обладают литофильные элементы – Li, Na, Mg, K, Sr, Ba, Pb, высокозарядные элементы – Ta, U, сидерофильные элементы – Ni, V.

$D_{Apt/L_{Carb}}$  РЗЭ варьируют от 0.5 до 1.5. Максимальные значения  $D_{Apt/L_{Carb}}$  РЗЭ (0.9-1.1) при T=1200°C, минимальные (0.55-0.75) – при T=1300°C, промежуточные значения – при T=1400°C. Прослеживается экстремальный характер зависимости  $D_{Apt/L_{Carb}}$  от N РЗЭ с максимумом у средних РЗЭ.

Таким образом, незначительные вариации  $D_{Apt/L_{Carb}}$  большинства элементов, включая РЗЭ и Y, свидетельствуют о том, что при P-T верхней мантии в Apt-содержащих карбонатных расплавах фракционирование Apt не будет приводить к эффективному разделению этих элементов. Исключение составляют Apt-совместимые элементы с  $D_{Apt/L_{Carb}} > 1$ . Так как эти элементы предпочтительней распределяются в Apt, то фракционирование Apt при плавлении карбонатизированного источника может играть определенную роль в обеднении этими элементами карбонатитовых магм.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ АПАТИТ-КАРБОНАТ-Н<sub>2</sub>O  
ПРИ  $P=0.5$  ГПа,  $T=1200^{\circ}\text{C}$ : ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФЛЮИДНОГО ТРАНСПОРТА В  
КАРБОНАТИТАХ

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

[gor@iem.ac.ru](mailto:gor@iem.ac.ru); 8 (49652) 49-687

*Грант РФФИ № 14-05-00752.*

Для выяснения роли флюидов в генезисе апатит-флогопит-карбонатных пород платформенных щелочных интрузивных комплексов ультраосновного и основного составов типа Ковдор, Тикше-Озеро экспериментально изучено межфазовое распределение более чем 35 элементов в системе апатит-карбонат-Н<sub>2</sub>O при  $P=0.5$  ГПа,  $T=1250^{\circ}\text{C}$ . Эксперименты проводились в Pt ампулах на УВД-10000 в ИЭМ РАН с использованием закалочной методики. Закалочные образцы изучались на микрозонде, микроэлементы определялись методом ICP MS в ИПТМ РАН г. Черногловка.

Широкие вариации коэффициентов распределения элементов между апатитом (Apt), карбонатным расплавом (L<sub>cb</sub>) и флюидом (Fl) свидетельствуют об эффективном их фракционировании в Fl-содержащих Apt-карбонатных системах. Величины коэффициентов распределения  $D$  элементов изменяются в последовательности:  $D_{\text{Apt/L}_{\text{cb}}} > D_{\text{Fl/L}_{\text{cb}}} > D_{\text{Fl/Apt}}$ . По коэффициентам распределения выделяется две группы элементов:

1) Apt-совместимые - PЗЭ, Y, Th, Cu, W, концентрируются в апатите; 2) гидрофильные - Na, K, Mg, Ba, а также S, Mn, Pb, U, W, Re, концентрируются во флюиде.  $D_{\text{Apt/L}_{\text{cb}}}$ ,  $D_{\text{Fl/L}_{\text{cb}}}$ ,  $D_{\text{Fl/Apt}}$  REE изменяются в узких пределах, их вариации не превышают 0.5 единиц  $D$ . Тренд изменения  $D$  REE близок линейному с небольшой положительной зависимостью  $D$  от  $N$  REE. U и Th характеризуются контрастным распределением, Th концентрируется в Apt, U – во флюиде и в карбонатном расплаве. Эффективность фракционирования U и Th равновесия Apt-Fl выше, чем Apt-L<sub>cb</sub>. Аномально высокие ( $>100$ )  $D_{\text{Fl/L}_{\text{cb}}}$  и  $D_{\text{Fl/Apt}}$  Na и K определяют щелочной характер флюидов и связанный с ними щелочной метасоматоз интрузивных и вмещающих пород карбонатит-содержащих интрузивных комплексов. Высокие значения  $D_{\text{Fl/Apt}}$  и  $D_{\text{Fl/L}_{\text{cb}}}$  S, Zr, W, Re, U ( $>10$ ) дает основание предполагать перспективность щелочных метасоматитов в отношении U-W-Re оруденения. Растворимость Apt в карбонатном расплаве ( $>20$  мас.%) существенно выше, чем во флюиде (до 2 мас.%). Поэтому для насыщения карбонатного расплава Apt требуются высокие концентрации фосфора. Так как осадки океанических плит обогащены фосфатами, то для формирования Apt-насыщенных карбонатных магм наиболее перспективны мантийные резервуары, содержащие протолиты субдуцированных океанических плит.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 024**

ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ  $\text{LiGaTe}_2$ , МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА

**Гражданников С.А. (ИГМ СО РАН), Курусь А.Ф. (ИГМ СО РАН, ИНХ СО РАН),  
Креницын П.Г. (ИГМ СО РАН), Исаенко Л.И. (ИГМ СО РАН, физ. ф-т НГУ)**

[sagwerbs@yandex.ru](mailto:sagwerbs@yandex.ru); +79133748236

$\text{LiGaTe}_2$  (LGT) является перспективным преобразователем лазерного излучения в среднем ИК-диапазоне. Кристалл обладает широкой областью пропускания ( $\lambda=0.52 - 21 \mu\text{m}$ ), высокой нелинейной восприимчивостью ( $d_{36}=43 \text{ pm/V}$ ) в сочетании с высоким коэффициентом двулучепреломления ( $\Delta n=0.09$ ). В ходе исследований найден состав шихты, из которого растут кристаллы стехиометрического состава и определена точка его плавления методом ДТА. Были получены кристаллы LGT размером до 8 мм методом Бриджмена-Стокбаргера с использованием печи, с управляемым теплообменником. Изучена зависимость теплоемкости кристаллов LGT от температуры. Методом ТГА не было зарегистрировано разложение материала вплоть до 673К. Построена математическая модель процесса выращивания кристалла в STR Group Crystal Growth Simulation (CGSim) с учетом термодинамических особенностей материала. На её основе разработана оптимальная конфигурация теплового узла и определены тепловые условия, обеспечивающие поддержание выпуклого фронта кристаллизации на протяжении всего процесса роста. Сконструирована 4х-зонная установка выращивания кристаллов методом Бриджмена-Стокбаргера с низким радиальным и постоянным аксиальным градиентами. Проведены оценочные эксперименты с положительным результатом.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ СФАЛЕРИТА  $\beta$ -ZnS(K) В ОБЛАСТИ 0-1300К: КОРРЕЛЯЦИЯ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ЭКСПЕРИМЕНТАМИ

Гуревич В.М. (ИОНХ РАН), Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ), Поляков В.Б. (ИЭМ РАН), Гавричев К.С. (ИОНХ РАН), Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)

[v.osadchii@iem.ac.ru](mailto:v.osadchii@iem.ac.ru); +7(49652)25849

*Работа поддержана грантом РФФИ № 13-05-00405-А.*

Методом адиабатической калориметрии измерена теплоёмкость  $C_p^0(T)$  сфалерита  $\beta$ -ZnS в интервале температур 13.23-312.85К. Полученные результаты находятся в хорошем согласии с более ранними измерениями Стува (1982) и Бёрча (1975), однако превосходят результаты PPMS-измерений Кардоны и др. (2010) при  $T > 150$  К. На основе данных по низкотемпературной теплоемкости и  $H^0(T) - H^0(298.15)$  предложена модель AASEK, основанная на модельном колебательном спектре типа Киффер для сфалерита, которая наряду с учётом зависимости колебательного спектра от объёма также учитывает явную зависимость колебательного спектра от температуры. В рамках предложенной модели рассчитаны значения термодинамических функций сфалерита,  $C_p^0(T)$ ,  $S^0(T)$  и  $H^0(T) - H^0(298.15)$  в интервале температур 0–1300 К. Полученные результаты согласуются с данными ЭДС-измерений на буфере Cu/Cu<sub>2</sub>S (Osadchii et. al., 2015). Расхождение с данными ЭДС-измерений на буфере Ag/Ag<sub>2</sub>S мы связали с отклонением сульфида серебра от стехиометрии. Предложена поправка к энергии Гиббса сульфида серебра, находящегося в равновесии с металлическим серебром, учитывающая отклонение от стехиометрии. Данная поправка рекомендована к учету при проведении ЭДС-измерений с использованием буфера Ag/Ag<sub>2</sub>S.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 026**

ИЗУЧЕНИЕ НУКЛЕАЦИИ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ДИОПСИДА В *Ab-Di* РАСПЛАВЕ ПРИ  $P_{H_2O}=2$  КБАР

Девятова В.Н. (*ИЭМ РАН*), Симакин А.Г. (*ИЭМ РАН, ИФЗ РАН*)

[dev@iem.ac.ru](mailto:dev@iem.ac.ru); +7-496-522-5852

Изучалась перекристаллизация кристаллов пироксена в *Ab-Di* стеклах в режиме осцилляции температуры, в зависимости от амплитуды и времени колебаний. Работа велась с двумя составами  $Ab_{55}Di_{45}$  и  $Ab_{80}Di_{20}$ . Первый состав позволяет моделировать процессы в маловязких андезитовых расплавах, второй в более вязких трахидацитовых расплавах. Рабочие температуры  $T=1155-1135(1120)^{\circ}C$  для первого состава и  $T=1055-1020^{\circ}C$  для второго,  $p_{H_2O}=2$ кБ. Рост клинопироксена происходил на зародыши, возникшие при выводе опыта в режим. Было выявлено, что при выводе в режим за 15-20 мин в стекле происходит возникновение гетерогенных центров нуклеации, служащих впоследствии центрами кристаллизации. Небольшой кратковременный перегрев ( $5^{\circ}$ , 0.5-1.5 часа) выше ликвидуса способствует разрушению центров нуклеации. Показано, что небольшое переохлаждение  $15^{\circ}C$  ниже ликвидуса способствует росту на оставшиеся зародыши, тогда как большее переохлаждение приводит к массовой кристаллизации по объему. В одном из опытов центры кристаллизации были полностью разрушены, в результате чего получилось чистое стекло. В этом состоянии, ниже порога гомогенной нуклеации, кристаллы в стекле не образовались.

**ПРОБЛЕМЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО СОСТАВУ  
ВЕЩЕСТВА КОМЕТ**

**Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН)**

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

*Работа выполнена при частичной поддержке Программой Президиума РАН №7.*

К настоящему времени накоплено значительное количество экспериментальных данных по составу вещества как долго-, так и короткопериодических комет. Он, как полагают, отражает состав вещества каменно-ледяных планетезималей, образовавшихся в транснептуновом регионе в первые 1-3 млн. лет с начала образования Солнечной системы. Поэтому «кометные» данные стали использоваться в современных динамических моделях образования различных тел Солнечной системы, в том числе и в моделях образования атмосфер планет земной группы (Marty et al., 2016). Однако анализ полученных данных состава вещества комет показал их значительный разброс, в особенности по содержанию летучих компонентов, не только в пределах комет одной динамической группы, но даже и для одной кометы. В докладе будут представлены результаты анализа влияния различных факторов (предполагаемое количество оборотов кометы, параметров орбиты, положения собственных осей вращения комет, строение их ядер, радиальное расстояние от точки перигелия при проведении измерений, возможная неоднородность состав вещества кометы и др.) на значения получаемых относительных содержаний основных летучих компонентов комы комет – CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>OH и др. Будет также показана степень неопределенности модельных результатов при использовании усредненных «кометных» данных.

ТЕРМИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА МОДЕЛИ ЧАСТИЧНО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ СПУТНИКОВ КАЛЛИСТО И ТИТАНА

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

[dunaeva.an@gmail.com](mailto:dunaeva.an@gmail.com)

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

Одной из возможных моделей внутреннего строения крупных ледяных спутников Каллисто и Титана, построенных по данным КА «Галилео» и «Кассини-Гюйгенс», является модель частичной дифференциации вещества, согласно которой в спутниках формируется центральное железосиликатное ядро, промежуточная каменно-ледяная мантия и внешняя водно-ледяная оболочка, вероятно содержащая жидкий водный слой (внутренний океан).

Существенным ограничением на применение подобной модели является величина теплового потока спутника ( $F$ ), определяющая устойчивость его каменно-ледяной мантии (твердое состояние  $H_2O$ -фаз), существование и глубину внутреннего океана, а также мощность внешней ледяной коры. Поскольку известные из литературных данных величины предполагаемых тепловых потоков Каллисто и Титана являются в основном оценочными, в настоящей работе исследовался весь интервал значений  $F$ , на котором выполняются термические условия существования в спутниках каменно-ледяной мантии и внутреннего океана. Полученные значения тепловых потоков спутников позволили уточнить возможное строение их водно-ледяных оболочек, определить допустимую мощность внешней ледяной коры, глубину внутреннего океана, а также сформулировать общие физико-термические ограничения на модели Титана и Каллисто с каменно-ледяной мантией.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 029**

ОЦЕНКА ЭНЕРГИЙ ГИББСА ФТОРКАРБОНАТОВ ЛЁГКИХ ЛАНТАНОИДОВ

**Еремин О.В., Борзенко С.В., Эпова Е.С., Русаль О.С., (ИПРЭК СО РАН)**

**Бычинский В.А. (ИГХ СО РАН)**

[yeroleg@yandex.ru](mailto:yeroleg@yandex.ru), 8 (924) 374 38 73

*Работа поддержана РФФИ и Правительством Забайкальского края (проект № 14-05-98012 р\_сибирь\_a).*

На основе экспериментальных данных (Gysi and Williams-Jones, 2015) получены линейные разложения стандартных энергий Гиббса минералов бастнезита ( $\text{Ce}_{0,5}\text{La}_{0,25}\text{Nd}_{0,2}\text{Pr}_{0,05}\text{CO}_3\text{F}$ ) и паризита ( $\text{CaCe}_{0,95}\text{La}_{0,6}\text{Nd}_{0,35}\text{Pr}_{0,1}(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$ ), которые могут быть использованы для расчётов свободных энергий веществ этих классов.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 030**

РАСЧЁТ СТАНДАРТНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Cs- СОДЕРЖАЩИХ ЦЕОЛИТОВ

**Еремин О.В., Эпова Е.С., Русаль О.С., (ИПРЭК СО РАН)**

**Бычинский В.А. (ИГХ СО РАН)**

[yeroleg@yandex.ru](mailto:yeroleg@yandex.ru); 8 (924) 374 38 73

*Работа поддержана РФФИ и Правительством Забайкальского края (проект № 14-05-98012 p\_сибирь\_a).*

На основе термодинамических свойств природного поллуцита (Ogorodova et al, 2003) получены линейные разложения величин стандартных энергий Гиббса и энтальпий образования из химических элементов. Сравнение с литературными данными дают погрешности оценок в интервале 0-6 %. Полученное уравнение разложения по оксидным инкрементам может использоваться для оценок потенциалов цеолитов в системе Cs-Rb-Na-K-Al-Si-O-H.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 031**

### **ПРОЦЕССЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В РУБИДИЕВЫХ И ЦЕЗИЕВЫХ БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКЛАХ**

**Еремяшев В.Е. (ИМ УрО РАН, ЮУрГУ), Жеребцов Д.А. (ЮУрГУ),**

**Осипова Л.М. (ИМ УрО РАН)**

[vee-zlat@mineralogy.ru](mailto:vee-zlat@mineralogy.ru), [vee-zlat@mail.ru](mailto:vee-zlat@mail.ru)

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

Методами рентгеновской дифракции и рентгеноспектрального микрозондового анализа выполнено исследование и сравнение кристаллизационных процессов, протекающих при термической обработке образцов рубидиевых и цезиевых боросиликатных стекол в процессе их нагрева и охлаждения до 800-1000 °С при определении термических свойств методом ДСК со скоростью изменения температуры 10 °С/мин.

Установлена доля образующихся кристаллических фаз, их облик, химический состав и проявление процессов кристаллизации на кривых ДСК. Показано, что кристаллизационные процессы наиболее выражены в рубидиевых стеклах, для которых характерно более низкое значение температуры, соответствующее экзотермическим эффектам, сопровождающих процесс кристаллизации, и более высокая доля кристаллических фаз в образце после нагрева-охлаждения.

Полученные результаты позволяют оценивать структурные изменения щелочных боросиликатных стекол и корректировать данные исследования фазового состава и термических свойств стеклосодержащих матричных материалов для захоронения радиоактивных отходов.

**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ**

**Ермаков В.В., Хушвахтова С.Д., Тютиков С.Ф., Данилова В.Н., Сафонов В.А.,  
Кречетова Е.А. (ГЕОХИ РАН)**

[ermakov@geokhi.ru](mailto:ermakov@geokhi.ru); (499)137-47-73

*Поддержано грантом РФФИ № 15-05-00279а.*

Используя существующие и разработанные инструментальные методы определения химических элементов, новые методы биогеохимической индикации и геохимической экологии, оценены специфические реакции растений на изменение уровня содержания тяжелых металлов (свинец, кадмий, медь, цинк и др.). Установлено, что в бассейне р. Ардон (Северная Осетия) под влиянием природных и техногенных факторов происходит локальное увеличение содержания Pb, Cd, Cu, Zn в почвах и организмах в сравнении с фоновыми территориями. Содержание тяжелых металлов в водах р. Ардон не является критическим и находится в приемлемых гигиенических параметрах. Пойма р. Ардон характеризуется повышенным содержанием мышьяка в природных водах, почвах и в меньшей степени – в растениях. В качестве биообъектов были отобраны листья наиболее распространенных растений - мать и мачехи (*Tussillago farfara* L.), облепихи (*Hippóphaë rhamnoides*), ивы (*Salix spp.*) и одуванчика (*Tarexasum officinales*).

Выявлено, что на техногенных участках активизируется синтез серосодержащих фитохелатинов в листьях ивы, облепихи и мать и мачехи. Растения по-разному реагируют на избыток металлов в исследуемых ландшафтах. В наиболее загрязненных участках содержание пигментов и их соотношения в листьях мать и мачехи, одуванчика и ивы не нарушаются. Не изменяется также водный обмен растений. Влияние металлов сказывается на синтезе хлорофилла а, хлорофилла b, их соотношений, на отношении суммы хлорофиллов к каротину в листьях облепихи. При этом концентрации хлорофиллов а и b возрастают практически в 2 раза у растений, произрастающих на техногенных участках. Наибольшее влияние металлов сказывается на синтезе пигментов и фитохелатинов у металлофитов – различных видов ивы.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 033**

ЯКУТСКАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ПРОВИНЦИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА АЛМАЗОВ.

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

[kadik@geokhi.ru](mailto:kadik@geokhi.ru); +7(499) 137 44 72

*Работа выполнена при поддержке РФФИ 14-05-00136.*

Цель исследования состояла в выявлении различий собственной летучести кислорода у алмазов из разных фаз внедрения кимберлитовой магмы, различающихся по своей алмазоносности. Для изучения выбраны шесть алмазов из трех алмазоносных кимберлитовых трубок, для которых выявлены заметные различия содержаний алмазов в различных фазах внедрения кимберлитовой магмы, а именно: Удачная (УЗА-46, УВА-52), Малокуонапская (776-808 ПК, 809-846 АКБ) и Юбилейная (ТБ, АКБ).

Изучены образцы алмазов из трех известных кимберлитовых трубок: Удачная, Малокуонамская и Юбилейная.

Алмазоносные минеральные ассоциации характеризуются широкой вариацией летучести кислорода, значения которой лежат между буферными равновесиями IW (железо-вюстит) и FMQ (фаялит-магнетит-кварц).

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 034**

ТРУБКА «ОБНАЖЕННАЯ», ЯКУТСКАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ПРОВИНЦИЯ.  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА  
ОЛИВИНОВ, ОРТОПИРОКСЕНОВ И ХРОМИСТОЙ ШПИНЕЛИ ИЗ НОДУЛЕЙ  
ГЛУБИННЫХ ПОРОД

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

[kadik@geokhi.ru](mailto:kadik@geokhi.ru); +7(499) 137 44 72

*Работа выполнена при поддержке РФФИ 14-05-00136.*

Для исследования были выбраны четыре образца из трубки «Обнаженная». Она расположена в Нижне-Оленекском районе Якутской кимберлитовой провинции на берегу реки Куойки. Трубка не является алмазоносной, но получила широкую известность благодаря обилию, разнообразию и свежести глубинных ксенолитов. Определения собственной летучести кислорода проводились на высокотемпературной установке на основе двух твердых электролитов в интервале температур от 800°C до 1050°C при давлении 1атм. Точность измерения температуры составляла  $\pm 2^\circ\text{C}$ , собственной летучести кислорода  $\pm 0.2 \log f\text{O}_2$ .

Таким образом, в результате проведенных экспериментов было показано, что собственная летучесть кислорода измеренных образцов лежит в области буферных равновесий IW – WM и подчиняется линейной зависимости  $\log f\text{O}_2 = A - B/T^\circ\text{K}$ . Это говорит о том, что во время эксперимента образец не подвергался никаким окислительно-восстановительным процессам. Был произведен расчет температуры равновесия по полученным экспериментальным данным, которые хорошо согласуются с теоретическими расчетами проведенными другими авторами.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 035**

### **ЖЕЛЕЗО-СУЛЬФИДНЫЙ РАСПЛАВ КАК ВОЗМОЖНАЯ СРЕДА ОБРАЗОВАНИЯ АЛМАЗА В МАНТИЙНЫХ УСЛОВИЯХ (СИНТЕЗ, РОСТ, РАСТВОРЕНИЕ)**

**Жимулев Е.И. (ИГМ СОРАН)**

[Oda\\_stk@mail.ru](mailto:Oda_stk@mail.ru); 8(383)3066403

В системе Fe-S-C при содержании серы по отношению к металлу 5 мас.% получены кристаллы алмазов. В продуктах эксперимента зафиксированы эвтектический состав, пирротин, карбиды железа. Рост алмаза в экспериментах происходит при минимальных P-T параметрах образования алмаза в металл-углеродных системах (P-5.5 ГПа; T-1300°C). Эти параметры отражают вероятные температуры и давления природного процесса алмазообразования в верхней мантии Земли.

При растворении синтетического алмаза в расплаве железа с низким содержанием серы (Fe - 80 мас.% (~70 ат.%); S - 20 мас.% (~30 ат.%); P-4 ГПа; T-1400°C) кристаллы визуально приобретали форму октаэдроида.

Среди природных алмазов такие формы принято называть додекаэдроидами, а по степени кривизны округлых поверхностей (приближения к плоскогранным аналогам), – октаэдроидами. Необходимо отметить, что макро- и микроморфологические особенности, полученные в результате растворения синтетических кристаллов алмаза, соответствуют макро- и микроморфологии природных алмазов из кимберлитов.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В  
СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗАХ ТИПА Ib И IIa (ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ)**

**Жимулев Е.И. (ИГМ СО РАН)**

[Oda\\_stk@mail.ru](mailto:Oda_stk@mail.ru); 8(383)3066403

Проведены хромато-масс-спектрометрические исследования флюидных включений в синтетических алмазах, выращенных в системах Fe-Ni-C (алмаз типа Ib) и Fe-Ni-Ti-C (алмаз типа IIa) при P=6.0 GPa и T=1350°C.

Установлено, что флюидная фаза, выделившаяся из кристалла алмаза типа IIa, в 3 раза больше содержит тяжелых азотсодержащих углеводородов, и они более сложные по составу по сравнению с флюидной фазой, выделившейся из кристалла алмаза типа Ib.

