

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-2017

18–19 апреля 2017 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Москва 2017

Председатели семинара

дгмн Олег Александрович Луканин (ГЕОХИ РАН)

дхн Евгений Григорьевич Осадчий (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.х.н. Юрий Андреевич Литвин (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)

Секретари семинара

к.х.н. Елена Владимировна Жаркова (ГЕОХИ РАН)

Екатерина Леонидовна Тихомирова (ИЭМ РАН)

**ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОКСИДНЫХ МИНЕРАЛОВ ИЗ СВЯЗУЮЩЕЙ
МАССЫ КИМБЕРЛИТОВЫХ ПОРОД КИМОЗЕРА (КАРЕЛИЯ)**

Азарова Н.С., Бовкун А.В.(МГУ)

nadiya-azarova@mail.ru; тел.: 8(916)3036311

Палеопротерозойские кимберлиты Кимозера, располагающиеся в пределах Карельского кратона, являются одними из самых древних коренных алмазоносных пород мира. Исследованы петрографические особенности, химический и фазовый составы оксидных минералов связующей массы нескольких образцов метаморфизованных мелкопорфировых массивных кимберлитов Кимозера, различающихся по содержанию слюды.

Оксидные минералы в изученных породах представлены крупными зёрнами (> 100 мкм) магнезиохромита и ильменита и микрокристаллическими (< 100 мкм) выделениями Mn-ильменита, хромшпинелидов, титаномагнетита и магнетита. Среди микрокристаллических оксидов наиболее распространён Mn-ильменит (до 4,8 мас.% MnO), особенно многочисленный в образце богатого слюдой кимберлита. Зёрна Mn-ильменита обычно содержат тонкие структуры распада, тесно ассоциируют с монацитом, в отдельных случаях обогащены Nb₂O₅ (до 9 мас.%).

Микрокристаллические хромшпинелиды представлены идиоморфными зональными зёрнами размером до 60 мкм, центры которых сложены Ti-содержащим хромитом (до 51,6 мас.% Cr₂O₃; 1,4-5,6 мас.% TiO₂) с содержанием MgO до 0,8 мас.%, переменным количеством Al₂O₃ (до 11 мас.%) и постоянной примесью MnO (до 1,7 мас.%). К краю зерен хромита содержания Cr, Al и Ti уменьшаются, а количество Fe³⁺ увеличивается. Кроме самостоятельных зерен, часто окруженных Mn-ильменитом, такой хромит образует каймы вокруг вкрапленников (до 0,3 мм) магнезиохромита и алюмомагнезиохромита, имеющих ксеногенное происхождение.

Крайне низкое содержание MgO – яркая типоморфная особенность состава микрокристаллического хромита кимберлитов Кимозера, резко отличающая его от хромшпинелидов собственно кимберлитового генезиса из связующей массы кимберлитов России и зарубежья, обычно содержащих от 5 до 15 мас.% MgO.

**ИЗУЧЕНИЕ СЛЕДОВ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ
В ОЛИВИНАХ ПАЛЛАСИТОВ ТРЕКОВЫМ МЕТОДОМ**

**Алексеев В.А. (ГЕОХИ), Багуля А.В., Волков А.Е., Гончарова Л.А.,
Горбунов С.А. (ФИАН), Калинина Г.В. (ГЕОХИ), Коновалова Н.С.,
Окательева Н.М. (ФИАН), Павлова Т.А. (ГЕОХИ), Полухина Н.Г., Старков Н.И.,
Тан Найнг Со, Чернявский М.М., Щедрина Т.В. (ФИАН).**

AVAL37@mail.ru; тел.: 8 (496) 522 19 88; poluhina@sci.lebedev.ru; тел.: 8 (499) 132 61 04

Работа частично поддержана Программой № 7 Президиума РАН.

Рассмотрены возможность и результаты поиска следов ядер тяжелых и сверхтяжелых элементов галактических космических лучей (ГКЛ) в кристаллах оливинов из палласитов Marjalahti и Eagle Station трековым методом. Методика исследования основана на регистрации и измерении с помощью современного универсального измерительного комплекса ПАВИКОМ динамических и геометрических параметров треков – химически травимых участков следов торможения ядер ГКЛ перед их остановкой в кристаллах оливина. В рамках проекта ОЛИМПИА на базе более чем 11.6 тысяч обработанных треков получены данные о зарядовом составе ядер ГКЛ с $Z > 40$. Три трека были интерпретированы как следы ядер с зарядами в диапазоне $105 < Z < 130$, входящих в состав так называемого "острова стабильности" трансфермиевых элементов.

ВЕСЭМПГ-2017 - 003

АБЛЯЦИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ ПО ТРЕКОВЫМ ДАННЫМ

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

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

Работа частично поддержана Программой № 7 Президиума РАН.

Изучено распределение величины абляции более ста Н- и L-хондритов с привлечением новых трековых данных, полученных в Лаборатории космохимии. Результаты свидетельствуют о значимой зависимости абляции от найденной массы метеорита. При этом Н-хондритам малой массы (менее ~10 кг) свойственна более высокая степень абляции, чем L-хондритам той же массы. Такое различие может быть обусловлено различием орбит родительских тел метеоритов этих химических групп. Найденный эффект подтверждается анализом трековых данных для обыкновенных хондритов, изученных ранее другими исследователями. Установлена специфика распределений величины абляции 25 метеоритов с известными параметрами орбит.

ШЕРОХОВАТОСТЬ СТЕНОК – ГЛАВНЫЙ ФАКТОР НАРУШЕНИЯ РАВНОВЕСНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕМНЕЗЕМА МЕЖДУ ЖИДКОЙ ВОДОЙ И ПАРОМ

**Алексеев В.А., Медведева Л.