Введение титана в систему создает резко-восстановительную обстановку. При этом в сверхкритической флюидной фазе присутствующий в системе молекулярный азот связывается в углеводородные комплексы устойчивые в при РТ параметрах экспериментов. В результате образования азотсодержащих углеводородов ростовая система обедняется азотом.

Таким образом, можно предположить, что и кристаллизация природных, безазотных алмазов происходит по подобному механизму, в резко - восстановительной обстановке.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ЭВДИАЛИТА АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ

**Зайцев В.А. (ГЕОХИ РАН)**

[alkaline@geokhi.ru](mailto:alkaline@geokhi.ru); (495) 939-70-63

Эвдиалит рассматривается как перспективное сырье на цирконий и редкоземельные элементы, однако его использование требует разработки технологии. Известно, что при кислотном разложении эвдиалита формируется кремнеземистый гель, который связывает заметную часть циркония. Было высказано и термодинамическим моделированием подтверждено предположение, что при разложении эвдиалита часть циркония осаждается в виде циркона (Литвинова, 2014). В связи с этим представляет интерес рассмотреть граничные условия, при которых формирования циркона не будет происходить. Для этого с использованием программного комплекса Гиббс проведено термодинамическое моделирование равновесий в системе  $\text{H}_2\text{O}-\text{HNO}_3-\text{Na}_4\text{Ca}_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{18}$  (упрощенный состав эвдиалита) при атмосферном давлении при температуре до  $95^\circ\text{C}$  и исходной концентрации кислоты от 1 до 10 моль/л.

Результаты моделирования показали, что увеличение начального отношения твердое: жидкое приводит к увеличению концентрации циркония в растворе только до насыщения по циркону. После достижения насыщения добавка эвдиалита в систему приводит к резкому уменьшению концентрации циркония в растворе за счет формирования циркона. Устойчивость циркона возрастает при повышении температуры. Полное растворение эвдиалита без образования циркона требует, чтобы кислота была взята в избытке, причем требуемый избыток кислоты тем больше, чем менее концентрируемая кислота используется для разложения. В результате насыщение по циркону может вызываться добавкой в систему воды (разбавлением растворов при промывке осадка) даже в случаях, когда разложение эвдиалита проводилось при достаточном избытке кислоты. Таким образом, для исключения потерь циркония целесообразно промывать кремнеземистый осадок кислотой.

**СООТНОШЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ РАСПЛАВОВ ПРИ СИЛИКАТНО-ФОСФАТНОЙ ЛИКВАЦИИ**

**Зайцев В.А. (ГЕОХИ РАН)**

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

Фосфатные тетраэдры, как и силикатные, способны к полимеризации, что приводит к образованию соединений (солей, расплавов, стекол) с разным соотношением фосфор/кислород, от ортофосфатов до метафосфатов. В последние десятилетия в связи с дискуссией о генезисе апатитовых месторождений был накоплен обширный экспериментальный материал по силикатно-фосфатной ликвации. Обобщение данных по составу сосуществующих силикатных и фосфатных расплавов показало хорошее соответствие между их кислотностью (степенью полимеризации), выраженной в виде отношения  $\Sigma n\text{Me}^{n+}/(\text{Si}+\text{Al})$  в силикатной фазе и  $\Sigma n\text{Me}^{n+}/\text{P}$  в фосфатной фазе: силикатные расплавы, равновесные с ортофосфатными – близки по соотношению  $\Sigma n\text{Me}^{n+}/(\text{Si}+\text{Al})$  к нефелину, а наиболее кислые силикатные расплавы равновесны с метафосфатным расплавом. Из фосфатного расплава, равновесного с нефелин-полевошпатовой эвтектикой должна кристаллизоваться смесь ортофосфата(ов), каким является апатит, и более конденсированных фосфатов с анионами типа  $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ ,  $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$  и т.д. Отсутствие в апатитовых рудах конденсированных фосфатов выступает дополнительным доводом, опровергающим ликвационную теорию их происхождения.

Полученный в эксперименте по плавлению ломоносовита титаносиликатный расплав характеризуется очень высоким отношением  $\Sigma n\text{Me}^{n+}/(\text{Si}+\text{Al})$  по сравнению с тем, которое можно было бы ожидать для равновесного с ним фосфатного. Аномалию можно нивелировать, если вместо  $\Sigma n\text{Me}^{n+}/(\text{Si}+\text{Al})$  использовать отношение  $\Sigma n\text{Me}^{n+}/(\text{Si}+\text{Al}+n\text{Ti})$ , где  $n \sim 8$ . Это свидетельствует о том, что титан, по крайней мере в данном случае, вступает в роли кислотного, (сеткообразующего) компонента, аналогично тому, как в титаносиликатах он входит в анионную часть формулы.

ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСТВОРИМОСТИ ОЛОВА В ПАРОВОЙ ФАЗЕ В СИСТЕМЕ  $H_2O-SnO_2$ .

Закиров И.В. (ИЭМ РАН), Суворова В.А., (ИЭМ РАН), Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ)

[lera@iem.ac.ru](mailto:lera@iem.ac.ru); (496) 522 2554

*Работа поддержана грантом РФФ № 14-17-00366.*

Проведены опыты по определению содержания олова в паровой фазе на кривой кипения в бинарной системе  $H_2O-SnO_2$  при 330 и 350°C. В указанных условиях олово присутствует в паровой фазе предположительно в форме гидроксида –  $Sn(OH)_4$ . Опыты выполнялись на оригинальной установке (Закиров, Сретенская, 1994) с внутренней ампулой, позволяющей отбирать пробу пара *in situ*. Анализ закалочных растворов (конденсата), отобранных в ходе опытов, выполняли методом ICP-MS. Предварительные результаты позволяют оценить растворимость олова в газовой фазе: 0.5 ppb при 330 °C и 59.0 ppb при 350°C. С использованием данных по растворимости  $SnO_2$  в воде (Sorokin, Dadze, 1994) были рассчитаны логарифмы константы распределения вода-пар: –2.8 и –0.7 при 330 и 350°C, соответственно.

**ВУЛКАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ВЕНЕРЫ: МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ**

**Иванов М.А. (ГЕОХИ РАН)**

vikhail\_ivanov@brown.edu

Наиболее древним стратиграфическим подразделением вулканической природы на Венере являются щитовые равнины, которые формировались в результате многочисленных, но маломощных извержений из рассеянных приповерхностных источников. Крутосклонные купола, представляющие собой результат извержений лав повышенной вязкости, пространственно и стратиграфически ассоциируют со щитовыми равнинами. Рассмотрение возможных механизмов образования крутосклонных куполов приводит к заключению, что вероятнее всего купола формировались в результате извержений расплава, обогащенного кремнеземом (и потому более вязкого) в результате кристаллизационной дифференциации в магматических камерах. Морфология поверхности более молодых региональных равнин свидетельствует о их формировании в результате обильных, но кратковременных излияний базальтовых лав (лавовое затопление). Площади и возможные объемы региональных равнин в большей степени согласуются с их формированием при плавлении порций мантийного вещества, замещавших деламинировавшие части литосферы. Форма проявлений, характер распределения в пространстве и типичные ассоциации наиболее молодых лопастных равнин указывают на их формирование при плавлении головных частей изолированных мантийных диапиров.

**ЭФФЕКТ ВХОЖДЕНИЯ МЕЙДЖОРИТОВОГО КОМПОНЕНТА В СТРУКТУРУ  
СКИАГИТОВОГО ГРАНАТА**

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

[Leyla.isml@gmail.com](mailto:Leyla.isml@gmail.com); +7-926-030-65-01

В настоящей работе кристаллы скиагита были синтезированы при 7,5 - 9,5 ГПа и 1100°C - 1300°C с использованием многопуансонного пресса и изучены методами монокристаллической рентгеновской дифракции с использованием алмазных наковален и синхротронного излучения (Гренобль, SNBL VM01).

Монокристаллическая рентгеновская дифракция скиагитового граната с разным содержанием железистого мейджоритового компонента установила, что в структуру скиагитового граната ( $\text{Fe}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) может входить от 23 до 76% железистого мейджоритового компонента ( $\text{Fe}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$ ). Уравнение состояния для скиагит-мейджоритовых гранатов с разными составами показывает, что входжение железистого компонента увеличивает модуль упругости от 164(3) ГПа до 169(3) ГПа. Так же в диапазоне давления между 50 и 60 ГПа объем элементарной ячейки уменьшается на ~3%. Анализ полиэдрических объемов и мёссбауэровская спектроскопия демонстрируют, что аномальный скачок объема связан со спиновым переходом  $\text{Fe}^{3+}$  в октаэдрической позиции. Кристаллы скиагита разного состава при 50 ГПа были нагреты до 2000 К с помощью портативной лазерной установки. После закалки зафиксирован переход кубического граната в орторомбическую железистую перовскитовую фазу с составом  $(\text{Fe}^{2+})_{0.66}(\text{Fe}^{3+})_{0.24}\text{SiO}_3$ . 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<sub>2</sub>.

Полученные экспериментальные результаты позволяют ставить новые задачи в исследовании богатых железом фаз мантии Земли.

**ФОРМИРОВАНИЕ H<sub>2</sub>O В ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ ПРИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПРИ 4 ГПа И 1550°C: ОБРАЗОВАНИЕ ВОДЫ В РАННИХ МАГМАХ МАНТИИ ЗЕМЛИ**

**Кадик А.А., Колташев В.В., Крюкова Е.Б., Цехоня Т.И., Плотниченко В.Г.**

**(ГЕОХИ РАН, ИЦВО РАН)**

[kadik@geokhi.ru](mailto:kadik@geokhi.ru); 8 499 137 4472

*Работа выполнена при поддержке РФФИ 14-05-00136.*

В силикатных стеклах, продуктах экспериментов в системе силикатный расплав (FeO–Na<sub>2</sub>O–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>) + металлическая фаза при 4 ГПа и 1550°C и  $f_{O_2}$  и низких значениях летучести кислорода ( $f_{O_2} < f_{O_2}(IW)$ ) с использованием коэффициентов поглощения ИК спектров определены содержания воды (H<sub>2</sub>O + OH<sup>-</sup>). Конвертированные в H<sub>2</sub>O, они составляют 2.93, 1.98, 1.65 и 0.41 мас. % при значениях  $\Delta \log f_{O_2}(IW) = -1.5; -1.9; -2.4$  и  $-3.1$ , соответственно. Источники воды и ее количества в ранней мантии Земли являются предметом дискуссии (e.g., Abe et al., 2000; Morbidelli et al., 2000; Muralidharan et al., 2008; Machida et al., 2010; Galimov, 2011; Marty, 2012). Как предполагается ими могут быть материалы аккреции Земли, обогащенные летучими компонентами, постааккреционный поток воды на Землю с кометами и метеоритами, процессы взаимодействия первичного H<sub>2</sub> с расплавами магматического океана. Наши эксперименты показали, что высокие содержания H<sub>2</sub>O могут также являться результатом особенностей окислительно-восстановительных реакций в расплавленной мантии (магматическом океане). Они определяются восстановлением FeO расплавов с высвобождением значительных количеств кислорода и образованием металлической фазы.

РАСТВОРИМОСТЬ ВОДЫ И ФОРМЫ РАСТВОРЕНИЯ N–C–H–O ЛЕТУЧИХ В  
ФЕРРОБАЗАЛЬТОВЫХ РАСПЛАВАХ ПРИ 1.5 ГПа и 1400°C

(ПО ДАННЫМ ИК И КР СПЕКТРОСКОПИИ)

**Кадик А.А., Куровская Н.А. (ГЕОХИ РАН), Колташев В.В. (ИЦВО РАН),**

**Крюкова Е.Б. (ГЕОХИ РАН, ИЦВО РАН)**

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

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-00136 и Программы 8 ОНЗ РАН.*

Методами ИК и КР спектроскопии проведено детальное исследование стекол – продуктов закалки Fe–базальтовых расплавов, полученных в экспериментах по изучению растворимости азота в Fe–базальтовых расплавах, равновесных с жидким Fe–C сплавом при 1.5 ГПа, 1400°C, в области значений  $\Delta \log f_{O_2}(IW) = -1.4 \div -1.9$  (Кадик и др., 2015). ИК и КР спектры стекол получены в области  $1500\text{--}4000\text{ см}^{-1}$  и в области  $2800\text{--}3800\text{ см}^{-1}$  с разложением спектров на составные полосы. Согласно ИК и КР спектроскопии растворение азота, углерода и водорода в Fe–базальтовых расплавах сопровождается образованием молекул  $NH_3$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$ , а также  $NH_2^-$ ,  $NH_4^+$  комплексов и молекулы  $CO_2$ . Растворенный водород существует в расплаве в виде  $OH^-$ ,  $H_2O$  и  $H_2$ . ИК спектры свидетельствуют также об образовании в расплавах комплексов с двойной C=O связью. Наблюдается существенное изменение в соотношении N–C–H–O молекул и комплексов в зависимости от  $f_{O_2}$ , что выражается в понижении содержаний  $NH_4^+$ ,  $OH^-$ ,  $H_2O$  и  $CH_4$  при одновременном увеличении содержаний  $NH_2^-$  ( $\equiv Si-NH_2$ ) и  $NH_3$  с уменьшением  $f_{O_2}$ . Значения общего содержания воды ( $OH^- + H_2O$ ) в стеклах составляют 5.74–1.19 мас.% при  $\Delta \log f_{O_2}(IW) = -1.4 \div -1.9$  соответственно. Высокие содержания воды свидетельствуют о том, что  $OH^-$  и  $H_2O$  могут быть устойчивыми в силикатных расплавах при определенных значениях  $f_{O_2} < f_{O_2}(IW)$ .

**ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ КАЛЬЦИТА В ПРИСУТСТВИИ  
БИОПОЛИМЕРОВ**

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

olga@iem.ac.ru; +7(916)5222993

*16-05-00234-а.*

Продолжено изучение взаимодействия полисахаридов и полиаминокислот (альгина и полиаспартата) с поверхностью кальцита. Для изучения механизмов сорбции биополимеров на поверхности раздела кальцит-раствор проведены эксперименты по изучению электроповерхностных свойств чистого кальцита и кальцита с адсорбированными и инкорпорированными биополимерами. Для сравнения были также исследованы образцы природного мела из разных нефтяных месторождений Северного моря. Измерения были проведены методом потенциала течения в диапазоне рН 5 – 10. Как показали результаты,  $\xi$ -потенциал образцов природного мела имеет отрицательные значения во всем изученном интервале рН и уменьшается с увеличением содержания органического вещества. Аналогичная зависимость  $\xi$  – рН была получена и для синтетического кальцита, осажденного в присутствии биополимеров. Полученные результаты свидетельствуют об уменьшении положительного заряда поверхности кальцита вследствие адсорбции отрицательно заряженных карбоксильных групп полимеров, а также о вытеснении ими противоионов в штерновском слое.

**ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АКТИНОЛИТА ИЗ БУРЛУКСКОГО ЖЕЛЕЗО-РУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТ. САЯНЫ)**

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

[kiseleva@geol.msu.ru](mailto:kiseleva@geol.msu.ru); (495)939 13 49

Актинолит – широко распространенный в природе породообразующий минерал из группы кальциевых амфиболов. Изучен образец природного актинолита из Бурлукского железорудного месторождения (Вост. Саяны, Россия). По данным рентгеноспектрального микроанализа химическая формула минерала имеет вид  $\text{Na}_{0.1}\text{Ca}_{2.0}(\text{Mg}_{3.2}\text{Fe}^{2+}_{1.6}\text{Fe}^{3+}_{0.2})[\text{Si}_{7.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ , что отвечает промежуточному члену ряда актинолит – эденит. Рентгенографическое исследование показало мономинеральность изученного образца. Спектр ИК-поглощения аналогичен приведенному в (Пенг Венши, 1982). Определение энтальпии образования изученного актинолита из элементов проведено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «Setaram» (Франция) методом расплавной калориметрии растворения:  $\Delta_f H^{\circ}(298.15 \text{ К}) = -11588 \pm 14$  кДж/моль. На основании полученных экспериментальных данных по растворению природного образца рассчитаны энтальпии образования членов ряда актинолит – ферроактинолит теоретических составов.

ПРОБЛЕМА СИНТЕЗА ГАЛЛИЙСОДЕРЖАЩИХ ЭПИДОТОВ

В СИСТЕМЕ Ga-Ca-Fe-Al-Si-O-H<sub>2</sub>O

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

[dima@iem.ac.ru](mailto:dima@iem.ac.ru); 8-49652-22786

Галлий относится к ультрадисперсным 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-H<sub>2</sub>O 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. В ходе экспериментов был осуществлен синтез эпидотоподобных фаз широкого спектра составов. Особое внимание в ходе последних экспериментов было уделено синтезу в интервале 10-30% Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, поскольку ранее не получалось создать эпидотоподобную фазу такого состава. Для всех Ga-эпидотов рассчитаны параметры элементарных ячеек. Продукты опытов изучены с помощью микронного и рентгеновского анализов.

**ВЛИЯНИЕ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ НА ПОРЯДОК КРИСТАЛЛИЗАЦИИ  
ЛАРНИТ-НОРМАТИВНЫХ КИМБЕРЛИТОПОДОБНЫХ МАГМ.  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ**

**Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН)**

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

Исследования фазовых равновесий в ходе плавления ларнит-нормативного нефелинита показывает сильную зависимость порядка кристаллизации и плавления оливина, мелилита, пироксена и перовскита в зависимости от давления воды и  $\text{CO}_2$ . Опыты проводились на установке цилиндр-поршень в интервале температур-1100-1500 °С и давлений 5-45 кб.

В запаянные платиновые капсулы помещали стекло ларнит-нормативного нефелинита.  $\text{CO}_2$  добавлялась в виде солей серебра. Порядок выделения минералов в сухих условиях не зависело от давления –оливин-мелилит-пироксен-перовскит. При введении воды и углекислого газа, порядок кристаллизации менялся-оливин, перовскит, мелилит, пироксен. Изменение порядка кристаллизации минералов в ларнит-нормативных расплавах влияет на геохимию радиоактивных элементов, ниобия и тантала. Анализ распределения урана и тория в магматической системе массивов Кугда и Гули (Полярная Сибирь) показал очень интересную особенность. Ранняя кристаллизация перовскита в массиве Кугда приводит к накоплению редких элементов в ранних оливинитах. В гулинском массиве перовскит кристаллизуется поздно и редкие элементы накапливаются в остаточных продуктах дифференциации.

ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ФТОРА ВО ФЛЮИДЕ Li-F ГРАНИТОВ САЛМИНСКОГО ПЛУТОНА: НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ПЛАВЛЕНИЮ

**Коньшев А.А. (ГЕОХИ РАН, ИЭМ РАН), Зубков Е.С. (ИЭМ РАН)**

[konyshv@iem.ac.ru](mailto:konyshv@iem.ac.ru); [eszubkov@gmail.com](mailto:eszubkov@gmail.com)

*Работа поддержана грантами РФФИ: 14-05-31098\_ мол\_а; 15-05-03393\_А.*

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что температура солидуса Li-F гранитов Салминского плутона в условиях водонасыщения при 200 МПа (оценки давления кристаллизации из литературных источников, например, (Routiainen, 1998)) составляет 575 °С, или чуть ниже (но выше 550), что является более низкой оценкой по сравнению с данными других авторов. При этом же давлении в "сухих" условиях температура солидуса данных Li-F гранитов составляет 650 °С, или чуть ниже (но выше 625).

Слюды в данной породе (циннвальдит) образовывались на заключительных этапах кристаллизации, их микроэлементный состав исследовался при помощи LA-ICP-MS.

Используя минеральные геофториметры для литийсодержащих слюд (Аксюк, 2002) были получены значения концентрации HF во флюиде равновесном с их образованием. В расчётах принималось: для условий водонасыщения  $a_{H_2O}$  равна 1; для «сухих» условий 0,1.

Для «сухих» условий при 640 °С значение MHF составило 0,004, для 575 °С при водонасыщении 0,029.

Также на заключительных этапах кристаллизации гранитов кристаллизовался топаз, который является индикатором насыщенности расплава по фтору. Принимая допущение, что он также образовывался в условиях водонасыщения, по топазовому геофториметру (Аксюк, Konyshv, 2006), для температуры 575 °С значение MHF составит 0,062.

**РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО СТРУЙНО-СУСПЕНЗИОННОЙ КОНВЕКЦИИ В  
РАССЛОЕННЫХ ИНТРУЗИВАХ: КУМУЛЯТИВНЫЙ АВГИТ НЕ НА МЕСТЕ**

**Коптев-Дворников Е.В. (геол. ф-т МГУ), Бычкова Я.В. (ИГЕМ РАН),**

**Ивлев Б.А. (геол. ф-т МГУ)**

[ekoptev@geol.msu.ru](mailto:ekoptev@geol.msu.ru); 8 (915) 168 74 39

В ритмически расслоенной пачке пород Киваккского интрузива переслаиваются бронзититы и нориты. Спорадически присутствующие среди них слои габбро-норитов залегают существенно ниже того уровня, выше которого авгит устойчиво становится кумулятивным минералом.

Получены распределения и рассчитаны средневзвешенные содержания РЗЭ по разрезу Киваккского интрузива. На основе реалистичной модели динамики формирования интрузива, построенной с помощью программного комплекса КОМАГМАТ, получены содержания РЗЭ в серии остаточных магм.

Установлено, что содержания РЗЭ в кумулятивных плагиоклазе и бронзите из норитов и бронзититов отвечают близкой к друг другу и относительно невысокой степени фракционирования исходной магмы, в то время как кумулятивный авгит из залегающих здесь же габбро-норитов значительно эту степень фракционирования опережает. Это доказывает, что авгитсодержащие кумулаты не находятся в равновесии с окружающими породами и могли сформироваться из струи суспензии, погрузившейся из более фракционированной части камеры.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 050**

МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ СЕРЕБРА В Ag-Au СПЛАВАХ

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

[yakoff@iem.ac.ru](mailto:yakoff@iem.ac.ru); 8-(49-652)-2-58-49

Разработана электрохимическая ячейка для определения термодинамической активности Ag в твердом растворе (сплаве) Ag-Au в зависимости от его концентрации при температуре от 253.15 К до 423.15 К и атмосферном давлении. В качестве электролита используется солевой раствор глицерина. Преимущество такой конструкции ячейки заключается в том, что измерения могут быть проведены практически одновременно на нескольких (~10) различных образцах в идентичных условиях. Это обеспечивается использованием перемещаемого от образца к образцу инертного электрода, что существенно повышает точность и надежность экспериментальных результатов, так как позволяет проводить повторные (контрольные) измерения ЭДС. Обсуждаются полученные активности и термодинамические свойства сплава Ag-Au при температуре от 253.15 К до 423.15 К.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 051**

ПОВЕДЕНИЕ ПРИРОДНОГО КОЛУМБИТА-ТАНТАЛИТА В ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРАХ  
ПРИ  $T = 300-600^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  БАР

**Коржинская В.С. (ИЭМ РАН)**

[vkor@iem.ac.ru](mailto:vkor@iem.ac.ru); 8(496) 5225861

*Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН и грантов РФФИ: 14-05-00424-а и 15-05-03393-а.*

Проведены эксперименты по растворимости природного колумбита-танталита  $(\text{Mn,Fe})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$  в хлоридных растворах  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{LiCl}$  с концентрациями 0.1 и 1.0 м при  $T = 300, 400, 600^{\circ}\text{C}$  и  $P = 1000$  бар в восстановительных условиях (буфер  $\text{Co-CoO}$ ). Во всем изученном интервале температур 300 – 600°C, во всех хлоридных растворах равновесные содержания тантала и ниобия очень низкие:  $10^{-6}-10^{-8}$  моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$  для тантала и несколько выше -  $10^{-5.6}-10^{-7}$  моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$  для ниобия. Концентрация Nb в  $\text{KCl}$  растворах меньше предела обнаружения за счет образования в твердой фазе ниобата калия ( $\text{KNbO}_3$ ). В растворах хлоридов щелочей ( $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{LiCl}$ ) содержание Mn и Fe изменяется в пределах от  $10^{-5}$  до  $10^{-3}$  моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$  в зависимости от температуры и концентрации соли. Это на 2 - 5 порядков выше содержания Nb. Представлены также экспериментальные результаты поведения колумбита-танталита в более близком к природе хлоридном растворе сложного состава: (0,33м  $\text{KCl}$ +0,33м  $\text{NaCl}$ +0,33м  $\text{HCl}$ ) при  $T = 300, 400^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  бар в присутствии буферов  $\text{Ni-NiO}$  и  $\text{Co-CoO}$ . В таком сложном флюиде равновесное содержание Nb почти на 2 порядка выше, чем в опытах с одиночными хлоридными растворами, хотя в целом не высоко. При этом температурная зависимость растворимости отчетливо положительная. Сделан вывод, что в хлоридных растворах природный колумбит-танталит растворяется инконгруэнтно с преимущественным переходом в раствор Mn и Fe по сравнению с Ta и Nb. В 1 м  $\text{HCl}$  и растворе (0,33м  $\text{KCl}$ +0,33м  $\text{NaCl}$ +0,33м  $\text{HCl}$ ) наблюдается сильное растворение платины из Pt-ампул.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 052**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ФЛЮИДА (HF+HCl) НА ПОВЕДЕНИЕ НИОБИЯ ПРИ РАСТВОРЕНИИ ПИРОХЛОРА И ОКСИДА НИОБИЯ ПРИ  $T = 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  БАР (БУФЕР Co-CoO)

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

[vkor@iem.ac.ru](mailto:vkor@iem.ac.ru), 8(496) 5225861

[kotova@iem.ac.ru](mailto:kotova@iem.ac.ru); 8(496) 5225861

*Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН и грантов РФФИ: 14-05-00424-а; 15-05-03393-а;*

Получены новые данные по растворимости оксида ниобия – аналога природного минерала ниобоксида и природного пирохлора  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$  в смешанных флюидах (HF+HCl), которые позволили оценить равновесное содержание ниобия в растворах (HF+HCl) при  $T = 550^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1000$  бар в присутствии кислородного буфера Co-CoO. Исходная концентрация HF изменялась от 0.01m до 2 m, а концентрация HCl оставалась постоянной и составляла 0.5 m. Проведено сравнение содержания ниобия в чистых растворах HF и HCl в диапазоне концентраций 0.01 – 2 m с полученными экспериментальными данными по растворимости  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  и пирохлора в смешанных растворах (HF+HCl).

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 053**

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ (Cl, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) МЕЖДУ ФЛЮИДАМИ И РАЗЛИЧНЫМИ МАГМАТИЧЕСКИМИ РАСПЛАВАМИ ПРИ  $T = 1000^{\circ}\text{C}$  и  $P = 200$  МПа

**Корнеева А.А., Чевычелов В.Ю. (ИЭМ РАН)**

[gubkagob@mail.ru](mailto:gubkagob@mail.ru), [chev@iem.ac.ru](mailto:chev@iem.ac.ru); 8(496)52-258-61

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 15-05-03393-а и программы ОНЗ РАН «Комплексные исследования по актуальным проблемам наук о Земле».*

Экспериментально исследовано растворение CO<sub>2</sub>-Cl-содержащих водных флюидов (0-7 М HCl и от 0 до 20 мас.% щавелевой кислоты) в фонолитовом, дацитовом и риолитовом магматических расплавах при  $T = 1000^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 200$  МПа. Состав стекол после опыта и содержания в них Cl определены методом локального рентгеноспектрального анализа. Содержания H<sub>2</sub>O в этих же стеклах проанализированы методом КФТ. Мольные доли H<sub>2</sub>O и Cl во флюиде рассчитаны с учетом баланса масс, используя полученные данные. Результаты сопоставлены с данными аналогичных экспериментов в системе без CO<sub>2</sub>. Сравнение содержаний Cl и H<sub>2</sub>O в расплавах показывает, что присутствие CO<sub>2</sub> в системе может заметно влиять на эти содержания. Обсуждаются полученные эффекты и их зависимости от состава расплава и содержаний Cl и CO<sub>2</sub> в системе.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 054**

О СЕЗОННОЙ ДИНАМИКЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЙОДА И СЕЛЕНА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ РАЗНЫХ ЗОН ФОРМИРОВАНИЯ

**Коробова Е.М., Колмыкова Л.И., Громьяк И.Н., Корсакова Н.В. (ГЕОХИ РАН), Макарова Е.М. (Геоцентр «Брянск»), Голубкина Н.А. (Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур)**

[korobova@geokhi.ru](mailto:korobova@geokhi.ru); +7 (499) 137 2484

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

Исследование сезонной динамики концентраций йода (йодида) и селена проводилось на примере 14 мониторинговых водозаборов, характеризующих источники питьевого водоснабжения разных геологических горизонтов, открытые водоемы и водотоки. Наибольшее содержание йода в поверхностных и грунтовых водах наблюдалось в октябре ( $M_e=8,07$  мкг/л, при  $n=3$  для колодцев и  $M_e=5,12$ , при  $n=5$  для рек и озер, среднее для двух сезонов), что может объясняться более высокой минерализацией вод ( $M_e=0,9$  г/л), повышенным содержанием органического вещества в конце вегетационного периода и активным выщелачиванием подвижного йода с осадками. Значительные колебания йода наблюдаются в водах колодцев (5,10- 8,07 мкг/л); воды скважин характеризовались самым узким диапазоном его концентрации (4,31-5,64 мкг/л), при максимуме в июле.

Сезонная динамика содержания селена в природных водах также проявлена. Наибольшим сезонным размахом и весенним максимумом характеризуются воды колодцев (0,143 -0,350 мкг/л). В водах скважин, а также водоемов и водотоков концентрация селена варьировала в небольшом диапазоне при наибольшей концентрации в июле ( $M_e=0,067$ , при  $n=6$  для скважин и  $M_e=0,056$  мкг/л, при  $n=5$  для рек и озер).

Минимальное поступление йода в организм с питьевой водой в весенний период (апрель-май) может явиться дополнительным фактором риска в случае аварийного выброса радиоактивных изотопов йода в этот сезон года.

ИЗУЧЕНИЕ ЩЕЛОЧНОБОРОГЕРМАНАТНЫХ СТЕКОЛ МЕТОДОМ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

**Королева О.Н., Иванова Т.Н., Коробатова Н.М.,  
Кориневская Г.Г., Штенберг М.В. (ИМ УрО РАН)**

[koroleva@mineralogy.ru](mailto:koroleva@mineralogy.ru); +7(3513) 29-80-98

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 15-05-02216-а и 16-35-60045 и гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых (МК-5863.2016.5).*

Координационное число германия может меняться от 4 до 6 при нормальных давлениях в системах с небольшим содержанием щелочного катиона, что приводит к наличию, наряду с тетраэдрами, как пентаэдров, так и октаэдров, где центральным атомом является германий, окруженный 5 или 6 атомами кислорода, соответственно. Известно, что координационное число атома бора в щелочноборатных системах может быть равно 4 или 3, что подтверждается экспериментальными методами и соответствует наличию в структуре борсодержащих стекол и расплавов как треугольников, так и тетраэдров с разным соотношением мостиковых и немостиковых атомов кислорода. Целью данной работы являлось изучение структуры и степени полимеризации борогерманатной сетки в зависимости от типа катиона и его содержания. Стекла составов  $xM_2O \cdot xB_2O_3 \cdot (100-2x)GeO_2$ , где  $M = Li, K$  и  $x = 3, 5, 7, 10, 20, 30$  мол. % были синтезированы методом шихты из соответствующих оксидов и карбонатов. Исследование структуры образцов выполнялось методами ИК и КР спектроскопии.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 056**

ИЗУЧЕНИЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ Na-K КРИОЛИТОВ МЕТОДАМИ  
РЕНТГЕНОГРАФИИ И СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

**Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Щекина Т.И., Граменицкий Е.Н.,**

**Вигасина М.Ф., Алферьева Я.О. (геол.ф-т МГУ),**

[kotelnik@iem.ac.ru](mailto:kotelnik@iem.ac.ru); [t-shchekina@mail.ru](mailto:t-shchekina@mail.ru); 8(495)9392040

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-05-0089).*

В гидротермальных условиях (800°C, 1 кбар) был проведен синтез девяти образцов Na-K криолитов, являющихся промежуточными членами ряда твердых растворов с конечными членами  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ - $\text{K}_3\text{AlF}_6$ . Составы исходных смесей различались на 10 мол.%. Полученные образцы были исследованы методами порошковой рентгенографии и спектроскопии комбинационного рассеяния света (СКР-спектроскопии).

С использованием результатов рентгеновского исследования были уточнены параметры элементарных ячеек (ПЭЯ) изучаемых образцов с учетом данных микронзондового анализа, указывающего на наличие двух составов криолитов, сосуществующих в одном эксперименте. Расчет ПЭЯ проводился для всех синтезированных образцов изоморфного ряда в интервале составов:  $X_{\text{K}^{\text{Cry}}}=0\div 0.65$  - для моноклинной модификации криолита (пр. гр.  $P2_1/n$ ); в интервале  $X_{\text{K}^{\text{Cry}}}=0.65\div 0.68$  - для его кубической модификации-эльпасолита (пр. гр.  $Pa3$ ); для интервала  $X_{\text{K}^{\text{Cry}}}=0.68\div 1.00$  - для орторомбической модификации (пр. гр.  $Immm$ ). Исследование образцов методом СКР-спектроскопии показало, что изученное вещество, начиная с состава  $X_{\text{K}^{\text{Cry}}}=,56$ , диагностируется как эльпасолит. Для составов с мольной долей  $X_{\text{K}^{\text{Cry}}}$  от 0,17 до 0,38 в КР-спектрах зарегистрированы линии рассеяния, относящиеся к спектрам криолита и эльпасолита одновременно. Результаты рентгенографических и КР-спектроскопических исследований не противоречат друг другу. Существование одновременно двух составов в некоторых образцах ряда K-Na-криолитов авторы рассматривают как результат распада твердого раствора минерала при закалке.

## **ВЕСЭМПГ-2016 - 057**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ФТОРИДОВ И ДАВЛЕНИЯ ФЛЮИДА НА РАСТВОРИМОСТЬ ОКСИДА НИОБИЯ ПРИ  $T=550^{\circ}\text{C}$ ,  $P=50$  И  $100$  МПа, БУФЕР (Co-CoO)

**Котова Н.П. (ИЭМ РАН)**

[kotova@iem.ac.ru](mailto:kotova@iem.ac.ru); 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 водных растворах NaF с концентрациями 0.01; 0.05; 0.5 и 1.0 моль/кг H<sub>2</sub>O и LiF с концентрациями 0.01; 0.03; 0.05 и 0.1 моль/кг H<sub>2</sub>O при  $T=550^{\circ}\text{C}$ ,  $P=50$  и  $100$  МПа в присутствии кислородного буфера Co-CoO. Установлено, что при низких концентрациях NaF и LiF (менее  $10^{-2}$  м) содержание ниобия в растворе составляет  $10^{-4}$  м. С повышением концентрации фтора-иона растворимость Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> возрастает. При концентрации NaF 1 м, а LiF 0.1 м, содержание ниобия достигает величин  $10^{-2.5}$  -  $10^{-3}$  м, соответственно, что на 1.5 порядка ниже данных по растворимости ниобия в 1 м водных растворах HF и KF при тех же параметрах опытов. Сравнение результатов экспериментов по растворимости оксида ниобия во фторидных растворах NaF и LiF показало, что при  $T = 550^{\circ}\text{C}$  и  $P=1000$  и  $500$  растворимость ниобия находится в пределах  $10^{-4}$  -  $10^{-3}$  м. Понижение давления флюида с 1000 до 500 бар в растворах NaF и LiF практически не влияет на величину растворимости Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ГЕРМАНИЙСОДЕРЖАЩЕГО КВАРЦА И ЕГО СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Кошлякова А.Н. (геол. ф-т МГУ), Балицкий В.С. (ИЭМ РАН), Балицкий Д.В.,**

**Вяткин С.В. (геол. ф-т МГУ), Кошуг Д.Г. (геол. ф-т МГУ), Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН)**

a.koshliakova@gmail.com; 8 (909) 669 65 77

*Работа поддержана РФФИ и Правительством МО (грант №14-42-03654).*

Экспериментально изучено распределение германия в монокристаллах германийсодержащего кварца, выращенных гидротермальным методом температурного перепада при 280-700°C и давлениях до 150 МПа во фторидных и щелочных растворах. Выращенные кристаллы изучались методами микронзондового анализа, ИК, КР и ЭПР спектроскопии. Установлено, что содержание германия в кварце определяется, главным образом, соотношением в шихте кварца и диоксида германия, термобарическими параметрами, кристаллографическим направлением и скоростью роста кристаллов. Распределение германия и кремния в выращенных кристаллах определяется коэффициентами захвата указанных элементов различными гранями. По данным ИК-спектроскопии в кристаллах, выращенных во фторидных растворах наблюдаются полосы ОН-колебаний, характерные для кварца, и серия полос в более высокочастотной области. В кристаллах, выращенных в щелочных условиях подобных колебаний практически не наблюдается. Показана зависимость характера ИК спектров кристаллов от состава раствора, температуры и содержания германия. Структурный характер вхождения его в кварц подтверждается ЭПР спектроскопией: германий занимает структурные позиции кремния. При этом образуются Е-центры и центры типа Ge-Li.

**СИНТЕЗ ФУЛЬВАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ РОДИЯ(III) И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ПОВЕДЕНИЯ НА КОМПОНЕНТАХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ**

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

[Koshcheeva@geokhi.ru](mailto:Koshcheeva@geokhi.ru) , [MNlab@geokhi.ru](mailto:MNlab@geokhi.ru)

С целью изучения миграционного поведения родия в природных системах впервые синтезированы комплексы родия(III) с фульвокислотой (ФК) – доминирующим органическим веществом природных вод. Для экспериментов, ФК выделены из воды истока реки Москвы. В равновесных условиях при рН 7.0 изучена зависимость растворимости осадка гидроксида родия(III) от концентрации ФК в растворе в ее интервале от  $1.4 \cdot 10^{-5}$  до  $1.1 \cdot 10^{-4}$  М. Выявлено, что с ростом концентрации ФК в пределах одного порядка растворимость родия увеличивается на два порядка: от  $4.0 \cdot 10^{-7}$  до  $3.6 \cdot 10^{-5}$  М, что обусловлено процессом комплексообразования ионов металла с ФК. Данные по растворимости позволили установить состав и устойчивость фульватных комплексов Rh(III). Соотношение Rh:ФК в комплексных соединениях выявлено по тангенсу угла наклона графика, полученного в координатах  $\lg(C_{\text{Rhобщ}} - C_{\text{Rh0}}) - \lg C_{\text{ФК}}$ . Для системы Rh – ФК получено значение  $\text{tg} \alpha = 0.93$ , что свидетельствует о доминировании в равновесном растворе фульватных комплексов родия состава Rh:ФК=1:1. По результатам этого же эксперимента рассчитана  $K_{\text{уст}}$  гидроксофульватного комплекса родия:  $\beta_{11} = 1.0 \cdot 10^6$ .

Изучено взаимодействие ФК и фульватных комплексов родия с компонентами геохимических барьеров (кварцитом, глинистым сланцем, природными алюмосиликатными взвесями, гидроксидом железа(III)) при рН 5.0; 7.0; 8.0. Выявлена полная корреляция поведения ФК и комплексов Rh(III) на указанных материалах: почти 100%-ная сорбция на гидроксиде железа(III) и полное отсутствие сорбции на кварците и алюмосиликатах.

**ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НОРИЛЬСКИХ Cu-Ni РУД ПО ДАННЫМ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ Cu-Fe-S**

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

tanyuk@igm.nsc.ru; 8-913-738-9488

Основными рудообразующими минералами Норильских Cu-Ni месторождений являются: халькопирит  $\text{CuFeS}_2$ , кубанит  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ , пирротин  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$  и пентландит  $(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$ . Для понимания условий их совместной кристаллизации изучены продукты кристаллизации расплавов центральной части системы Cu-Fe-S: 45 ат.% S, Cu/Fe = 1.44 – 0.69; 47 ат.% S, Cu/Fe = 1.12 – 0.63 и 50 ат.% S, Cu/Fe = 1.22 – 0.25, охлажденных с разной скоростью от 1100 °C до комнатной температуры при нормальном давлении, и 45 и 50 ат.% S, Cu/Fe = 1, закаленных от 1100 °C и 5 GPa. Показано, что составы норильских пентландитов характеризуются значениями Ni/Fe, близкими значениям Cu/Fe продуктов кристаллизации халькопиритового твердого раствора (изокубанита  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ , талнахита  $\text{Cu}_9\text{Fe}_8\text{S}_{16}$ , моихукита  $\text{Cu}_9\text{Fe}_9\text{S}_{16}$  и хейкокита  $\text{Cu}_4\text{Fe}_5\text{S}_8$ ), включая халькопирит. При этом значения Cu, Ni/Fe обнаруженных в норильских рудах новых фаз  $(\text{Cu, Ni})\text{FeS}_2$ , условно названных никелистым халькопиритом, близки значениям Cu/Fe границ области гомогенности халькопирита с талнахитом и изокубанитом. Полученные результаты свидетельствуют об одновременной кристаллизации пентландита с халькопиритом, кубанитом и пирротинном из Cu-Ni-Fe-S расплава и согласуются с данными исследования состава изученной части системы Cu-Fe-S при 1100 °C и 5 GPa.

**НОВАЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ В ГЕОХИ РАН: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

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

spkrashennnikov@mail.ru

Запущена в эксплуатацию новая высокотемпературная вертикальная трубчатая печь Nabertherm (до 1700° С) для экспериментов при атмосферном давлении и контролируемой летучести кислорода. Для обеспечения контроля фугитивности в смеси Н<sub>2</sub>-СО<sub>2</sub> установка оборудована системой регуляторов и расходомеров газа Bronkhorst, позволяющей задавать окислительно-восстановительные условия в пределах буфера NNO ± 3 лог.ед.. Термические профили рабочей зоны указывают на наличие семисантиметровой безградиентной горячей области (температурный градиент менее 1°С). Данные по температуре в рабочей зоне в режиме реального времени передаются с Pt/PtRh10 и PtRh6/PtRh30 термопар на компьютер, а колебания температурного режима не превышают ±1°С в течение всего эксперимента.

Методом петли проведено 20 экспериментов на природных образцах основного-ультраосновного состава в диапазоне температур 1297-1588°С при фугитивности кислорода на уровне буфера NNO ± 2 лог.ед. Концентрации главных элементов минеральных фаз и закалочных стекол продуктов опытов проанализированы на электронном микрозонде (IsTerre, Франция) с использованием прецизионного аналитического протокола определения состава оливина (Batanova et al, 2015). Используя равновесные пары оливин-расплав в программном комплексе Petrolog 3.0 (Danyushevsky & Plechov, 2011) рассчитаны температуры по моделям (Ford et al., 1983) и (Herzberg & O'Hara, 2002), которые отмечены как наиболее точные для описание базальтовых магм (Falloon et al, 2007) Показано, что разница полученных значений температур между выбранными моделями увеличивается при повышении температуры эксперимента (до 70° С при 1588° С). Температуры измеренные непосредственно в ходе экспериментов, в свою очередь, являются своеобразными средними значениями между выбранными расчетными моделями. Эти данные свидетельствуют о необходимости разработки новой усовершенствованной количественной модели равновесия оливин-расплав для высокотемпературных магнезиальных расплавов и возможности проведения такой работы на базе представленной установки в ГЕОХИ РАН.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАВНОВЕСИЯ PdTe–PdTe<sub>2</sub> ЭДС-МЕТОДОМ

Криставчук А.В. (ИЭМ РАН), Заболоцкая А.В. (Ун-т «Дубна», ИЭМ РАН),

Чареев Д.А., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)

[alex-rodni@yandex.ru](mailto:alex-rodni@yandex.ru); 8 (906) 794 54 71

Методом «сухого» синтеза из элементов в вакуумированных ампулах из кварцевого стекла были последовательно синтезированы PdTe, затем при доавлении серы смесь PdTe<sub>2</sub>–PdTe, а также Ag<sub>2</sub>Te.

В твердотельной ячейке (А) с серебропроводящим электролитом (RbAg<sub>4</sub>I<sub>5</sub>)

(-) Pt | Ag | RbAg<sub>4</sub>I<sub>5</sub> | PdTe<sub>2</sub>, PdS, Ag<sub>2</sub>Te | Pt (+) (А)

была реализована реакция (1)

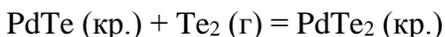


Системой образца являлась механическая смесь Ag<sub>2</sub>Te и смеси PdTe<sub>2</sub>–PdTe (равновесие Ag<sub>2</sub>Te–PdTe<sub>2</sub>–PdTe существует в трехкомпонентной системе), системой сравнения – чистое серебро.

Вычитая из реакции (1) реакцию (2) образования Ag<sub>2</sub>Te (кр.) из Ag (кр.) и Te<sub>2</sub> (г),



получаем равновесие



Таким образом, из температурной зависимости ЭДС ячейки (А) и термодимических свойств реакции (2) были получены термодимические свойства равновесия PdTe–PdTe<sub>2</sub>.

**СОГЛАСОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ПОРИСТОСТИ ЛУННОЙ КОРЫ С  
КОНЦЕНТРАЦИЕЙ УРАНА В КОРЕ И МАНТИИ**

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

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

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

На основе оценок тепловых потоков и температуры на границе кора-мантия, полученных по сейсмическим данным, решается задача согласования коэффициентов теплопроводности и пористости лунной коры с мощностью тепловых источников в коре и мантии. В качестве входных параметров модели используются концентрации урана в коре и мантии, зависимости коэффициентов теплопроводности от пористости, мощность коры. Рассматриваются многослойные модели коры с постоянными физическими свойствами в каждом слое и с экспоненциальным распределением пористости по глубине. Получены ограничения на распределения пористости и коэффициентов теплопроводности в коре, проведено сравнение с оценками пористости по гравитационным данным.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ И СОСТАВА ЛУНЫ  
ИНВЕРСИЕЙ ГРАВИТАЦИОННЫХ, СЕЙСМИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**Кронрод Е.В., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН), Matsumoto K., Yamada R. (NAOJ)**

[e.kronrod@gmail.com](mailto:e.kronrod@gmail.com); 8 (915) 355 80 90

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты, 15-05-02572, 15-05-01161,) grant of <制度名> supported by the Research Coordination Committee, National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ)*

Рассматриваются восьмислойные модели внутреннего строения Луны, состоящие из реголита мощностью 1 км, коры (15-65 км), верхней, средней и нижней мантии, слоя пониженной вязкости (LVZ) мощностью 0-500 км, жидкого внешнего ядро (10–500 км) и твердого внутреннего ядра.

Инверсия гравитационных, сейсмических и геохимических данных осуществляется методом Монте-Карло по схеме марковских цепей (метод МСМС), где в качестве наблюдаемых переменных для расчета LHF (функции правдоподобия) выступают 6 геодезических параметров (средний радиус Луны, масса ( $M$ ), нормализованный момент инерции по данным GRAIL ( $I_s/MR^2$ ), число Лява второго порядка  $k_2$  и добротность – фактор  $Q_m$  и  $Q_a$  с периодом месяц и год), а также данные о временах прихода сейсмических волн.

Для определения мантийного состава и температуры в программу, разработанную японскими учеными из Национальной Астрономической Обсерватории Японии, включен созданный в ГЕОХИ РАН блок для расчета температуры и концентраций основных оксидов в трех слоях мантии. Был рассчитан ряд моделей с различными входными параметрами. Получены вероятные распределения сейсмических скоростей, концентраций основных оксидов в мантии, а также диапазоны температур, мощность коры и зоны подплавления.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА  
ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ УЛЬТРАБАЗИТОВОЙ МАГМЫ В МАНТИИ ЗЕМЛИ**

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

**Варламов Д.А. (ИЭМ РАН)**

[shushkanova@iem.ac.ru](mailto:shushkanova@iem.ac.ru); 8(496)5225876

*При поддержке Программы РАН ПЗ4 «Вещество в условиях высокого статического давления», а также грантов РФФИ 14-05-0053 и 16-05-00850.*

Гранатовые перидотиты и эклогиты являются главными породами верхней мантии Земли. Петрохимические тренды демонстрируют непрерывные переходы между перидотитовыми и эклогитовыми породами (Маракушев, 1984) и составами минеральных включений в алмазах (Соболев, 1974). Но прямые петрогенетические отношения перидотитов и эклогитов еще недостаточно ясны в физико-химическом отношении. После экспериментального открытия реакции между оливином и жадеитом, которая приводит к исчезновению оливина (Gasparik, Litvin, 1997), приобрел смысл экспериментальный поиск физико-химического механизма, способного осуществить непрерывную ультрабазит- базитовую эволюцию мантийного перидотита.

Проведены экспериментальные исследования при 6.0 ГПа фазовых отношений в многокомпонентной системе оливин Ol – клинопироксен Crx – жадеит Jd (с граничными составами, воспроизводящими составы природных фаз). Построена предварительная фазовая диаграмма системы Ol – Crx – Jd, которая раскрывает перитектический физико-химический механизм исчезновения Ol в 4-фазовой перитектике Ol+Crx+Grt+L (в реакции  $Ol + L = Grt$  с накоплением Jd-компонента в расплаве. В результате данной реакции исчезает оливин и возникает моновариантная котектика Omph+Grt+L, т.е. формируются биминеральные эклогиты.

ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ И СЖИМАЕМОСТЬ СТЕКЛА СОСТАВА  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$   
В ИНТЕРВАЛЕ ДАВЛЕНИЙ ДО 6.0 ГПа

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

[rufina@igm.nsc.ru](mailto:rufina@igm.nsc.ru); 8 913 922 93 23

Измерен показатель преломления стекла состава  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$  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. Результаты сопоставлены с данными, полученными ранее для других стекол системы  $\text{Ca}(\text{Na}_2)\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ . В отличие от исследованных ранее стекол, с соотношением  $\text{Ca}(\text{Na}_2)\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3=1$ , стекло состава  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$  содержит избыток  $\text{CaO}$  по отношению к  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3=3$ ), и, следовательно, имеет более высокое содержание немостиковых атомов кислорода *NBOs* и более высокую степень деполимеризации.

Сжимаемость стекла  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$  ниже сжимаемости исследованных ранее стекол, что было предсказуемо с учетом существования избыточного содержания  $\text{CaO}$  по отношению к  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Тем не менее, экспериментально полученная сжимаемость стекла выше, а степень деполимеризации ниже, чем должна быть с учетом имеющихся *NBOs*. Данный феномен обсуждается в работе в свете несоответствия количества катионов модификаторов и количества пустот в сетке стекла и возможной гетерогенности структуры с образованием областей, богатых кальцием, и областей, богатых алюминий и кремнийсодержащими структурными единицами.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ  
ВНЕЗЕМНОГО ВЕЩЕСТВА**

**Куюнко Н.С., Скрипник А.Я., Алексеев В.А. (ГЕОХИ РАН)**

[AVAL37@mail.ru](mailto:AVAL37@mail.ru); 8 (496) 522 19 88

*Работа частично поддержана Программой № 7 Президиума РАН.*

Идентификация выпавших на Землю объектов космического происхождения в большинстве случаев не вызывает трудностей благодаря наличию таких признаков, как кора плавления, характерный рельеф поверхности объекта, в ряде случаев - кратер на месте находки образца. В некоторых случаях, однако, происхождение находки неопределенно и только привлечение прецизионных методов анализа позволяет установить природу вещества. Под действием космического излучения в минеральных компонентах метеоритов накапливаются следы радиационных нарушений, которые при нагреве вещества обуславливают термолюминесцентное свечение, лежащее в основе термолюминесцентного (ТЛ) метода исследования. Информация о термолюминесценции вещества находки (интенсивность свечения, характерные особенности кривой высвечивания) в сопоставлении с аналогичными характеристиками метеоритов разных химических классов могут позволить сделать вывод о возможности внеземного происхождения найденного объекта. В работе приведены результаты ТЛ-исследований серии образцов – находок неопределённого генезиса для установления критериев идентификации вещества внеземного происхождения с привлечением ТЛ-метода.

**ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ СИДЕРОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МАГНИТНЫХ РАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЯХ ИЗ АВЕЕ ЕН4, АДНІ КОТ ЕН4, АТЛАНТА ЕL6 и ПИЛИСТВЕРЕ ЕL6 ЭНСТАТИТОВЫХ ХОНДРИТОВ.**

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

lavza@mail.ru; 8-496-52-2-19-88

Методом ИНАА определены содержания сидерофильных элементов в магнитных размерных фракциях из энстатитовых хондритов ЕН и ЕL групп. Анализ полученных данных показал, что в хондрите Adhi Kot ЕН4 распространенности Ni, Co, Au и Ir почти в два раза выше таковых в хондрите Avee ЕН4. Возможно, что такое фракционирование элементов в хондритах из ЕН группы обусловлено разной интенсивностью ударных процессов, протекавших на родительских телах этих метеоритов. Хондриты ЕL6 группы также различаются по характеру распределения сидерофильных элементов в магнитных фракциях. В хондрите Atlanta ЕL6 содержания Ni, Co, Au и Ir в размерных магнитных фракциях ниже, чем среднее значение в металле Е хондритов, что свидетельствует о значительной переработке вещества этого метеорита, возможно в результате ударных воздействий. Распространенность сидерофильных элементов во фракциях хондрита Пилиствере ЕL6 наиболее приближается к распространенностям таковых в металле Е хондритов. Такое распределение элементов в Пилиствере свидетельствует о слабом ударном воздействии. Предполагается, что эти особенности распределения элементов в энстатитовых хондритах были приобретены в результате кристаллизации импактных расплавов. Происхождение таких расплавов могло быть в результате ударного плавления *in situ* или ударных выбросов расплава.

**ЭКСПЕРИМЕНТЫ С СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНО-УГЛЕКИСЛЫМИ ФЛЮИДАМИ В ПРИСУТСТВИИ Au И СУЛЬФИДОВ Fe, Mo**

**Лаптев Ю. В., Борисенко А. С., Прокопьев И. Р. (ИГМ СО РАН)**

[laptev@igm.nsc.ru](mailto:laptey@igm.nsc.ru); 8 (383) 333 30 26

*Грант РФФИ 13-05-00478.*

Впервые для водно-солевой системы состава 22% масс  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 2,2% масс  $\text{NaCl}$  в надкритических условиях экспериментально измерены, построены и представлены в виде табулированных значений изохорические зависимости в координатах  $T - P$  для интервалов температур 200 – 420°C и давлений 200 – 800 бар. Показано, что существование водно-солевых флюидов в надкритическом состоянии без осаждения тенардита  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  возможно только в высокоплотных флюидах (коэффициент заполнения свободного пространства 0.8 – 0.88). В присутствии углекислоты для водно-солевого газосодержащего флюида практически исчезает возможность достижения надкритических условий с областью его гетерогенизации вплоть до температур 420°C и давлений до 800 бар. Установлено, что в этих условиях гетерогенизации с ростом валовых содержаний углекислоты до значений  $X_{\text{CO}_2} = 0.38$  наблюдается значительный эффект уменьшения растворимости золота и возрастания растворимости пирита и молибденита. Представляется, что это обусловлено спецификой внутренних равновесий в гетерогенной системе с участием летучих компонентов, в первую очередь, сероводорода.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СИЛИКАТНОГО КАРКАСА И ПОВЫШЕННЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА ДВИЖЕНИЕ И СЕГРЕГАЦИЮ ЖЕЛЕЗОСУЛЬФИДНОГО РАСПЛАВА ПРИ ЧАСТИЧНОМ ПЛАВЛЕНИИ МОДЕЛЬНОГО ПЛАНЕТАРНОГО ВЕЩЕСТВА (МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЦЕНТРИФУГИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЯДРА ЛУНЫ)

**Лебедев Е.Б., В.В. Аверин, Н. Н. Кононкова, Т.Г. Кузьмина, Е.А. Зевакин**  
(ГЕОХИ РАН, ИМЕТ РАН)

[eblebedev@yandex.ru](mailto:eblebedev@yandex.ru)

Методом высокотемпературного центрифугирования осуществлено моделирование процессов миграции и аккумуляции сульфидных (FeS) и металлических (Fe) фаз под действием силы тяжести и дополнительного груза при частичном плавлении модельного планетарного вещества (оливин-пикритовой и оливин-базальтовой смеси) и регулируемой летучести кислорода. Опыты проводились на высокотемпературной центрифуге при  $T=1300-1450^{\circ}\text{C}$ .

Проведенные исследования показали, что при деформации силикатного каркаса осаждение железа может происходить в более окислительных условиях (опыт **CS-122**,  $\lg f\text{O}_2 = - 11.7$ ), чем без деформации каркаса (опыт **CS-110**,  $\lg f\text{O}_2 = - 15.6$ ).

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРВИЧНЫХ РОСТОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В АЛМАЗАХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ (ПО ДАННЫМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА)

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

[limanov.z@gmail.com](mailto:limanov.z@gmail.com); 8(496)5225876

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-05-00537.*

Минералы первичных включений в алмазах верхней мантии принадлежат к перидотитовому и эклогитовому парагенезисам, которые практически не совмещаются в одном и том же монокристалле алмаза. В соответствии с мантийно-карбонатитовой концепцией генезиса алмазов и ассоциированных фаз их материнскими средами являются изменчивые перидотит-карбонатит-углеродные и эклогит-карбонатит-углеродные расплавы. Физико-химические механизмы нуклеации и массовой кристаллизации алмазов и ассоциированных минералов раскрываются фазовыми диаграммами их сингенезиса. Построена обобщенная диаграмма материнских сред алмазов и минералов-включений как физико-химическая основа генетической классификации первичных включений в алмазах верхней мантии. Минералы сингенетических включений отнесены к (1) главным, парагенным с алмазами, (2) акцессорным парагенным (растворимым в материнских расплавах), (3) акцессорным ксеногенным (нерастворимым в материнских расплавах). Разработанная генетическая классификация обоснована результатами физико-химического эксперимента и представлена в виде соответствующих таблиц первичных минеральных включений в алмазах верхней мантии с учетом их парагенетической принадлежности.

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ЯДРА ЗЕМЛИ

Литасов К.Д. (ИГМ СО РАН, НГУ)

[klitasov@igm.nsc.ru](mailto:klitasov@igm.nsc.ru); 8 (383) 333 26 00

*Работа выполнена при поддержке РФФ № 14-17-00601.*

В докладе сделан обзор современных представлений о составе и эволюции ядра Земли. На основании сравнения экспериментальных данных по плотности Fe с геофизическими данными внешнее жидкое ядро имеет однородную структуру и дефицит плотности около 10%, а внутреннее твердое ядро имеет сильно неоднородную структуру с повышенной анизотропией сейсмических волн и дефицит плотности около 5%. Оценки температуры на границе ядро-мантия составляют 3800-4200 К, а на границе внутреннего ядра – 5200-5700 К. Главными кандидатами на роль легкого элемента в жидком ядре считаются Si и O. Космохимические оценки показывают, что ядро должно содержать около 2 мас.% S, а экспериментальные данные свидетельствуют, что структура внутреннего ядра согласуется со свойствами Fe-карбидов. Наиболее обоснованной на сегодняшний день является модель ядра Земли с содержаниями (мас.%): Si = 5-6, O = 0,5-1,0, S = 1.8-1.9, C = 1-2, при этом во внутреннем ядре может преобладать карбиды Fe<sub>7</sub>C<sub>3</sub> или Fe<sub>3</sub>C. Исследование короткоживущих изотопных систем показывает, что ядро сформировалось на ранней стадии развития Земли, предположительно не позднее 30-50 млн. лет от начала формирования Солнечной Системы. Исследование распределения сидерофильных элементов между силикатным расплавом и расплавом Fe позволяет реконструировать процесс формирования ядра в магматическом океане, глубина которого могла достигать 1000-1500 км при температуре 3000-4000 К. Значение  $fO_2$  в магматическом океане менялось от 4-5 до 1-2 лог. ед. ниже буфера IW. Данные по Mo, W, S согласуются с добавкой последних 10-15 % хондритового вещества в результате крупного ударного события. Теплофизическое моделирование энергетики ядра согласуется с общим тепловым потоком от границы ядро-мантия 7-17 ТВт. Отвод избыточного тепла осуществляется через две крупные зоны пониженных скоростей в основании суперплюмов. В геологической истории периодичность активности и географическое положение крупных зон пониженных скоростей могли меняться. Процесс отвода тепла от границы ядро мантия определяется либо чрезмерным накоплением тепла в ядре, либо инициируется погружением холодных субдукционных плит, но, так или иначе, тесно взаимосвязан с геодинамическими процессами на поверхности. Обмен веществом с мантией был значительным на ранней истории Земли – вплоть до существования базального магматического океана. Однако после остывания мантии он составил не более 1-2% от массы ядра.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРА МЕЖДУ РАСПЛАВОМ И ВОДНОЙ ФЛЮИДНОЙ ФАЗОЙ  
ПРИ ДЕГАЗАЦИИ ГРАНИТНЫХ МАГМ, ВЫЗВАННОЙ ИХ КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ НА  
РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ**

**Луканин О.А. (ГЕОХИ РАН)**

[lukanin@geokhi.ru](mailto:lukanin@geokhi.ru); 8(495)1373055

Разработана эмпирическая компьютерная модель, описывающая распределение Cl между расплавами и водно-хлоридными флюидами, образующимися в процессе эвтектоидной изобарической кристаллизации гранитных магм в интервале давлений от 4 до 0.4 кбар и температуре  $800 \pm 25^\circ\text{C}$ . Она является развитием предложенной ранее автором модели декомпрессионной дегазации гранитных расплавов (Луканин, 2015). На основании результатов численного моделирования рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на поведение хлора в процессе кристаллизационной дегазации: исходные содержания Cl и H<sub>2</sub>O в расплавах, давление, степень открытости системы. При высоких давлениях (> 1.6 кбар) изобарическая кристаллизация сопровождается уменьшением концентрации Cl как в расплаве ( $C_{\text{Cl}}^{\text{m}}$ ), так и во флюидной фазе ( $C_{\text{Cl}}^{\text{fl}}$ ). Чем выше давление и исходное содержание хлора в расплаве, тем эта тенденция проявляется более отчетливо, особенно в условиях открытой системы. С понижением давления в интервале 1.62- 0.85 кбар происходит кардинальное изменение в поведении хлора: доминирующая тенденция снижения  $C_{\text{Cl}}^{\text{m}}$  и  $C_{\text{Cl}}^{\text{fl}}$  в ходе кристаллизации при высоких давлениях сменяется на противоположную. При низких давлениях (< 0.85 кбар) обогащение хлором остаточных расплавов и образующихся флюидов на определенной стадии кристаллизации приводит к образованию гетерогенного флюида, состоящего из двух несмешивающихся водно-хлоридных фаз – существенно водной и обогащенной хлоридами жидкости (рассола).

**ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ СИДЕРОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТАХ УГЛИСТЫХ ХОНДРИТОВ РАЗНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ГРУПП**

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

[ajull@mail.ru](mailto:ajull@mail.ru), тел.: 8 (496)522 1988

С целью оценки влияния вторичных процессов на химический состав отдельных компонентов хондритов рассмотрены данные по содержанию сидерофильных элементов в матрице и хондрах углистых хондритов разных химических групп: Murray CM2, Renazzo CR2, Каинсаз CO3 и Allende CV3. Показано, что интенсивные гидротермальные процессы, протекавшие в родительском теле CM2 хондритов, привели к сильному фракционированию сидерофильных элементов в хондрах хондрита Murray, значительно обедненных Ni и Co относительно элементов с более сильными сидерофильными свойствами. Такой тип фракционирования элементов отсутствует в хондрах хондрита Renazzo CR2, не измененного водными процессами. Для всех компонентов данного хондрита характерно фракционирование сидерофильных элементов по летучести, свидетельствующее о незначительном изменении их первичного состава. Подобие трендов фракционирования сидерофильных элементов в хондрах и матрице CO3 и CV3 хондритов свидетельствует об отсутствии заметного перераспределения элементов между этими компонентами в процессе термального метаморфизма вещества метеоритов в их родительских телах.

**ТЕХНОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ БАЛАНСА ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В НЕДРАХ  
РФ И ГЛОБАЛЬНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ**

**Магидов С.Х. (Институт геологии ДНЦ РАН)**

[salavmag@yandex.ru](mailto:salavmag@yandex.ru)

В ряде работ было показано, что, вследствие нарастающей техногенной нагрузки на недра, к настоящему времени, произошли существенные изменения в подземной гидросфере. В первую очередь, об этом свидетельствует то обстоятельство, что упругоёмкий потенциал недр в РФ в значительной степени уже утрачен. За полувековой период эксплуатации нефтегазовых месторождений- доля фонтанных скважин сократилась более чем на порядок, существенно сократились и их дебиты. Аналогичные тенденции в РФ выявлены при извлечении и термальных вод. Всё это свидетельствует о нарушении баланса термобарических условий в недрах и способствует нарастанию глобальных геоэкологических рисков. Нарачивание закачки флюидов в продуктивные пласты для поддержания пластовых давлений в 70 х - 80 х годах прошлого века позволило на первоначальных этапах не только стабилизировать процесс истощения упругой энергии гидрогеосистем в РФ, но и обратить его вспять. Но в последующем произошло резкое падение доли фонтанных скважин нефтегазовых месторождений. В текущем десятилетии продолжалось падение данного показателя, и в 2014 г. он опустился до величины 5,6%. Это позволяет сделать вывод о том, что закачка воды в прежних объёмах уже не позволяет добиться восстановления пластовых давлений на приемлемом уровне. Вероятно, подобный сценарий развития является подтверждением тезиса о глобальном характере негативных изменений в недрах под воздействием антропогенной деятельности. Другим важным выводом является то, что восстановление первоначальных условий в недрах на глобальном уровне потребует таких чрезмерных затрат, что сделает подобную задачу практически невыполнимой. Поэтому особую актуальность приобретает задача прогнозирования поведения данной нарушенной системы в среднесрочной перспективе и вероятность проявления глобальных геокатаклизмов.

**НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДОПЛАНЕТНЫХ  
САМОГРАВИТИРУЮЩИХ СГУСТКОВ (ПРЕПЛАНЕТЕЗИМАЛЕЙ) – ФОРМИРОВАНИЕ  
ПЫЛЕВЫХ АГРЕГАТОВ СУБМЕТРОВЫХ–МЕТРОВЫХ РАЗМЕРОВ**

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

[makalkin@ifz.ru](mailto:makalkin@ifz.ru)

*Исследования проведены при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 14-02-00319 а.*

Рассматриваются свойства допланетного пылевого слоя, находящегося в средней плоскости газопылевого протопланетного околосолнечного диска. Получены условия, необходимые для его гравитационной неустойчивости и распада на самогравитирующие допланетные сгустки (кластеры) – предшественники первичных допланетных тел (планетезималей). Проведенное математическое моделирование малых возмущений двухфазного пылегазового слоя показало, что трение твердых частиц об окружающий газ существенно препятствует сближению частиц, испытывающих коллективное гравитационное взаимодействие. В результате противодействовать трению о газ и собираться в гигантские сгущения (с размерами от 10 тыс. км и массой  $10^{22}$  г) могли только достаточно крупные тела – с размером порядка полуметра в зоне образования Земли и более метра в зоне образования Юпитера. Эти тела, образовавшиеся путем слипания более мелких частиц, представляют собой высокопористые агрегаты. Для изучения химической эволюции протопланетного вещества необходимо исследование образования таких крупных рыхлых агрегатов при слипании пылевых частиц в термобарических условиях протопланетного диска.

**ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ МИГРАЦИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ С ОРГАНИЧЕСКИМ  
ВЕЩЕСТВОМ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ЗАПАДНОЙ АФРИКИ**

**Макарова М.А., Шипилова Е.С. (геол. ф-т, МГУ)**

frolikovam@gmail.com; 8 985 054 88 54

*Грант РФФИ № 15-05-03065.*

Для изучения механизмов перераспределения вещества (форм миграции) в латеритном профиле выветривания был использован метод каскадной фильтрации, позволяющий изучить характер распределения органического вещества и поведение микроэлементов в природных водах. Были получены следующие результаты: 1) выделено три группы элементов: Hf, Tl, W, Ta, U, Th, Nb, Bi, Ga, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu находятся в растворе в виде простых комплексов; Fe, Al, Y, La, Ce находятся в виде комплексов с коллоидами железа и алюминия; для As, Cd, Sb, Cu, As, Co характерны ионные формы; 2) для вод характерно быстро разлагаемое органическое вещество в виде низкомолекулярных карбоновых кислот, других простых молекул органического вещества.

**ДИФФУЗИЯ ТРИТИЯ, СТРОНЦИЯ, ЦЕЗИЯ И НЕПТУНИЯ В ПОРОВОМ РАСТВОРЕ  
ГНЕЙСА И ЛАМПРОФИРА**

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

[mark0s@mail.ru](mailto:mark0s@mail.ru); 8(495) 335 20 30

Методом сквозной диффузии через поровый раствор образцов гнейса и лампрофира при комнатной температуре определены коэффициенты диффузии для растворенных в модельной подземной воде компонентов с различной сорбционной активностью: от несорбирующегося трития в форме частиц НТО, до сильно сорбирующегося катиона  $Cs^+$ . По времени задержки и наклону стационарных участков кривых выхода элементов определены кажущиеся ( $D_a$ ) и эффективные ( $D_e$ ) коэффициенты диффузии компонентов. Для образцов лампрофира, имеющих открытую пористость  $\varepsilon=0.032-0.036$ , значения  $D_e$  уменьшаются в ряду  $Cs>Sr>НТО>Np$ , а значения  $D_a$  – в ряду  $Np>Sr=Cs$ . Для образцов гнейса, имеющих открытую пористость на порядок ниже  $\varepsilon=0.0015-0.0038$ , соответствующие ряды выглядят как:  $Cs>Sr>НТО=Np$  и  $Sr>Cs>Np$ . Коэффициенты сорбционной емкости  $\alpha=D_e/D_a$  для лампрофира и гнейса образуют ряды:  $Cs=Sr>Np$  и  $Cs>Sr>Np$ . Обсуждается зависимость диффузионно-сорбционных характеристик от структуры пористости и минерального состава пород в связи с проблемой миграции радионуклидов с подземными водами в массивах кристаллических горных пород.

**КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5$  РАСПЛАВОВ В ОБЛАСТИ СОСТАВОВ БЛИЗКОЙ К СТЕКЛОМАТРИЦАМ ДЛЯ РАО**

**Мартынов К.В., Ширяев А.А., Стефановский С.В. (ИФХЭ РАН), Некрасов А.Н., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

[mark0s@mail.ru](mailto:mark0s@mail.ru); 8(495) 335 20 30

Методом охлаждения с умеренной скоростью ( $100^\circ\text{C}/\text{час}$ ) расплавов, полученных в корундовых тиглях при температуре  $1200^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении из измельченных  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5$  стекол, показано образование различных кристаллических фаз и изменение ликвидусного состава расплавов при понижении температуры. Глубина кристаллизационного процесса определяется вязкостью расплава и зависит от направления изменения его состава. На основании полученных результатов предложена новая топология диаграммы плавкости трехкомпонентной системы, и положение некоторых котектических и эвтектических равновесий в области составов близкой к регламентному составу стекла, используемого для иммобилизации РАО. Фазообразование при медленном остывании  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5$  расплавов следует учитывать при остекловывании реальных РАО.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ Ca- И Mg- ПЕРОВСКИТОВ, СОДЕРЖАЩИХ АТОМЫ Al, ПРИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ МАНТИИ ЗЕМЛИ

**Марченко Е.И., Еремин Н.Н. (геол. ф-т МГУ)**

[marchenko-ekaterina@bk.ru](mailto:marchenko-ekaterina@bk.ru); 8495-939-3875

*РФФИ № 15-05-04575.*

Целью настоящего исследования является компьютерное структурное моделирование различных полиморфных модификаций  $\text{CaSiO}_3$  и  $\text{MgSiO}_3$ , содержащих примеси Al. Интерес к данной работе обусловлен тем, что в отношении геохимической роли кальция остается много вопросов как в минералогии, так и в геохимии глубинных оболочек Земли. Расчеты проводились полуэмпирическими методами в программе Gulp 4.0. Воспроизведена фазовая диаграмма  $\text{CaSiO}_3$ , в отношении которой много противоречивых результатов, рассчитаны энергии вхождения Al в структуры Ca- и Mg- перовскитов при различных термодинамических параметрах для нескольких механизмов. Расчет энергий дефектов производился двумя способами: в изолированной элементарной ячейке и в суперячейках различной размерности. Результаты расчетов показали, что энергии вхождения примеси Al, рассчитанные в элементарной и суперячейках для  $\text{CaSiO}_3$  и  $\text{MgSiO}_3$ , неплохо коррелируют между собой, но несколько различаются. Значения плотностей, элементарных объемов и модулей всестороннего сжатия для  $\text{CaSiO}_3$  с примесью Al во всей области исследуемых давлений больше, чем для  $\text{MgSiO}_3$  с примесью Al.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА ПОДВИЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ В АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ МАТРИЦЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ P – T ПАРАМЕТРАХ**

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

marin@crust.irk.ru, тел/факс: 8 (3952)427191

Приведены результаты экспериментальных исследований подвижности элементов в алюмосиликатной гранитной матрице под воздействием флюидов различной степени окисленности в термоградиентных условиях. Определены тенденции переноса элементов. Изучено влияние флюидов различного состава на алюмосиликатную гранитную матрицу. Условия проведения экспериментов:  $T = 450 - 500$  °C,  $P = 500 - 1000$  атм, температурный градиент = 50 °C, длительность = 250 – 1500 ч. Окисленный флюид образовывался в результате взаимодействия 50%  $H_2O$ +50 %  $H_2O_2$ , восстановленный – 50%  $C_2H_5OH$  + 50%  $H_2O$ . В результате проведенных экспериментов установлено, что при воздействии флюида окисленного состава происходит значительная дифференциация системы с образованием зоны минимального окисления в центральной части термоградиентной колонки. Отмечена аккумуляция Ti, Nb, Rb, Sn в средней части колонки. S, Pb, Ga аккумулируются в верхней низкотемпературной зоне, Mn, Ni, Zn – в высокотемпературной. Исследования однозначно подтверждают существенную роль термического градиента в флюидных замкнутых системах и универсальность таких систем как основного механизма переноса рудных и петрогенных элементов при минимальном объеме флюида.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КИСЛОТНОСТИ И ЩЕЛОЧНОСТИ РАСТВОРА НА  
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЙ ИЗНОС МИНЕРАЛОВ  
СПУТНИКОВ АЛМАЗА (МСА)**

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

[liva@crust.irk.ru](mailto:liva@crust.irk.ru); (3952)427191

Степень и формы механического износа МСА являются одной из важнейших характеристик россыпных минералов, отражающих условия их образования. Нами исследовано изменение морфологии и механический износ граната, оливина и пикроильменита в растворах HCl, NaOH, KOH и океанической соли различных концентраций. Изучалось взаимодействие минералов МСА с речным песком при обработке на планетарной мельнице. Показано, что во всем исследованном интервале концентраций и длительностях взаимодействия в гранатах несмотря на изменения морфологии поверхности существенного механического износа не происходит. Более того за счет протекания механохимических реакций в ряде случаев отмечается незначительное (до 2 %) приращение веса исследуемых образцов. Износ оливина закономерно изменяется с изменением кислотности и щелочности растворов, происходит их окатывание с максимальным износом до 30 % от исходного веса образцов. Пикроильменит имеет максимальную степень механического износа в кислых растворах, его износ достигает 95 %. В щелочных растворах его относительная устойчивость резко возрастает и степень его механического износа незначительно отличается от износа оливина.

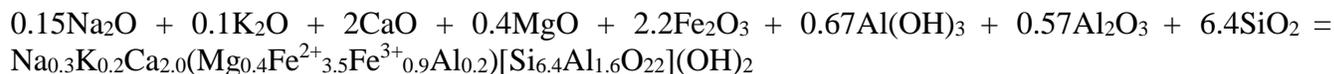
ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ Са-АМФИБОЛА – ГАСТИНГСИТА

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

**Киселева И.А., Брызгалов И.А. (геол. ф-т МГУ)**

[Imelchak@geol.msu.ru](mailto:Imelchak@geol.msu.ru); 8(495)939 13 49

Исследования проведены на образце гастингсита состава  $\text{Na}_{0.3}\text{K}_{0.2}\text{Ca}_{2.0}(\text{Mg}_{0.4}\text{Fe}^{2+}_{3.5}\text{Fe}^{3+}_{0.9}\text{Al}_{0.2})[\text{Si}_{6.4}\text{Al}_{1.6}\text{O}_{22}](\text{OH})$  из Тырнаузского вольфрамо-молибденового месторождения (Сев. Кавказ, Россия) По данным рентгенографического и ИК-спектроскопического исследований образец не содержал существенных примесей. Методом расплавной калориметрии растворения на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «Setaram» (Франция) проведено определение энтальпии образования изученного минерала из элементов. Расчет выполнен с использованием реакции:



и данных по теплотам растворения природного гастингсита и составляющих его оксидов и гидроксида алюминия. Получено следующее значение  $\Delta_f H^\circ(298.15 \text{ K}) = -10909 \pm 11 \text{ кДж/моль}$ .

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ БРОМА В ПРОЦЕССАХ  
ИСПАРЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ

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

[mirotenko@geokhi.ru](mailto:mirotenko@geokhi.ru); 8(499)137-50-40

*При поддержке гранта РФФИ 14-05-00128.*

Работа является расширением модели FREZCHEM, использующей уравнения Питцера для описания неидеальности растворов электролитов при расчете равновесий в водно-солевых системах. Вхождение Br<sup>-</sup> в хлориды Na, K, Ca и Mg описано в терминах идеальных твердых растворов «хлорид-бромид». Температурные зависимости произведений активностей бромидов металлов были вычислены из экспериментальных растворимостей, а также из активностей воды и значений коэффициентов активности Br<sup>-</sup> и соответствующего катиона при различных температурах и концентрациях, рассчитанных на основе Питцеровских параметров взаимодействия, оцененных *Marion et al.*, 2009 по экспериментальным данным (*Robinson, Stokes*, 1970). Модифицирован алгоритм расчета равновесий. Для моделирования применен сценарий фракционного испарения и вымораживания морской воды, что не предполагает переуравновешивания химического состава уже выпавшей ранее соли при дальнейшем испарении или охлаждении.

СОДЕРЖАНИЯ  $H_2O$  В ИСХОДНЫХ МАГМАХ КАМЧАТКИ

Назарова Д.П., Портнягин М.В., Крашенинников С.П. (ГЕОХИ РАН)

[nazarova2405@rambler.ru](mailto:nazarova2405@rambler.ru), +7(903)1865530

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-17-00582.*

Важнейшим параметром состава островодужных магм является содержание в них  $H_2O$ . Для оценки содержания  $H_2O$  в исходных магмах Восточного Вулканического Фронта (вулканы Авачинский, Горелый, Карымский, Конус Заварицкого) Камчатки мы использовали новый подход, основанный на значительном влиянии присутствия  $H_2O$  в расплаве на температуру ликвидуса оливина. Этот метод позволяет оценить содержание  $H_2O$  путем сравнения независимо определенных реальных и «сухих» температур кристаллизации оливина.

С зернами оливина с включениями был проведен эксперимент в высокотемпературной вертикальной трубчатой печи с контролируемой летучестью кислорода в ГЕОХИ РАН для частичной гомогенизации расплавных включений. Полученные при помощи микросонда составы стекол включений были скорректированы до равновесия с оливином-хозяином в программе Petrolog 3.0 с учетом потери железа.

Исходное содержание  $H_2O$  для примитивных расплавов Восточного Вулканического Фронта Камчатки определено в диапазоне от 1.3 ( $\pm 0.6$ ) мас.% для конуса Заварицкого до 4.2 ( $\pm 1.5$ ) мас.% для Авачинского вулкана. Это может говорить об уменьшении добавления водосодержащего флюида или расплава к горячему мантийному веществу от фронта к тылу.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДЫ НА УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И СОСТАВ ШПИНЕЛИДА В МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ МАГМАХ**

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

**Бармина Г.С. (ГЕОХИ РАН)**

[gsnikolaev@rambler.ru](mailto:gsnikolaev@rambler.ru); 8(495)939-7003

*Выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант №№ 14-05-00216).*

Представлена новая версия ЭВМ-модели SPINMELT-2, предназначенная для расчета состава шпинелида и  $T$ - $f_{O_2}$ -условий его кристаллизации в широком диапазоне составов магм при давлениях до 15 кбар. Эта программа основана на итерационном решении системы эмпирических уравнений, связывающих состав хромшпинелида (6 компонентов) с температурой, редокс потенциалом и составом равновесного расплава при заданном давлении. Уникальной особенностью программы является возможность моделирования влияния воды при содержании  $H_2O$  до 10 мас.%. Анализ топологии модельной системы показал, что присутствие воды в расплаве понижает температуру ликвидуса шпинелида и приводит к понижению содержания  $Al_2O_3$  и  $MgO$  и повышению концентрации  $Cr_2O_3$  и оксидов железа.

ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ Са-АМФИБОЛА – ПАРГАСИТА

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

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

Изучен образец паргасита из месторождения Эмельджак (флогопитоносная провинция, Ю. Якутия). По данным рентгеноспектрального микроанализа химическая формула минерала имеет вид  $\text{Na}_{0.8}\text{K}_{0.2}\text{Ca}_{2.0}(\text{Mg}_{2.8}\text{Fe}^{2+}_{1.3}\text{Al}_{0.9})[\text{Si}_{6.1}\text{Al}_{1.9}\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ . Рентгенографическое и ИК-спектроскопическое исследования показали мономинеральность изученного образца. На высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «Setaram» (Франция) проведено определение энтальпии образования изученного минерала из элементов методом расплавной калориметрии растворения:  $\Delta_f H^\circ(298.15 \text{ K}) = -12222.5 \pm 8.5 \text{ кДж/моль}$ . На основании полученных экспериментальных данных по растворению природного образца оценены энтальпии образования паргаситов теоретических составов:  $\text{NaCa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$  ( $-12509 \text{ кДж/моль}$ ) и  $\text{NaCa}_2(\text{Mg}_3\text{Fe}^{2+}\text{Al})[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{22}](\text{OH})_2$  ( $-12303 \text{ кДж/моль}$ ).

ТЕРМИЧЕСКОЕ И ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ  
ДЕГИДРОКСИЛИЗАЦИИ ПРИРОДНОГО Mg-ХЛОРИТА

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

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

Исследован природный хлорит (Николае-Максимилиановская Копь, Ю.Урал, Россия) состава  $(Mg_{4.9}Fe^{2+}_{0.3}Al_{0.8})[Si_{3.2}Al_{0.8}O_{10}](OH)_8$ . Образец охарактеризован методами рентгеновской порошковой дифракции, ИК- спектроскопии, термического анализа. Полученные термограммы отражают особенность структуры хлоритов - наличие двух гидроксилсодержащих слоев: слоя 2:1 – типичного для всех слоистых минералов, и межслоевой октаэдрической сетки и характеризуются соответственно двумя эндотермическими эффектами, связанными с двухэтапным процессом дегидроксилизации минерала: в интервале 550-800°C ( $t_{max}=695^{\circ}C$ , потеря массы = 6.3%) (октаэдрическая сетка) и в интервале 800-950°C ( $t_{max}=900^{\circ}C$ , потеря массы = 6.8 %) (слой 2:1). Разрушение октаэдрической сетки приводит к образованию микропористого материала – перспективного сорбента (Villieras et al., 1993). Впервые на микрокалориметре Тиана-Кальве было проведено определение энтальпий процессов удаления 1 моля воды из межслоевой октаэдрической сетки ( $53\pm 20$  кДж/моль  $H_2O$ ) и из 2:1 слоя ( $131\pm 10$  кДж/моль  $H_2O$ ) исследуемого хлорита.

ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ЛИТИЕВОГО ТОСУДИТА

**Огородова Л. П., Вигасина М.Ф., Власов Е.А., Мельчакова Л. В. (геол. ф-т МГУ),  
Крупская В.В. (ИГЕМ РАН)**

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

Изучен образец, отобранный в верховьях р. Раучуа (Зап. Чукотка, Россия), перспективных на выявление промышленного золото-серебряного оруденения. В районе отбора развиты нижнемеловые вулканогенные отложения тытыльвеемской свиты, входящей в состав Тытыльвеемского андезит-риолитового вулканического комплекса Центрально-Чукотской структурно-фациальной зоны. По данным химического анализа формула минерала имеет вид  $\text{Ca}_{0.15}(\text{Li}_{0.9}\text{Mg}_{0.2}\text{Al}_{6.0})[\text{Si}_{6.4}\text{Al}_{1.6}\text{O}_{20}](\text{OH})_{10} \cdot 3.3\text{H}_2\text{O}$ . Рентгенографическое и ИК-спектроскопическое исследования показали, что изученный образец представляет собой тосудит - упорядоченный смешанослойный минерал с соотношением бейделлитовых и кукейтовх слоев - 50%:50%. Термограмма исследуемого тосудита идентична термограммам Li-тосудитов, полученным в (Nishiyama et al., 1975; Карташов. 1989). Термохимическое изучение выполнено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве. Методом расплавной калориметрии растворения впервые определена энтальпия образования природного литиевого тосудита из элементов:  $\Delta_f H^\circ_{el}(298.15 \text{ K}) = - 15087 \pm 26$  кДж/моль.

**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ ПРИРОДНОГО АКТИНОЛИТА**

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

logor@geol.msu.ru; 8(495)939 13 49

Актинолит – широко распространенный в природе породообразующий минерал из группы кальциевых амфиболов ряда тремолит  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$  – ферроактинолит  $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ . Изучен образец природного актинолита из Шабровского месторождения талька (Ср. Урал, Россия). По данным рентгеноспектрального микроанализа химическая формула минерала имеет вид  $\text{Ca}_2\text{Mg}_{4.5}\text{Fe}^{2+}_{0.5}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ . Рентгенографическое исследование показало мономинеральность изученного образца. Спектр ИК-поглощения аналогичен приведенному в (Пенг Венши, 1982). На кривой ДТА зафиксирован эндотермический эффект в интервале 1000-1150°C ( $t_{\text{max}}=1090^\circ\text{C}$ ), связанный с потерей конституционной (гидроксильной) воды (потеря массы составила ~ 2.2%). На микрокалориметре Тиана-Кальве измерены методом «сброса» приращения энтальпии изученного актинолита [ $H^\circ(T)-H^\circ(298.15\text{ K})$ ] при  $T=507, 630, 778$  и  $872\text{ K}$ . На основании полученных данных рассчитано уравнение температурной зависимости теплоемкости природного актинолита состава  $\text{Ca}_2\text{Mg}_{4.5}\text{Fe}^{2+}_{0.5}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ :  $C_{p,m}^\circ = 889.9 + 130.8 \times 10^{-3}T - 246.8 \times 10^5 T^{-2}$ , Дж·К<sup>-1</sup> моль<sup>-1</sup> в интервале 298.15–900 К.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ Sb И  
Bi МЕЖДУ ВОДНОЙ И ГАЗОВОЙ ФАЗАМИ ПРИ 330-360 °С И ДАВЛЕНИИ  
НАСЫЩЕННОГО ПАРА**

**Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ)**

[v.osadchii@iem.ac.ru](mailto:v.osadchii@iem.ac.ru); +7(49652)25849

*Работа поддержана грантом РФФ № 14-17-00366.*

Константы распределения вода-пар Sb и Bi были определены экспериментально при температуре 320–360°C и давлении насыщенного водяного пара. При указанных параметрах Sb и Bi присутствуют в растворе (и, по-видимому, в пару) в форме гидроксидов – Sb(OH)<sub>3</sub> и Bi(OH)<sub>3</sub>. Попытка использования «качающегося» автоклава с капиллярами для отбора плотной и паровой фаз не увенчалась успехом, поэтому опыты проводились в титановом автоклаве с дополнительной внутренней ампулой для отбора газовой фазы *in situ*. Концентрации исследуемых элементов определялись методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Полученные данные согласуются с плотностной моделью распределения компонентов. Константы распределения Sb согласуются с XAFS-измерениями,  $\log K_D$  изменяется в диапазоне от –2.5 до –2.0 при 330-340°C. Для Bi данные по распределению получены впервые, и  $\log K_D$  изменяется в диапазоне от –5.5 до –5.0 в том же интервале температуры.

ФАЗОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ K-Fe-S ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 600°C

**Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ), Воронин М.В. (ИЭМ РАН), Баранов А.В. (геол. ф-т МГУ)**

[v.osadchii@iem.ac.ru](mailto:v.osadchii@iem.ac.ru); +7(49652)25849

*Работа поддержана грантом РФФИ № 16-35-00479.*

Фазовые отношения в области составов  $KFeS_2$ - $FeS_2$ -Fe системы K-Fe-S были определены методом отжига в ампулах из кварцевого стекла. Эксперименты проводились при 600°C, общая продолжительность отжига составляла 7 суток и включала в себя промежуточную гомогенизацию вещества. В качестве стартовых веществ использовались элементарная сера и железо, а также  $KFeS_2$ . Результаты эксперимента были исследованы методами рентгенофазового анализа и рентгеноспектрального микроанализа. Было установлено, что при указанной температуре в равновесии с пиритом и пирротинном находится фаза  $KFeS_2$ . На рентгенограммах не были обнаружены рефлексы бартонита ( $K_3Fe_{10}S_{14}$ ).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАКРО- И  
МИКРОПРИМЕСЕЙ МЕЖДУ ГАЛЕНИТОМ И СФАЛЕРИТОМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LA ICP-MS

**Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН), Абрамова В.Д. (ИГЕМ РАН),  
Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ)**

[v.osadchii@iem.ac.ru](mailto:v.osadchii@iem.ac.ru); +7(49652)25849

*Работа поддержана грантом РФФИ № 16-05-00938 а.*

Сростки кристаллов галенита и сфалерита были получены при 650°C в расплавах солей галогенидов (CsCl/NaCl/KCl). В качестве источника примесей в шихту добавлялись Au, Pt, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, Cu<sub>2</sub>S и In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. Полученные кристаллы анализировались на квадрупольном масс-спектрометре Thermo Xseries с приставкой для лазерной абляции UP-213 производства «NewWaveResearch» с длиной волны лазера 213 нм. В качестве стандарта использовался сульфидный стандарт MASS-1, сертифицированный Геологической Службой США (USGS). В качестве внутреннего стандарта – <sup>33</sup>S. Предварительные результаты указывают на значительное обогащение золотом галенита по сравнению со сфалеритом. Содержание золота находится в прямой корреляции с содержанием висмута, что подтверждает важную роль висмута в геохимии золота (Tooth et.al., 2008,2011).

ТРЕХВАЛЕНТНОЕ ЖЕЛЕЗО В СТРУКТУРЕ СФАЛЕРИТА

**Осадчий В.О. (геол. ф-т МГУ), Чареев Д.А., Сипавина Л.В. (ИЭМ РАН),  
Чистякова Н.И. (физ. ф-т МГУ), Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)**

[v.osadchii@iem.ac.ru](mailto:v.osadchii@iem.ac.ru); +7(49652)25849

*Работа поддержана грантами РФФИ № 16-05-00938 и № 13-05-00405.*

Методом сухого синтеза получены образцы твердого раствора сфалерита, обогащенного изотопом  $^{57}\text{Fe}$  и содержащие до 9 мол% FeS. Фугитивность серы задавалась буфером Fe/FeS. Полученные образцы были исследованы методом ЯГР-спектроскопии, а спектры обработаны с использованием модели, предложенной Бенедетто (Benedetto et.al., 2005). Результаты подтверждают наличие упорядочивания железа в сфалерите с образованием пар Fe-Fe даже при небольших содержаниях железа, а также образование кластеров при увеличении общего содержания железа. Кроме того, показано наличие в структуре  $\text{Fe}^{3+}$ , содержание которого имеет чёткий максимум в районе 6-7 мол% FeS. Присутствие  $\text{Fe}^{3+}$  может способствовать вхождению в структуру сфалерита одновалентных катионов-примесей (например,  $\text{Au}^+$ ), значительно увеличивая их растворимость.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФАЗЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ  $\text{Ni}_3\text{S}$

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

[euo@iem.ac.ru](mailto:euo@iem.ac.ru)

Поликристаллический сульфид никеля  $\text{Ni}_{3-x}\text{S}$  впервые синтезирован [Chareev et al., 2010] при давлении 20 GPa и температуре 1073 K в равновесии с металлическим никелем в мультианвильной установке в Геоинституте Байройта, Германия. Для дальнейших исследований была синтезирована смесь  $\text{Ni}_3\text{S}_2$  и  $\text{Ni}_3\text{S}$  при 15 GPa и 1073 K.

При нормальном давлении, в интервале 298÷343 K термодинамические свойства реакции:  $1.5\text{Ni} + 0.5\text{Ni}_3\text{S}_2 = \text{Ni}_3\text{S}$ , определены методом гальванической ячейки с использованием полированного шлифа  $\text{Ni}_3\text{S}_2+\text{Ni}_3\text{S}$  и раствора  $\text{KCl}_{(\text{sat})}+\text{NiCl}_2$  в глицерине в качестве электролита.

Как следует из измерений  $\Delta_r G > 0$  при  $T > 298$  K и нормальном давлении, т.е. реакция смещена влево. Изменение энергии Гиббса реакции с давлением оценено интегрированием величины  $Vdp$  с использованием данных для участников реакции из (Urakawa et al., 2011) в уравнении Берча-Мурнагана в предположении независимости объёмного эффекта реакции от температуры.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСЕВОЙ ДЕФОРМАЦИИ ОБРАЗЦА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА ПРЕССЕ INOVA

**Патонин А.В., Шихова Н.М. (ГО "Борок" ИФЗ РАН)**

extern@borok.yar.ru; 8(48547)24361

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-17-00658.*

При проведении лабораторных экспериментов в условиях одноосной и трехосной деформации не всегда есть возможность прямого измерения осевой деформации (ОД) испытываемого образца. Специфика работы пресса INOVA предполагает управление им по показаниям индуктивного датчика положения поршня пресса. Малые размеры используемой камеры всестороннего сжатия не позволяют разместить в ней датчик ОД. По этой причине для расчетов ОД образца используются показания датчика положения, в рабочую зону которого помимо самого образца входят некоторые конструкции пресса, ячейки для фиксации образца, а также зоны их контактов. Кроме этого, погрешность в расчет ОД вносит непараллельность оснований самого образца. Таким образом ошибка при расчетах ОД может достигать 200-300%.

В работе описана методика расчета ОД, которая позволяет учесть: 1- деформацию зон контактов и непараллельность оснований образца; 2- упругую деформацию конструкций, находящихся в рабочей зоне датчика положения; 3- гистерезис, возникающий на этапе разгрузки образца. В результате применения методики повышена точность расчетов ОД образца. Показано, что применение методики позволило уменьшить погрешность вычисления ОД до 15-20%.

**ВЯЗКОСТЬ БЕЗВОДНЫХ УЛЬТРАОСНОВНЫХ И БАЗАЛЬТОВЫХ РАСПЛАВОВ ПРИ УМЕРЕННЫХ И ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)**

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

[persikov@iem.ac.ru](mailto:persikov@iem.ac.ru); 8-906-768-89-68

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

Впервые получены экспериментальные данные по барической зависимости вязкости ультраосновных расплавов (модельный дунит,  $100\text{NBO}/\text{T} = 340$ ) при давлениях Ar и  $\text{CO}_2$  100 МПа и при литостатических давлениях до 7.5 ГПа. Показано экспериментально, что вязкость модельных ультраосновных расплавов экспоненциально растет в изотермических условиях ( $T = 1800$  °C) на примерно один порядок величины с ростом давления от 100 МПа до 7.5 ГПа. Впервые экспериментально установлен линейный рост энергии активации вязкого течения с ростом давления. Полученные экспериментальные данные по барической зависимости вязкости ультраосновных расплавов (погрешность  $\pm 30$  отн. %) сравнены с подобными зависимостями вязкости безводных базальтовых расплавов (степень деполимеризации  $100\text{NBO}/\text{T} = 52$ ), Показано, что вязкость ультраосновных расплавов при умеренном давлении ( $P = 100$  МПа) на более чем один порядок величины меньше вязкости базальтовых расплавов при соизмеримых значениях температуры, а при высоких давлениях ( $P = 7.5$  ГПа), напротив, больше вязкости базальтовых расплавов на примерно 0.5 порядка величины.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВЯЗКОСТИ БЕЗВОДНЫХ УЛЬТРАОСНОВНЫХ И  
БАЗАЛЬТОВЫХ РАСПЛАВОВ ПРИ УМЕРЕННЫХ И ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ  
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)

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

[persikov@iem.ac.ru](mailto:persikov@iem.ac.ru); 8-906-768-89-68

*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 ультраосновных расплавов (модельный дунит,  $100\text{NBO/T} = 340$ ) при давлениях  $\text{Ar}$  и  $\text{CO}_2$  до 100 МПа и при литостатических давлениях до 7.5 ГПа в температурном диапазоне 1600-2200 К. Новые экспериментальные данные по вязкости ультраосновных 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 ультраосновных расплавов (погрешность  $\pm 30$  отн. %) сравнены с подобными зависимостями вязкости базальтовых расплавов (степень деполимеризации  $100\text{NBO/T} = 52$ ), которые получены практически с экспериментальной погрешностью, с использованием усовершенствованной физико-химической модели прогноза вязкости магматических расплавов (Persikov and Bukhtiyarov, 2009; 2015).

МЕТАЛЛИЧЕСКОЕ ЖЕЛЕЗО ВНУТРИ ПЛАНЕТ

Печерский Д.М. (*ИФЗ РАН*)

[diamarmp@gmail.com](mailto:diamarmp@gmail.com); 8-495-4549465

Сравниваются термомагнитные и микрозондовые данные о металлическом железе в земных породах (в ксенолитах верхнемантийных гипербазитов, Сибирских траппах и океанских базальтах) с данными о внеземном металлическом железе (в осадках, лунных базальтах и метеоритах). Выясняется, что частицы металлического железа содержатся во всех породах, и они подобны по составу, форме и размеру. Концентрация железа в коре и верхней мантии планет  $\leq 0.0n\%$ , в низах мантии – от  $0.n\%$  до  $\leq 9\%$ , в ядре  $\sim 90\%$ . 75-85% частиц железа из коры и верхней мантии не содержат примеси Ni, а в низах мантии и в ядре планет только 8% частиц железа содержат Ni. Такое сходство свидетельствует о близости земных условий появления и состава железа с условиями на планетах-источниках метеоритов и межпланетной пыли, которая попала в земные осадки. Общая картина происходит из-за однородности газово-пылевых облаков на ранней стадии формирования звездно-планетных систем и последующей гравитационной дифференциации планет.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУЛЬФИДОВ ПАЛЛАДИЯ

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

[polot.nat@gmail](mailto:polot.nat@gmail); 8 (49621) 6-60-72

Настоящая работа является продолжением комплексных исследований термодинамических свойств неорганических соединений палладия, в том числе входящих в систему S-Pd, надежные данные о которых на сегодняшний день в литературе отсутствуют.

Палладий образует несколько сульфидов, среди которых известны минералы, например, высокоцит PdS и василит Pd<sub>16</sub>S<sub>7</sub>. Синтетические аналоги природных высокоцита и василита были получены методом твердофазного синтеза и проанализированы с помощью РФА.

В работе приведены результаты calorиметрических измерений теплоемкости сульфидов палладия в широком интервале температур, для обеих фаз рассчитаны стандартные термодинамические функции.

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ЛАНТАНОИДОВ ПРИ  
ФОРМИРОВАНИИ ВОЛЬФРАМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

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

[julka\\_p@rambler.ru](mailto:julka_p@rambler.ru); 8(495)9391239

*РФФИ 15-05-0550.*

Методом ICP-MS были определены содержания редкоземельных элементов в монофракциях минералов и породах месторождения Спокойнинского (Забайкалье). Концентрации РЗЭ в гидротермальных растворах равновесных с флюоритом, вольфрамитом и шеелитом были оценены с использованием коэффициентов распределения (Raimbault, 1985).

По содержанию РЗЭ спектры вольфрамитов делятся на две группы. В первую группу входят спектры из грейзенизированных гранитов и кварц-вольфрамитовых жил, которые образуют компактную группу. Суммарное содержание РЗЭ в них составляет 180 – 200 ppm. Для вольфрамита этой группы характерно низкое содержание легких лантаноидов ( $La/Lu = 0.03 - 0.4$ ). Это определяется соотношением легких и тяжелых РЗЭ в рудоносном растворе. Для флюорита из гранитов и кварц-вольфрамитовых жил характерно низкое содержание РЗЭ (0.24 – 0.38 ppm) и преобладание тяжелых РЗЭ над легкими ( $La/Lu 0.24 - 1.33$ ). Флюорит из кварц-альбит-мусковитовых стяжений характеризуется высоким содержанием РЗЭ (470 ppm) и элементов цериевой группы ( $La/Lu=128$ ). Для грейзенового процесса в минерализованном куполе Спокойнинского месторождения содержание РЗЭ в вольфрамите и флюорите контролируется растворимостью монацита. Вольфрамит и флюорит из кварц-мусковит-альбитовых стяжений характеризуется повышенным содержанием легких редкоземельных элементов, что связано с увеличением растворимости монацита при образовании щелочных метасоматитов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ ФАЗ В СИСТЕМЕ MSH ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И УМЕРЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

**Ращенко С.В. (ИГМ СО РАН, НГУ, ИХТТМ СО РАН)**

[rashchenko@igm.nsc.ru](mailto:rashchenko@igm.nsc.ru); 8 (383) 333 24 06

*Работа поддержана грантами Минобрнауки (№14.В25.31.0032) и РФФ (№14-13-00834).*

Водосодержащие фазы системы MSH ( $\text{MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ ), известные как DHMS (*англ.* dense hydrous magnesium silicates), представляют большой интерес для моделирования транспорта  $\text{H}_2\text{O}$  в мантию Земли в составе серпентинизированных перидотитов основания океанической литосферы. Использование высокотемпературных аппаратов с алмазными наковальнями в сочетании с такими методами как *in situ* КР-спектроскопия и дифракция СИ позволило нам определить пределы стабильности высокобарического слоистого силиката  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (10Å фазы), а также изучить образование гидроксоперовскита  $\text{MgSi}(\text{OH})_6$  (3,65Å фазы) при давлениях выше 10 ГПа и температуре 400-500°C.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПИРОВАННОГО САМАРИЕМ  
ТЕТРАБОРАТА СТРОНЦИЯ КАК *IN SITU* ТЕРМОБАРОМЕТРА**

**Ращенко С.В. (ИГМ СО РАН, НГУ)**

[rashchenko@igm.nsc.ru](mailto:rashchenko@igm.nsc.ru); 8 (383) 333 24 06

*Работа поддержана грантами Минобрнауки (№14.В25.31.0032) и РФФИ (№15-35-20556).*

С начала 70-х годов для оценки давления в аппаратах с алмазными наковальнями в основном использовался сдвиг линий в спектре люминесценции рубина. Однако растущий интерес к использованию таких аппаратов в области повышенных температур привёл к признанию непригодности рубина как индикатора давления из-за сильного уширения линий его спектра люминесценции при повышении температуры.

Как альтернатива рубину был предложен допированный самарием тетраборат стронция,  $\text{Sm}:\text{SrB}_4\text{O}_7$ , в спектре люминесценции которого присутствует узкая интенсивная линия, нечувствительная к повышению температуры. Нами была выполнена калибровка сдвига этой линии в зависимости от давления до 60 ГПа в псевдогидростатических условиях. Анализ полученных данных также показал, что ряд побочных линий в спектре люминесценции  $\text{Sm}:\text{SrB}_4\text{O}_7$  демонстрирует заметное смещение при повышении температуры, что планируется использовать для совместной оценки температуры и давления в образце в аппаратах с алмазными наковальнями и резистивным нагревом.

**ВЛИЯНИЕ ЖИДКОСТНОЙ НЕСМЕСИМОСТИ В СИСТЕМЕ NaF-H<sub>2</sub>O НА  
РАСТВОРИМОСТЬ УРАНИНИТА И УРАНПИРОХЛОРА ПРИ 800°C, 200 МПа**

**Редькин А.Ф. (ИЭМ РАН)**

[redkin@iem.ac.ru](mailto:redkin@iem.ac.ru); 8-(496)-522-58-44

*РФФИ 14-05-00145-а и программа ОНЗ РАН.*

В растворах, содержащих 0.4 – 40 мас. % NaF, при 800°C, 200 МПа и Co-CoO буфере изучена растворимость уранинита - UO<sub>2</sub> и уранпирохлора - (Na<sub>1.2</sub>Ca<sub>0.4</sub>U<sub>0.3</sub>)Nb<sub>2</sub>O<sub>6.4</sub>F<sub>0.4</sub> в присутствии флюорита - CaF<sub>2</sub>. Отмечена особенность поведения урана и ниобия в водно-солевой системе P-Q типа и установлены составы сосуществующих жидких (L<sub>1</sub> и L<sub>2</sub>) и твердых (U-Pcl, Fl) фаз.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЛИТОСФЕРЫ В РАМКАХ  
ФЛЮИДОМЕТАМОРФОГЕННОЙ МОДЕЛИ СЕЙСМОГЕНЕЗА**

**Родкин М.В. (ИТПЗ РАН), Жариков А.В. (ИГЕМ РАН), Нго Тхи Лы (ИГ ВАН)**

rodkin@mitp.ru; 8 (926) 324 9575

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 14\_05\_00866, 14-05-00736 и РФФИ-Вьетнам, проекты №15-55-54016 и VAST.HTQT.NGA.09/13-14.*

Величины проницаемости и их изменчивость в пространстве и времени важны в изменениях электропроводности, в формировании рудных и УВ месторождений, в процессах сейсмогенеза. В рамках флюидометаморфогенной модели сейсмогенеза предполагается тесная связь эпизодов роста проницаемости с эпохами активизации метаморфических превращений и высоких скоростей деформации. Это предположение подкрепляется петрологическими и экспериментальными данными. Так, в экспериментах наблюдались случаи роста проницаемости при РТ условиях, отвечающих реализации в образцах реакций метаморфизма и дегидратации. Тесная пространственно-временная связь процессов деформации и метаморфизма и эпизодов высокой проницаемости также отмечалась петрологами. Ввиду ожидаемой положительной обратной связи между ростом скорости деформирования и метаморфизма и ростом проницаемости можно предположить, что эпохи низкой скорости деформирования и метаморфизма и низкой проницаемости будут сменяться эпизодами высокой проницаемости и активизации процессов метаморфизма и деформации. На существование двух таких режимов указывает частая встречаемость в образцах расположения изолированных малых включений флюида вдоль планарных структур - предположительно отвечающим имевшим место ранее эпизодам высокой проницаемости со связной структурой флюидной компоненты.

Приводятся новые свидетельства в пользу роли флюидной компоненты в очагах землетрясений. При этом данные по характеру сейсмического режима зон субдукции и внутриконтинентальных сейсмоактивных зон указывают на их определенное различие, возможно связанное с различием скоростей метаморфических процессов и концентраций флюида.

ТЕРМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЕРХНОСТИ КОМЕТЫ  
НА ПРИМЕРЕ ЯДРА КОМЕТЫ 67P/ЧУРЮМОВА - ГЕРАСИМЕНКО  
**Русол А.В., Дорофеева В.А (ГЕОХИ РАН)**

[fermata@inbox.ru](mailto:fermata@inbox.ru)

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

Одним из важнейших источников информации о составе каменно-ледяных планетезималей, образовавшихся в газопылевом околосолнечном диске в первые миллионы лет эволюции Солнечной системы и послужившие основным строительным материалом многих тел ее внешнего региона являются кометы. Однако, как показали данные исследования кометы 67P (КА «Rosetta»), состав летучих компонентов ее комы весьма изменчив и зависит от многих факторов, в том числе от освещенности дегазирующего участка поверхности, которая в свою очередь в значительной мере определяется особенностями ее рельефа. В докладе будет представлена термическая модель поверхности кометы (на примере кометы 67P), построенная с учетом реальных особенностей ее строения. Модель учитывает собственное вращение кометы и позволяет рассчитать температуру в каждой точке поверхности в зависимости от ее освещенности Солнцем на разных расстояниях от него. Разрабатываемый подход представляется перспективным для интерпретации экспериментальных данных по составу кометного вещества.

ПЕРЕНОС ПЛАТИНЫ СУХИМ ВОССТАНОВЛЕННЫМ ФЛЮИДОМ СИСТЕМЫ СО-СО<sub>2</sub>  
ПРИ P=2 КБАР

Салова Т.П., Симакин А.Г. (*ИЭМ РАН*)

[salova@iem.ac.ru](mailto:salova@iem.ac.ru); 8 (496) 522 58 53

Получены данные по свойствам сухого восстановленного углекислого флюида состава СО<sub>2</sub>-СО при P=2 кбар и T=1000°C. Опыты проведены методом двойных платиновых ампул. В малую ампулу загружались карбонаты: (Mg,Fe)CO<sub>3</sub>, FeCO<sub>3</sub> и сфен, а в большую альбитовое стекло. При разложении природного сидерита и FeCO<sub>3</sub> при T>600°C образовалась смесь СО и СО<sub>2</sub> с начальным содержанием СО 18.8 и 33 мол.% соответственно. Максимальное содержание СО в смеси составляет при параметрах опыта 21 мол.%, избыток СО диспропорционировал на СО<sub>2</sub> и углерод. После декарбонатизации флюид растворял платиновую ампулу и сфен и выносил растворенные компоненты, заполняя порошок альбитового стекла. При повышении T карбонил платины разлагался и покрывал поверхность частиц стекла металлическими кристаллами размерами 100-500 нм. В опытах порошок плавился с образованием после закалки стекла с пузырями. Состав флюида в пузырях изучен методом Рамановской спектроскопии, содержание СО в опытах с природным сидеритом достигало 16.5 мол.%. Помимо платины, в альбитовое стекло были привнесены Mn, P, REE, а вынесены сера и стронций.

**СИНТЕЗ ГАЛЛИЙ-СОДЕРЖАЩИХ ТУРМАЛИНА И АЛЬБИТА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

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

[setkova@iem.ac.ru](mailto:setkova@iem.ac.ru); 8 (496) 522 58 47

В бор-щелочных гидротермальных растворах при температуре 600-650 °С и давлении 100 МПа синтезирована ассоциация кристаллов Ga-содержащего турмалина (размер кристаллов до 0.2 мм) и Ga-содержащего альбита (размер кристаллов до 2 мм). Новообразованные турмалин и альбит характеризуются непостоянным содержанием галлия от 3.5 до 24.5 мас. % и от 7.95 до 17.27 мас. % Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> соответственно.

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОРОД  
С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА  
ПРИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

**Сидкина Е.С. (ГЕОХИ РАН)**

[SidkinaES@yandex.ru](mailto:SidkinaES@yandex.ru); 8 (499) 137 58 37

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-60047 мол\_а\_дк.*

Выполнено компьютерное моделирование взаимодействия осадочной породы, содержащей органическое вещество, с водой при температуре от 50 до 400 °С. За исходный состав породы принят образец баженовской свиты (Западная Сибирь). Образец, использованный в данной работе, по минералогическому составу содержит: кварц, глинистые минералы, смешано-слоистые, гидрослюды, карбонаты (кальцит, доломит, сидерит), альбит, пирит. Содержание органического вещества – 10 %. Водная фаза представляет собой 0,05 m раствор Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Моделирование было выполнено с помощью программного комплекса HCh. Система состоит из 16 элементов: Al, Ba, C, Ca, Cl, Fe, H, K, Mg, Mn, Na, O, P, S, Si, Ti. В нее добавлено 45 минералов, 25 углеводородов, 80 водных частиц. С увеличением температуры минеральная ассоциация меняется. Преобладает кварц (более 65 весовых %). В зависимости от температуры присутствуют разные глинистые минералы (каолинит, Mg-монтмориллонит, Mg-сапонит), гидрослюды представлены мусковитом, цеолиты – гейландитом, стильбитом и в очень маленьких количествах вайрацитом. Так же присутствует альбит, карбонаты (сидерит, магнезит), пирит, пирротин и рутил.

*РТ-ГРАНИЦА ОБЛАСТИ МЕТАСТАБИЛЬНОГО ГРАФИТА В ПОЛЕ АЛМАЗА В  
ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПРИ 10-50 ГПа*

*Симонова Д.А. (МГУ), Спивак А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)*

[spivak@iem.ac.ru](mailto:spivak@iem.ac.ru); 8 (496)5225876

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-05-00850.*

Выполнены экспериментальные исследования при давлениях до 50 ГПа и температурах до 2500°С по изучению прямых фазовых переходов метастабильный графит – алмаз с использованием аппарата высокого давления с алмазными наковальнями и лазерным нагревом. Показано, что графит существует как кинетически устойчивая метастабильная фаза при РТ параметрах термодинамической стабильности алмаза до 50 ГПа и 1600°С. При давлении выше 30 ГПа впервые экспериментально определена граница фазового превращения метастабильного графита в алмаз при 30ГПа/1400°С и 50ГПа/~1600°С.

ТИПЫ ПЛАТИНОСОДЕРЖАЩИХ ПЕНТЛАНДИТОВ В СИСТЕМЕ Cu-Fe-Ni-S

Синякова Е.Ф. (ИГМ СО РАН), Косяков В.И. (ИНХ СО РАН)

[efsin@igm.nsc.ru](mailto:efsin@igm.nsc.ru); 8 (383) 333 30 26

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН № 2.*

Пентландит  $(\text{Fe}_z\text{Ni}_u\text{Cu}_{1-z-u})_{9+\delta}\text{S}_8$  - широко распространенный никельсодержащий минерал зональных массивных руд магматогенных медно-никелевых месторождений. Он является одним из основных минералов-концентраторов элементов платиновой группы Pd, Rh, Ru, Ir (ЭПГ). В работе проведено экспериментальное моделирование образования пентландита при фракционной кристаллизации расплавов системы Cu-Fe-Ni-S, в которую совместно введены примеси Pd, Rh, Ir и Ru. В закристаллизованных образцах присутствуют пирротин, пентландит, минералы группы халькопирита (халькопирит, хейкоцит, мойхукит), борнит, неизвестная фаза состава  $\sum(\text{Fe}+\text{Ni}+\text{Cu})/\text{S} = 11/9$ . Обнаружено четыре типа пентландита с разным катионным составом, различающихся способностью образовывать твердые растворы с платиноидами. Локализовано положение областей существования этих типов в концентрационном тетраэдре системы Cu-Fe-Ni-S.

**ФОРМА ПРОЯВЛЕНИЯ И СОСТАВ УЛЬТРАКИСЛЫХ ФЕРРОРИОЛИТОВ (КАГУСИТОВ)  
В ЭРУПТИВНЫХ БРЕКЧИЯХ ПЕЧЕНГСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (КОЛЬСКИЙ  
ПОЛУОСТРОВ)**

**Скуфьин П.К. (КолНЦ РАН)**

skuf@geoksc.apatity.ru

В рудном поле Ждановского Cu-Ni месторождения установлены дайки эруптивных лавобрекчий бимодального риолит-пикробазальтового состава, приуроченные к контакту осадков продуктивной и перекрывающих ее вулканитов матертской свит. Риолиты относятся к своеобразной разновидности ультракремнистых железистых, почти бесполевошпатовых пород (кагуситов). Обломки кагуситов погружены в матрикс, представленный витрокластической микролавобрекчией, имеющей состав субщелочного пикробазальта, обогащенного Ti, Mg и Fe. Установлены два типа кагуситов – малощелочные ( $\text{SiO}_2 = 83\%$ ;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 1.64\%$ ;  $\text{FeO} = 2.5\%$ ) и бесщелочные ( $\text{SiO}_2 = 95\%$ ;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 0,15\%$ ;  $\text{FeO} = 2.3\%$ ). От доминирующих в матертское время базальтовых расплавов повышенной щелочности, обогащенных Rb и сильными основаниями (Ba и Sr), происходило отщепление, с одной стороны, пикритовых, с другой – кремнекислых магм, которые в свою очередь расщеплялись на риолитовые и кагуситовые, иногда почти чисто кварцевые расплавы, остававшиеся в контрастных взаимоотношениях жидкостной несмесимости с основными магмами.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ ЭВДИАЛИТА В ЩАВЕЛЕВОЙ КИСЛОТЕ

Смирнова Т.Н. (геол. ф-т МГУ), Пеков И.В. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН),  
Варламов Д.А., Ковальская Т.Н. (ИЭМ РАН),  
Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ), Бычкова Я.В. (ИГЕМ РАН)

[tatiana76@iem.ac.ru](mailto:tatiana76@iem.ac.ru); 8-49652-25857

Один из главных аспектов возможного практического использования эвдиалита сегодня – извлечение Zr, Hf, *HREE*, U. Эту задачу многократно, но не вполне успешно пытались решать с помощью технологий полного разложения эвдиалита сильными неорганическими кислотами. Однако при таком подходе кремний переходит в раствор (в виде поликремниевых кислот) с образованием фильтруемых гелей, что сильнейшим образом затрудняет процессы выделения и очистки ценных компонентов.

В настоящей работе изучены процессы и продукты разложения в низкоконцентрированной щавелевой кислоте  $H_2C_2O_4$  (и для сравнения – в HCl) при  $t < 100^\circ C$  типичного эвдиалита из: (1) рисчоррит-пегматитов апатитового месторождения Олений ручей (обр. ОЛЕ-9) в Хибинском массиве; (2) науяит-пегматитов горы Аллуайв (УМБ-2) в Ловозерском массиве (оба - Кольский п-в). Ловозерский эвдиалит обогащен *REE* и Zr относительно хибинского и обладает, согласно нашим данным, более дефектной структурой. В системе с  $H_2C_2O_4$  происходит отделение мобилизованных из эвдиалита *REE* от других катионов *в твердой кристаллической фазе* – оксалатах, не растворимых в воде и щавелевой кислоте, а извлечения *REE* в раствор, в отличие от HCl, почти не происходит. Это представляется очень важным для дальнейшего их выделения, поскольку открывается возможность относительно легкого перевода *REE* в истинный (а не коллоидный!) раствор с помощью реагентов-комплексообразователей, не разлагающих опал – высушенный гель кремнезема.

**АДДИТИВНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СТАНДАРТНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ  
ФУНКЦИЙ ЧАРОИТА**

**Соколова Т.С., Данилов Б.С. (ИЗК СО РАН)**

sokolovats@crust.irk.ru; 8 (3952) 511680

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-Байкал № 14-45-04108.*

Для термодинамического анализа чароитообразования необходимо знать значения стандартных термодинамических функций – энтальпии образования и энтропии ( $\Delta H^0_{298}$  и  $S^0_{298}$ ). Экспериментальное определение энтальпии и энтропии в ряде случаев оказывается весьма сложной и трудоемкой задачей, поэтому требуется использовать альтернативные расчетные методы. Целью настоящей работы был расчет значений стандартных энтальпии образования и энтропии чароита, который по химическому составу относится к группе щелочных кальциевых силикатов. Анализ химических составов чароита из работ (Рогова и др., 1978; Kraeff et al., 1980; Никишова и др., 1985; Конев и др., 1996; Matesanz et al., 2008; Correcher et al., 2008; Wang et al., 2014; и др.) позволил определить постоянный ряд оксидов Ca, Na, K, Ba и Si. Согласно общей формуле чароита (Rozhdestvenskaya et al., 2011) химические составы были пересчитаны на 120 ( $121 \pm 2$ ) катионов. Аддитивный подход к расчету энтальпии образования и энтропии силикатов из оксидов (Кутолин, 1964; Бабушкин и др., 1972; Мальцев и др., 2012) дает следующие результаты  $\Delta H^0_{298} = -89550.8 \pm 1065.8$  кДж/моль и  $\Delta S^0_{298} = 5751.2 \pm 62.7$  Дж/мольК. Таким образом, в настоящей работе впервые оценены значения стандартных термодинамических функций чароита, что в перспективе способствует установлению термобарических условий чароитовой минерализации.

**ВОССТАНОВЛЕННЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ФЛЮИДЫ  
ВОСТОЧНОЙ ГРЕНЛАНДИИ (О. ДИСКО)**

**Соловова И.П., Аверин А.А., Ширяев А., Рябчиков И.Д. (ИГЕМ РАН)**

[Solovova@igem.ru](mailto:Solovova@igem.ru); 8(499)230 84 15

Состав и *P-T* параметры флюидов играют решающую роль в экстракции, переносе и отложении рудных компонентов. Ранние исследования флюидных включений в мантийных минералах показали доминирующую роль  $\text{CO}_2$ . Однако в последнее время появились данные о локально проявляющемся восстановленном характере флюидов. Криометрическим методом, а также с помощью Раман- и ИК спектроскопии нами были изучены флюидные включения в оливине и стекле основной массы высоко-магнезиальных базальтов Гренландии (о. Диско). Дополнительно термометрически изучались расплавные включения в оливинах. Установлено, что летучие представлены газовой смесью  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и содержат графит. Используя данные по температуре гомогенизации расплавных включений и плотности  $\text{CO}_2$  в составе флюида, оцененное давление не превышает 0.5 ГПа. Показано, что кристаллизация исходной магмы происходила в условиях низкого редокс-потенциала, что согласуется с присутствием в породе ассоциации сульфид-металлический Fe-Ni сплав.

**ЭВОЛЮЦИЯ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫХ МАГМ И АЛМАЗООБРАЗУЮЩИХ  
РАСПЛАВОВ НИЖНЕЙ МАНТИИ (ЭКСПЕРИМЕНТ ПРИ 24-26 ГПа)**

**Спивак А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН), Дубровинский Л.С. (БГИ)**

[spivak@iem.ac.ru](mailto:spivak@iem.ac.ru); 8 (496)5225876

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-05-00850.*

К системе  $MgO-FeO-SiO_2-CaSiO_3$  принадлежат ультрабазитовые и базитовые минералы магнезиовюстит, бриджменит, Са-перовскит, стишовит, ферропериклаз, которые являются главными пороодообразующими минералами коренных пород нижней мантии. Экспериментальными исследованиями при 24-26 ГПа фазовых отношений при ее плавлении раскрыта перитектическая реакция бриджменита и расплава с образованием стишовита и фаз периклаз-вюститовых твердых растворов («стишовитовый парадокс»). В результате показано, что в режиме фракционной кристаллизации может происходить эволюция коренных ультрабазит-базитовых магм нижней мантии с последовательным образованием магнезиовюстит-бриджменитовых и стишовит-ферропериклазовых пород.

Коренные породы нижней мантии являются ключевым источником оксидных и силикатных компонентов при формировании алмазообразующей оксид-силикат-карбонат-углеродной системы  $(Mg,Fe)O-(Mg,Fe)SiO_3-SiO_2-CaSiO_3-(MgCO_3-FeCO_3-CaCO_3-Na_2CO_3)-C$ , о чем свидетельствует минералогия первичных ростовых включений в «сверхглубинных» алмазах нижней мантии. В результате экспериментальных исследований при 24-26 ГПа фазовых отношений при плавлении и образования алмазов в данной системе показано, что в ней проявлен эффект «стишовитового парадокса» и способность алмазообразующих расплавов к *in situ* ультрабазит-базитовой эволюции с формированием магнезиовюстит-бриджменитовых и стишовит-ферропериклазовых минеральных ассоциаций, характерных для первичных включений в сверхглубинных алмазах.

**АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВОДЫ В ОБСИДИАНОВЫХ СТЕКЛАХ**

**Степанов О.В. (геол. ф-т МГУ), Черткова Н.В. (ИЭМ РАН), Плечов П.Ю. (геол. ф-т МГУ), Персигов Э.С., Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН)**

odindva345@gmail.com; 8 (914) 193 67 54

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-35-00433.*

Конфокальная рамановская спектроскопия является активно развивающимся в настоящее время методом анализа вещества, преимуществами которого являются локальность измерения и простота пробоподготовки. Для количественного измерения содержаний  $H_2O$  данным методом в природных стёклах необходимо иметь первичные стандарты, имеющие схожий состав и степень полимеризации (Mercier et al., 2010).

Объектом исследования являлись обсидиановые стекла с содержанием воды до 10 мас.%, которые были синтезированы в аппарате высокого газового давления и аппарате типа “цилиндр-поршень” при температуре 1000-1100 °С и давлении от 4 до 10 кбар.

Содержание воды в стеклах определялось комплексом методов: количественной отраженной ИК спектроскопией, на основе работы (Lowenstern & Pitcher, 2013) с помощью FTIR спектрометра Nicolet Nexus 670 (г. Бристоль); метода КФТ с помощью прибора AQUA 40.00 (ИЭМ, г. Черноголовка). Измеренные концентрации воды показали хорошую сходимость с закладываемыми концентрациями обоими методами.

Рамановские спектры, полученные для данных образцов с помощью прибора JY Horiba XPLORA (кафедра петрологии геол. ф-та МГУ, г. Москва), имеют чётко выраженные полосы в области  $2900-3700\text{ см}^{-1}$  для воды и  $200-1200\text{ см}^{-1}$  для силикатных колебаний, отношение которых имеет линейную зависимость от содержания воды.

Полученные образцы могут быть использованы в качестве первичных стандартов для измерения воды в природных риолитовых стёклах.

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАНДАРТНОЙ ЭНТАЛЬПИИ  
ОБРАЗОВАНИЯ СТАННИНА И КЕСТЕРИТА ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ  
(ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)

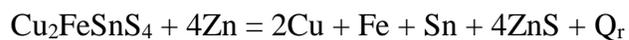
**Столярова Т.А. (ИЭМ РАН), Баранов А.В. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН),**

**Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)**

stolyar.iem.ac.ru; 8 916 472 9948

*Грант РФФИ №16-05-00700-а.*

Стандартные энтальпии образования станнина ( $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ ) и кестерита ( $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ ) получены из теплоты ( $Q_r$ ) реакций, измеренных на модернизированном вакуумно – блочном калориметре:



Получены следующие результаты:

$$\Delta_f H^\circ_{298.15\text{K}} (\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4) = -529.4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^\circ_{298.15\text{K}} (\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4) = -597.3 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ МАЛИНЬИТА  
ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА ( $T=1250^{\circ}\text{C}$ ,  $P=3$  КБАР)**

**Сук Н.И., Котельников А.Р., Польской П.Ф. (ИЭМ РАН)**

sukni@iem.ac.ru; +7(496)52-44425

Плавление малиньита проводилось на установке высокого газового давления в платиновых ампулах при  $T=1250^{\circ}\text{C}$  и  $P=3$  кбар в течение 6 час. в присутствии 15 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$ . Получено силикатное стекло, в котором наблюдаются участки с микроэмульсионной структурой, наблюдается также шарик рудного расплава, который имеет гетерогенное строение, обусловленное присутствием силикатной и рудной фаз. Их образование можно объяснить возникновением титанатно-силикатной жидкостной несмесимости, которая была получена ранее (Сук, 2007, 2012) в алюмосиликатных щелочных магматических системах, содержащих Ti, REE (La, Ce), Y, Sr и Nb.

Кроме того, в одном из образцов малиньита Ловозерского массива обнаружен фрагмент, представляющий собой матрицу лопаритового состава с заключенными в ней кристалликам породообразующих минералов, что может объясняться кристаллизацией из двухфазного расплава.

Полученные данные подтверждают роль титанатно-силикатной жидкостной несмесимости для обогащения магматического расплава рудными компонентами, что может иметь определяющее значение для образования богатых редкоземельно-ниобиевых (лопаритовых) месторождений на магматическом этапе.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗОЛОТА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ МЕТОДОМ XANES/EXAFS СПЕКТРОСКОПИИ

Тагиров Б.Р. (ИГЕМ РАН), Тригуб А.Л. (НИЦ «Курчатовский Ин-т»),

Квашнина К.О. (ESRF), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН),

Никольский М.С. (ИГЕМ РАН), Ширяев А.А. (ИФХЭ РАН)

[tagir@igem.ru](mailto:tagir@igem.ru); 8 (499) 230 82 31

*Работа выполнена за счёт ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 г.».*

Химическое состояние золота (локальное атомное окружение и электронная структура/степень окисления) в гидротермальных растворах/флюидах и минералах сульфидных руд исследовано методом рентгеновской спектроскопии поглощения. Спектры XANES/EXAFS для Au L<sub>3</sub> края поглощения регистрировались на линии ID26 Европейского центра синхротронного излучения (ESRF, Гренобль, Франция). Измерения выполнялись с использованием спектрометра высокого разрешения методом HERFD-XAS, что принципиально важно для соединений и комплексов Au(I). Первая серия измерений заключалась в исследовании форм нахождения примесной «невидимой» формы Au в синтетических сульфидах – аналогах природных минералов. Для этого методом гидротермального синтеза и синтеза в эвтектических расплавах хлоридов были получены золотосодержащие пирит (FeS<sub>2</sub>), арсенопирит (FeAsS), лёллингит (FeAs<sub>2</sub>) и ковеллин (CuS). Во второй серии исследовалось химическое состояние Au в рудообразующих хлоридных и сульфидных гидротермальных флюидах и в расплаве хлоридов щелочных металлов. Регистрация спектров выполнялась *in situ* при 350 – 500 °С (растворы) и 650 °С (расплав). В результате обработки полученных спектров определено локальное атомное окружение и зарядовое состояние Au в изученных минералах и флюидах.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФТОРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА (III) В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ**

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

mashatarnopolskaya@yandex.ru; 8(495) 9391239

*Проект РФФИ 15-05-08110.*

Фторидные комплексы железа были изучены потенциометрическим методом только при 15, 25, 35°C в работе (Connick et al., 1956). Поэтому в нашей работе изучение фторидных комплексов железа проводилось при 86 и 155°C. Была изучена растворимость флюорита в кислых растворах при переменной концентрации  $\text{FeCl}_3$  при 86 и 155°C. Для опытов использовались цилиндры, изготовленные из монокристаллов флюорита массой около 0.7 г. Определение растворимости проводилось методом потери массы в стальных пеналах с фторопластовыми вкладышами. Обработка результатов проводилась при помощи программы OptimA (Shvarov, 2015). Определены свободные энергии Гиббса  $g_1^0$  для  $\text{FeF}_2^+$  при 86, 155°C, равные соответственно -645.7±0.3, -645.1±1 кДж/моль. Полученные результаты хорошо согласуются с данными (Connick et al., 1956) при 15-35°C.

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИРОДНЫХ (МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРНОСЛАНЦЕВОЙ ФОРМАЦИИ) ДАННЫХ ПО ФОРМАМ НАХОЖДЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЮ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В РУДНЫХ МИНЕРАЛАХ**

**Таусон В.Л., Акимов В.В., Липко С.В., Спиридонов А.М., Будяк А.Е., Арсентьев К.Ю.  
(ИГХ СО РАН, ИНЦ СО РАН)**

[vltauson@igc.irk.ru](mailto:vltauson@igc.irk.ru); (3952) 429967

*Программа ИНЦ СО РАН № 1.4.*

В экспериментах по гидротермальному синтезу рудных минералов в присутствии благородных металлов (БМ) – Au, Pt, Pd, Ag обнаружены четкие зависимости содержания равномерно распределенных форм элементов от удельной поверхности среднего кристалла в размерной выборке. Эти зависимости описываются экспонентами с высокими коэффициентами детерминации (обычно выше 0.9) и позволяют определить содержания структурной и поверхностно-связанной составляющих содержания элемента. Дальнейшая дискриминация форм нахождения производится путем установления типа дислокационных структур с помощью анализа профилей дифракционных отражений и определения связанных с ними концентраций БМ. Сопоставление с образцами рудных минералов (пирит, арсенопирит) из месторождений в черных сланцах (Сухой Лог, Дегдекан, Наталка) показывает, что в большинстве случаев распределение БМ имеет тот же характер, что и в эксперименте. Вместе с этим, более сложная история и высокая гетерогенность среды образования кристаллов приводят и к отличиям. В частности, проявление фрактальности минеральных поверхностей выражается в двойственности размерной зависимости, вызванной различной способностью к поглощению БМ неавтономными фазами разных размерных уровней.

ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИМЕСИ ЗОЛОТА В ФАЗАХ СИСТЕМЫ Cu-Fe-S ПРИ ПАРАМЕТРАХ РУДООБРАЗОВАНИЯ ПО ДАННЫМ XANES/EXAFS СПЕКТРОСКОПИИ

**Филимонова О.Н. (МГУ), Тригуб А.Л. (НИЦ «Курчатовский Ин-т»),**

**Квашнина К.О. (ESRF), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН), Никольский М.С.,**

**Ковальчук Е.В. (ИГЕМ РАН), Ширяев А.А. (ИФХЭ РАН), Тагиров Б.Р. (ИГЕМ РАН)**

8 (499) 230 82 31

*Работа выполнена за счёт ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 г.».*

Минералы системы Cu-Fe-S - основные фазы руд колчеданных, порфириновых и магматических систем, которые являются важным источником золота. Такие минералы как дигенит  $Cu_{2-x}S$ , ковеллин CuS, борнит  $Cu_5FeS_4$  и халькопирит  $CuFeS_2$  часто содержат высокие промышленные содержания Au в «невидимой» (или упорной с точки зрения извлечения) форме. Задачей настоящей работы является изучение химического состояния Au в этих минералах при параметрах рудообразования. Для решения этой задачи нами были синтезированы сульфиды Cu-Fe, насыщенные по Au. Синтез выполнен при 500-650 °C с использованием эвтектических смесей хлоридов щелочных металлов в качестве среды роста кристаллов. Полученные сульфиды использованы для *in situ* эксперимента, в ходе которого фазы нагревались до температуры синтеза и регистрировались спектры HERFD XANES/EXAFS для Au  $L_3$  края поглощения. Измерения проводились на линии ID26 Европейского центра синхротронного излучения (ESRF, Гренобль, Франция). Установлено, что рост температуры приводит к образованию химически связанного Au в Cu-Fe сульфидах. При этом Au образует изоморфный твёрдый раствор с основными компонентами сульфида, замещая атом металла.

О НОВОМ ВАРИАНТЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕКТИТОВЫХ ПОЛЕЙ

**Филин Н.А.** (Ростелеком)

[fln178@mail.ru](mailto:fln178@mail.ru); 8 905 760 2951

В рамках ударной гипотезы формирования тектитов в результате переплавления земного материала и конденсации паров силикатного облака, образовавшегося при ударе о Землю крупного космического тела, предложены новые возможные места кратеров.

Для образования гигантского Австрало-Тихоокеанского тектитового пояса нужен гигантский кратер, на роль которого может претендовать только Гудзонов залив и район Великих озер Северной Америки. Попытки найти другой подобный кратер в районе АТПП вряд ли увенчаются успехом. Что до попыток привлечь к образованию тектитов в других районах кратеры Рис (Европа), Босумтви (Африка) и Chesapeake Bay (Северная Америка), то предложенный вариант наиболее полно объясняет происхождение тектитов из переплавленных земных пород – тектиты образуются за пределами земной атмосферы конденсацией и дистилляцией из высокотемпературной ионизированной газопаровой струи сформированной из продуктов мишени, ударника и воды при небольших углах столкновения. Такие специфические условия формирования тектитов накладывают отпечаток на то, что тектиты образуются не при каждом даже мощном импакте и поэтому тектитовые поля достаточно редкое явление на поверхности Земли.

УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИЕ ФАЗЫ В ЖЕЛЕЗНОМ ПЕ МЕТЕОРИТЕ ЭЛЬГА

**Хисина Н.Р., Теплякова С.Н., Сенин В.Г. (ГЕОХИ РАН),**

**Ширяев А.А. (ИФХЭ РАН), Аверин А.А. (ИФХЭ РАН)**

[khisina@geokhi.ru](mailto:khisina@geokhi.ru); 8-495-9397053

Метеорит Эльга содержит силикатные включения в металлической матрице и относится к классу железных метеоритов группы ПЕ. Следы ударного воздействия проявлены фрагментированием, брекчированием вещества и образованием расплавных карманов внутри силикатных включений. Минералогия зон ударного плавления в силикатных включениях метеорита Эльга исследована методами оптики, ЕМРА, рамановской спектроскопии и ТЕМ. В составе брекчированных фрагментов идентифицированы углеродсодержащие фазы – сидерит и неупорядоченный графит, образующие графит-оксидную, сидерит-оксидную и сидерит-фосфидную ассоциации. Приуроченность углеродсодержащих фрагментов к зонам ударного плавления свидетельствует об их генетической связи с процессами ударного плавления и тем самым подтверждает космическое происхождение обнаруженных в их составе углеродсодержащих фаз.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АМФИБОЛА С H<sub>2</sub>O-  
NaCl-KCl ФЛЮИДОМ: СОСТАВЫ МИНЕРАЛОВ ПРИ НИЗКОЙ АКТИВНОСТИ H<sub>2</sub>O**

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

[khodorevskaya@mail.ru](mailto:khodorevskaya@mail.ru); 8(916) 651 25 53

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

При  $T=750^{\circ}\text{C}$ ,  $P=700$  МПа проведено экспериментальное изучение взаимодействия амфибола (*Hbl*) с растворами H<sub>2</sub>O-NaCl, KCl-NaCl-H<sub>2</sub>O при  $X_{\text{H}_2\text{O}}=0.3-0.4$ . При данной  $X_{\text{H}_2\text{O}}$  с ростом  $X_{\text{KCl}}/(X_{\text{KCl}}+X_{\text{NaCl}})$  наблюдается следующая смена минеральных ассоциаций: *Hbl* → *Hbl*+нефелин (*Nf*)+содалит (*Sdl*)+плагиоклаз (*Pl*)+Na- флогопит (*Phl*) → *Hbl*+*Bt*+*Cpx*+*Kfs*+*Nf* → *Kfs*+*Grt*+*Cpx*+*Bt*. Возникающие клинопироксены отвечают эгирин-авгитам, наблюдается прямая корреляция между содержанием Na в *Cpx* и содержанием NaCl во флюиде:  $X_{\text{Na}}^{\text{Cpx}} = 0.0326 + 0.5938 (X_{\text{NaCl}}^{\text{Fl}}) - 0.0185 (X_{\text{NaCl}}^{\text{Fl}})^2$ . Соотношение K/(K+Na) в полевых шпатах и амфиболах коррелируется с тем же соотношением во флюиде. Содержание калия в нефелине также зависит от соотношения  $X_{\text{KCl}}/(X_{\text{KCl}}+X_{\text{NaCl}})$  во флюиде и может быть выражено уравнением:  $X_{\text{K}}(\text{Ne}) = 0,00478 + 0,85288 X_{\text{K}}(\text{флюид}) - 0,71293 [X_{\text{K}}(\text{флюид})]^2$ . Состав граната  $\text{Grs}_{48-51}\text{Andr}_{40-43}\text{Prp}_{3-2}$ . Таким образом, составы минералов, полученных в экспериментах, позволяют оценивать  $X_{\text{KCl}, \text{NaCl}}$  во флюидах, вызывающих щелочной метасоматоз.

ИЗУЧЕНИЕ ГОЛОЦЕНОВЫХ СОБЫТИЙ, ЗАПИСАННЫХ В ТОРФЕ, ПО МАГНИТНЫМ И МИКРОЗОНДОВЫМ ДАННЫМ

Цельмович В.А., Куражковский А.Ю. (ГО «Борок» ИФЗ РАН), Казанский А.Ю. (МГУ), Щетников А.А. (ИЗК СО РАН)

[tselm@mail.ru](mailto:tselm@mail.ru); 8(48547) 24631

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №, 16-05-00703а.*

Исследован керн торфяных отложений, отобранных около станции Посольская (Бурятия, координаты 52°0'32.29"С, 106°22'21.08"В). По длине керна с разрешением 1 см проведены измерения петромагнитных параметров (плотности  $\rho$  и намагниченности насыщения  $I_{rs}$ ). Обнаружены синхронные циклические изменения этих параметров по мощности торфяной толщи. Циклические возрастания  $\rho$  и  $I_{rs}$  связаны с обогащением образцов торфа минеральным материалом, обладающим как относительно высокой плотностью, так и наличием частиц носителей остаточной намагниченности. Микрозондовые исследования показали, что в некоторых слоях с максимумами  $I_{rs}$  присутствует повышенная концентрация частиц, имеющих либо космогенный, либо эксплозивный вулканический генезис. Такими частицами являются Мт шарики, самородные металлы и интерметаллиды (Fe, W, Al, Zn, Ni, Bi, Ti и др.), а также корунд и наноалмазы. Как показали предварительные результаты проводимого исследования, торфяные отложения могут служить источником информации об экстраординарных космических и вулканических событиях.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ЗАГАДКИ РЫХЛЫХ ПОРОД РЫБИНСКОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА

Цельмович В.А., (ГО «Борок» ИФЗ РАН),

Люхин А.М. (ООО «Ин-т дистанционного прогноза руд»)

[tselm@mail.ru](mailto:tselm@mail.ru); 8(48547) 24631

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №, 16-05-00703а.*

В 2015 году, при изучении кольцевых структур, предположительно импактного происхождения, на северо-западе Рыбинского водохранилища в рыхлых четвертичных породах, нами были обнаружены микро-наноразмерные зерна самородного Ag, причем его содержание в некоторых пробах достигает промышленных значений. Ag представлено чешуйками разнообразной формы с острыми краями, реже встречаются оплавленные изометричные зерна. Размеры зерен колеблются от 0,2 до 25 мкм, с преобладающим размером около 10 мкм. Первоисточник и механизм появления Ag в породах неясны. Наиболее вероятен вариант его привноса с севера со стороны Онежского озера. Помимо Ag, в некоторых пробах были обнаружены большое количество цирконов и монацитов. Изредка попадались и были тщательно изучены на микрозонде отдельные минералы-индикаторы импактного процесса. Они представлены магнитными металлическими сферами разного состава, реже стеклянными микросферами, зернами самородных металлов: железа, меди, цинка. Также выявлены признаки плавления титаномагнетита и хромита, тонкие структуры распада ильменита, а в одной пробе обнаружен троилит. Рассматриваются 2 варианта наличия здесь импактных минералов: 1 – остаточные проявления местного импакта, основные следы которого были смыты флювиальными потоками; 2 – фоновая космическая пыль.

В итоге полного набора микроминералогических признаков для идентификации импактного происхождения изучаемых структур обнаружено не было. Однако неплановые находки – серебра в промышленных количествах, повышенных концентраций цирконов и монацитов, могут представлять отдельный интерес.

**РАННЕДЕВОНСКОЕ ИМПАКТНОЕ СОБЫТИЕ НА ЮГО-ЗАПАДЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

**Цельмович В.А. (ГО «Борок» ИФЗ РАН), Сунгатуллин Р.Х., Бахтин А. И. (КФУ),  
Бахмутов В.Г. (ИГ НАНУ)**

[tselm@mail.ru](mailto:tselm@mail.ru); 8(48547) 24631

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 13-05-00348а, 16-05-00703а.*

На границе серо- и красноцветных нижнедевонских отложений Среднего Приднестровья (юго-западная Украина) среди практически немагнитных образований выделена зона с аномально высокими магнитными характеристиками (Поляченко, 2012). Здесь обнаружены микрочастицы самородного железа, никеля, железо-никелевых интерметаллидов, которые могут являться свидетелями импактного события в лоховском веке (~ 415 млн. лет назад). Методами электронной микроскопии и микрозондового анализа изучены химический состав, морфология и структурно-текстурные особенности характерных микрообъектов. Это позволило установить, что они являются совместным продуктом плавления метеоритного вещества и пород мишени при импактном взрыве. В результате взрывного разлета и осаждения на поверхности Земли в микрочастицах происходит быстрая дифференциация вещества. Полученные данные можно использовать как свидетельство эталонного импактного события при падении железо-каменного метеорита, а характерный набор минералов для диагностики катастрофных событий в геологической истории (Цельмович, 2015).

**ИЗМЕНЕНИЕ Nb/Ta ОТНОШЕНИЯ В ГРАНИТОИДНЫХ РАСПЛАВАХ В  
ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА РАСТВОРЯЕМОГО Ta-Nb МИНЕРАЛА И СОСТАВА  
РАСПЛАВА**

**Чевычелов В.Ю. (ИЭМ РАН)**

[chev@iem.ac.ru](mailto:chev@iem.ac.ru); 8(496)52-258-61

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 15-05-03393-а и программы ОНЗ РАН «Комплексные исследования по актуальным проблемам наук о Земле».*

Экспериментально исследовано растворение Ta-Nb минералов (природных колумбита и танталита-колумбита) в трех модельных водонасыщенных гранитоидных расплавах (щелочного, субнормального и обогащенного глиноземом состава) при  $T = 650 - 850^{\circ}\text{C}$  и  $P = 100$  МПа в присутствии 0.2н раствора HF. Весовое отношение раствор HF/(стекло+минерал) было 0.01-0.06. Показано более сильное влияние щелочности-глиноземистости в составе расплава на содержания в нем Ta и Nb по сравнению с влиянием температуры. При изменении расплава от щелочного до глиноземистого общие содержания Ta и Nb в расплаве уменьшаются на 1-2 порядка величины, и одновременно заметно уменьшается Nb/Ta отношение. При растворении **колумбита** в щелочном расплаве выше содержание Nb, в глиноземистом – Ta, а Nb/Ta отношение изменяется от 2.5-1.8 в щелочном до 0.4 в глиноземистом расплаве. При растворении **танталита** содержание Ta во всех трех расплавах выше содержания Nb, а Nb/Ta отношение уменьшается от 0.7 (в щелочном) до 0.1-0.5 (в глиноземистом).

**ВЫСОКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ХРОМА В ГРАНАТАХ, КРИСТАЛЛИЗУЮЩИХСЯ ПРИ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СЕРПЕНТИНА И ХРОМИТА**

**Чепуров А.А. (ИГМ СО РАН)**

[achepurov@igm.nsc.ru](mailto:achepurov@igm.nsc.ru); (383) 333 2341

Условия образования хромистых гранатов связывают с деплетированными дунит-гарцбургитовыми породами верхней мантии Земли. Несмотря на то, что существующие представления позволяют моделировать кристаллизацию гранатов с содержанием хромкомпонента до 8-10 вес.%, изучение условий кристаллизации гранатов с экстремально высокими содержаниями хрома, представляет особый интерес. В работе проведено экспериментальное изучение хромистости пиропов, образующихся при взаимодействии серпентина и хромита. Экспериментальная часть работы была выполнена на аппарате высокого давления “БАРС” при P-T параметрах, соответствующих области устойчивости граната.

В продуктах опытов наблюдали образование ассоциации минералов: оливин + гранат + хромит + пироксен, при этом была зафиксирована кристаллизация гранатов с содержанием хромкомпонента, достигающим 20 вес.%. Проведенное исследование демонстрирует, что при разложении природного серпентина происходит образование минеральной ассоциации с преобладанием оливина, в которой, при достаточном поступлении хрома за счет разложения хромита, возможна кристаллизация гранатов с высоким содержанием хромкомпонента.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ РЗЭ В РАСТВОРАХ И КАРБОНАТНЫХ  
ОСАДКАХ СОДОВЫХ ОЗЕР (ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)

**Широсова Г.П. (ИГМ СО РАН), Борзенко С.В. (ИПРЭК СО РАН), Гаськова О.Л. (ИГМ  
СО РАН; НГУ), Колонин Г.Р. (ИГМ СО РАН)**

[shiron@igm.nsc.ru](mailto:shiron@igm.nsc.ru); (383) 333 30 26

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант 15-17-10003.*

Для интерпретации поведения РЗЭ в содовой озерной системе с карбонатным типом осадкообразования выполнены термодинамические расчеты с использованием компьютерного пакета программ “HCh” в открытой системе при постоянном  $\log P_{\text{CO}_2}$  -2 и переменных  $\log P_{\text{O}_2}$  (-70, -60, -50 и -40 бар). Показаны зависимости растворимости идеального твердого раствора 14 РЗЭ ( $\text{Ln}_2\text{CO}_3(\text{тв})$ ) от редокс условий, сопоставлены мольные доли каждого РЗЭ в составе твердого раствора с потенциалами Гиббса соответствующих карбонатов, а также сделана попытка оценить роль ацетатных комплексов в миграции лантанидов в карбонатных растворах при восстановительных условиях.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВАНАДИЯ МЕЖДУ  
ОЛИВИНОМ И РАСПЛАВОМ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-  
ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ОСТРОВОДУЖНЫХ МАГМ**

**Шишкина Т.А., Портнягин М.В. (ГЕОХИ РАН)**

[t.shishkina@geokhi.ru](mailto:t.shishkina@geokhi.ru); +7 (495) 939-70-62

*Выполнено при поддержке гранта РНФ, № 14-17-00582.*

В настоящей работе проведено экспериментальное исследование распределения ванадия между оливином и расплавом ( $D_V^{Ol-M}$ ) для базальта вулкана Мутновского (Камчатка) в аппарате типа «газовая бомба» (Институт Минералогии, г. Ганновер, ФРГ) в диапазоне температур от 1025 до 1150°C, давлении 100 и 300 МПа, окислительно-восстановительных условиях варьирующих между QFM-0.5 и QFM+3.2. Содержания ванадия в продуктах экспериментов и расплавных включениях в оливине из базальтов вулкана Мутновского определялись методом LA-ICP-MS (Институт наук о Земле при Университете г. Киль, ФРГ). В результате исследования продуктов экспериментов выявлена сильная отрицательная линейная корреляция между  $D_V^{Ol-M}$  и  $fO_2$  ( $\Delta QFM$ ), описываемая уравнением  $\lg(D_V^{Ol-M}) = -0.295 * (\Delta QFM) - 1.144$ , ( $R^2=0.98$ ), которая хорошо согласуется с существующими литературными данными. Содержание ванадия в природных стеклах расплавных включений составляет 270-380 г/т, в оливине-хозяине 4-7 г/т, что соответствует  $D_V^{Ol-M} = 0.015-0.022$ . Значения фугитивности кислорода для расплавных включений вулкана Мутновского, определенные с помощью полученной нами экспериментальной зависимости, соответствуют  $\Delta QFM = 1.7-2.3$ , что является типичным для островодужных магм.

**КИНЕТИКА РАСТВОРИМОСТИ ЗОЛОТА В СОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ**

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

[Kshmulovich@yandex.ru](mailto:Kshmulovich@yandex.ru); 8(495)437 5319 или 8(496)524 82 97 (Чг)

Методом потери веса измерены скорости и определен механизм растворения золота в эквимольных сухих солевых расплавах NaCl+KCl при 860° и 730°C. Опыты продолжительностью до 10 суток проведены в открытых и герметичных кварцевых ампулах.

В открытых ампулах проходят два главных процесса: испарение солевого расплава и растворение золота, фиксируемых по потере веса ампулы и полоски золота. Лимитирующим процессом перехода золота в солевой расплав является диффузия Na в кварцевое стекло в ходе реакции  $2\text{Au}+2\text{NaCl}+\text{SiO}_2+0,5\text{O}_2\rightarrow 2\text{AuCl}+\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . Испарение солевого расплава приводит к пересыщению остаточного расплава по золоту и кристаллизации избытка Au.

Концентрации насыщения солевого расплава NaCl+KCl при 860°C и атмосферном  $f(\text{O}_2)$  оценивается в 10 г Au на 1 кг соли (~10 000 ppm).

**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**ШПИНЕЛИ  $MgAl_2O_4$**

**Шорников С.И. (ГЕОХИ)**

sergey.shornikov@gmail.com; 8 (812) 540-03-42

Высокотемпературные физико-химические свойства шпинели, как минерала, входящего в состав Са–Al включений хондритов, представляют значительный интерес.

Масс-спектрометрическим эффузионным методом Кнудсена изучено испарение шпинели  $MgAl_2O_4$  в области температур 1850–2250 К. В газовой фазе над шпинелью идентифицированы молекулярные компоненты, как типичные для простых оксидов, образующих шпинель, так и в незначительном количестве сложный газообразный оксид  $MgAlO$ . Впервые определенные значения парциальных давлений пара молекулярных компонентов, содержащихся в газовой фазе над шпинелью, были сопоставлены с таковыми, соответствующими простым оксидам.

Определены значения активностей оксидов в стехиометрической шпинели  $MgAl_2O_4$  в области температур 1851–2298 К. Найденные величины энергии Гиббса образования шпинели из простых оксидов, а также энтальпии и энтропии образования шпинели из простых оксидов, равные  $-12.02 \pm 1.14$  кДж/моль и  $5.03 \pm 0.56$  Дж/(моль·К), соответственно, и энтальпия плавления шпинели, равная  $55.81 \pm 4.62$  кДж/моль (при расчете на 1 моль соединения), удовлетворительно соответствуют имеющейся термодинамической информации.

ТЕРМОДИНАМИКА ИСПАРЕНИЯ ФОРСТЕРИТА

**Шорников С.И. (ГЕОХИ)**

sergey.shornikov@gmail.com; 8 (812) 540-03-42

Форстерит – наиболее важное химическое соединение в системе  $MgO-SiO_2$ , которое редко встречается в чистом виде в природе и входит в состав группы оливина, представляющего собой изоморфный ряд твердых растворов в системе  $Mg_2SiO_4-Fe_2SiO_4$ . Глобальная распространенность оливина объясняет постоянный интерес к вопросам его образования на самых ранних этапах эволюции вещества Солнечной системы в процессах испарения и конденсации, и интенсивно изучается экспериментально при дифференциации вещества в высокотемпературных ударных процессах и при его лазерном нагреве.

В этой связи вызывает особое внимание термодинамическая информация, касающаяся характера испарения форстерита – а именно: утверждение о конгруэнтном испарении форстерита в жидком состоянии (Hashimoto, 1990), что приводит к последующим важным геохимическим выводам.

Теоретическое рассмотрение многочисленных, но весьма противоречивых экспериментальных данных позволило выявить наиболее достоверную информацию для понимания характера испарения форстерита, а также в рамках разработанной полуэмпирической модели (Шорников, 2009) определить активности оксидов и парциальные давления компонентов газовой фазы над расплавами системы  $MgO-SiO_2$  в области высоких температур и на основании законов Коновалова показать инконгруэнтный характер испарения форстерита в жидком состоянии.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ CaO–MgO–SiO<sub>2</sub>

**Шорников С.И. (ГЕОХИ)**

sergey.shornikov@gmail.com; 8 (812) 540-03-42

Физико-химические свойства соединений системы CaO–MgO–SiO<sub>2</sub> и их расплавов представляют значительный интерес для геохимии. В частности, несколько соединений этой системы (энстатит, форстерит, диопсид и акерманит) входят в состав Ca–Al-включений хондритов.

Используя разработанную полуэмпирическую модель (Шорников, 2009), рассчитаны величины активностей оксидов и энергий смешения в кальциевомагниево-силикатных расплавах в области температур 1600–2400 К. Исходными данными для термодинамических расчетов являлись экспериментальные данные о стандартных энергиях Гиббса  $\Delta G^\circ(i)$  образования простых оксидов (CaO, MgO, SiO<sub>2</sub>) и их двойных и тройных соединений – волластонит (CaSiO<sub>3</sub>), ранкинит (Ca<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> (ларнит), Ca<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub> (трисиликат кальция), энстатит (MgSiO<sub>3</sub>), форстерит (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>), диопсид (CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>), акерманит (Ca<sub>2</sub>MgSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), мервинит (Ca<sub>3</sub>MgSi<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) и монтичеллит (CaMgSiO<sub>4</sub>) в кристаллическом и жидком состоянии; в составе газовой фазы рассматривались следующие компоненты: Ca, Ca<sub>2</sub>, CaO, Mg, Mg<sub>2</sub>, MgO, Si, Si<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>, Si<sub>4</sub>, SiO, SiO<sub>2</sub>, Si<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, CaSiO<sub>3</sub>, O, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> и O<sub>4</sub>.

**О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОМЕТ С ПЛАНЕТАМИ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ**

**Шпекин М.И. (КФУ), Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)**

[MichaelS1@yandex.ru](mailto:MichaelS1@yandex.ru); (843) 233-73-47

[azary@mail.ru](mailto:azary@mail.ru); 8 (499) 135-54-67

При падении галактических комет на планеты земной группы возникают столь большие давления, что можно пренебречь физическими свойствами среды и силами трения по сравнению с силами инерции. В этих условиях импактный процесс может происходить по двум разным сценариям. Согласно первому основная часть кинетической энергии и импульса кометы расходуется на создание многокилометрового кратера. В соответствии со вторым сценарием, энергия и импульс кометы передаются узконаправленной ударной волне, которая глубоко проникает в литосферу, расходуя энергию на испарение, плавление и нагрев пород. На примере Земли, Марса, Меркурия и Луны показано, что галактические кометы взаимодействуют с планетами с участием обоих механизмов. Причем с увеличением у планет плотности атмосферы эффекты нагрева пород возрастают.

**ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
МЕЖДУ АЛЮМОСИЛИКАТНЫМ И СОЛЕВЫМ РАСПЛАВАМИ И ВОДНЫМ  
ФЛЮИДОМ**

**Щекина Т.И., Котельников А.Р., Граменицкий Е.Н., Алферьева Я.О.,**

**Бычков А.Ю., Русак А.А. (геол.ф-т МГУ, ИЭМ РАН)**

[t-shchekina@mail.ru](mailto:t-shchekina@mail.ru); 8 (495)9392040

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №16-05-0089).*

Проведена серия экспериментов в модельной гранитной системе Si-Al-Na-K-F-O-H с предельными содержаниями фтора. Исходные составы системы отличались соотношением Si, Al и суммы щелочей и различными содержаниями воды. В опыты были введены по 1% Y и La, в часть из них - 1-1,5.% Li. Опыты проводились на установке высокого газового давления при 800°, 1 кбар. Новыми задачами экспериментов было: 1) изучение распределения главных и редких элементов не только между алюмосиликатным и солевым расплавами, но и водным флюидом; 2) определение содержание воды в расплавах в условиях насыщения их фтором. Показано, что фазовые отношения в опытах с различными содержаниями воды изучаемой K-Na части системы аналогичны изученным ранее, а именно, в опытах с Li в равновесии с алюмосиликатным существовал солевой расплав, в отсутствие лития – Li-K-Na-криолит. Установлено, что Y и La распределяются большими коэффициентами разделения в пользу солевого расплава по сравнению с силикатным расплавом и флюидом. Полученные данные по распределению щелочей между расплавами и флюидом требуют уточнения.

**МУАССАНИТ В ПОРОДАХ ПРИЛАДОЖЬЯ КАК ИНДИКАТОР ЛАДОЖСКОГО ИМПАКТА**

**Юрковец В.П. (*Академия ДНК-генеалогии, Бостон, США*)**

[Valery.yurkovets@gmail.com](mailto:Valery.yurkovets@gmail.com); 8 (555) 333 24 06

Одним из отличительных признаков Ладожского импакта, наряду с уникальными пока шоковыми микроструктурами (Юрковец, 2014), является аномальное распространение муассанита в породах Приладожья. Муассанит обнаружен в обломках пород аллогенной брекчии, а также валунах и гальке «катастрофных» слоёв ледниковых отложений, современных ладожскому событию. Присутствие муассанита отмечено во всех точках отбора проб на протяжении более 160 км - от Приозёрска на севере Ладоги до Кирсинских камов в южном Приладожье. Вероятным источником его происхождения является кристаллизация из газовой фазы в облаке импактного взрыва – «огненном шаре», продолжительность существования которого реконструируется в пределах около получаса, при видимом радиусе около 130 км (Collins, et al, 2005). Такое предположение подтверждается высокими кинетическими энергиями частиц муассанита, которых хватило на формирование шоковых микроструктур в зёрнах минералов мишени, с микроскопическими зонами плавления (изотропизации) и дробления. Происхождение сублимированной фазы SiC в облаке взрыва связано, вероятно, с ударными процессами в толщах шунгит- и графитсодержащих пород соанлахтинской свиты и ладожской серии нижнего протерозоя, широко распространённых в зоне падения Ладожского тела (суммарная мощность углеродсодержащих толщ здесь превышает 1700 метров).

**ОСОБЕННОСТИ ИСПАРЕНИЯ ТУГОПЛАВКИХ Ca-Al-ВКЛЮЧЕНИЙ ХОНДРИТОВ**

**Яковлев О.И., Шорников (ГЕОХИ РАН)**

yakovlev@geokhi.ru; 8(495) 939 70 03

При высокотемпературном испарении расплавов Ca–Al–включений хондритов, состоящих преимущественно из оксидов SiO<sub>2</sub>, MgO, CaO и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, имеет место инверсия летучести SiO<sub>2</sub> и MgO. Она заключается в том, что оксид кремния, будучи более летучим, чем оксид магния, становится менее летучим в условиях испарения расплавов, богатых труднолетучими оксидами CaO и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Инверсия летучести хорошо объясняется в рамках теории Д. С. Коржинского о кислотно-основном взаимодействии компонентов в силикатных расплавах. Согласно теории, увеличение содержания CaO в расплаве приводит к увеличению его основности, что, в свою очередь, повышает активность и, соответственно, летучесть MgO, и понижает активность и, соответственно, летучесть SiO<sub>2</sub>. В реальных составах Ca–Al–включений CV3 хондритов отношение MgO / SiO<sub>2</sub> закономерно уменьшаются при увеличении содержания CaO, что является прямым следствием действия кислотно-основного фактора.

**КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ, ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ АНАЛОГОВ ПРИРОДНЫХ КАЛЬЦИЕВЫХ МЕТАБОРАТОВ И НОВОГО НАТРИЙ, КАЛЬЦИЕВОГО КАРБОНАТОБОРАТА**

**Ямнова Н.А., Гурбанова О.А., Боровикова Е.Ю.,**

**Волков А.С., Димитрова О.В. (геол. ф-т МГУ)**

natalia-yamnova@yandex.ru

Методом РСТА изучены бораты кальция: аналог гексагидроборита  $\text{Ca}[\text{B}(\text{OH})_4]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (**I**), формульный аналог фабианита  $\text{CaB}_3\text{O}_5(\text{OH})$  (**II**), и новый Ca,Na-карбонатоборат  $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Na}_x\text{Ca}_{0.5-x})[(\text{OH})(\text{O}_{1-x}\text{OH}_x)](\text{CO}_3)(x \sim 0.4)$  (**III**), синтезированные гидротермальным методом ( $t = 250^\circ\text{C}$ ,  $P = 70\text{--}80$  атм): (**I**) при перекристаллизации кальциборита  $\text{CaB}_2\text{O}_4$  (*M*) в системе  $M - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ ; (**II,III**) в системе  $\text{Ca}(\text{OH})_2\text{--H}_3\text{BO}_3\text{--Na}_2\text{CO}_3\text{--NaCl}$ . Материалы для структурной расшифровки получены на автодифрактометре Xcalibur S (CCD), результаты уточнения структур в анизотропном приближении тепловых колебаний атомов и с учетом локализованных позиций атомов водорода соответствуют *R*-факторам достоверности 0.0260 (**I**), 0.0428 (**II**) и 0.0387 (**III**). В структуре синтетического гексагидроборита вдоль оси *c* формируются колонки из Ca- и B-полиэдров, объединенные H-связями. Основу структуры  $\text{CaB}_3\text{O}_5(\text{OH})$  составляют слои из B-тетраэдров и B-треугольников. Для данной фазы зарегистрировано увеличение сигнала ГВГ по отношению к кварцевому эталону и установлен фазовый переход к кальцибориту при нагревании. Проведены ИК-спектроскопические исследования и сравнительный кристаллохимический анализ синтетических и природных метаборатов. Установлена близость Ca, Na-карбонатобората с гейдорнитом и тузлаитом.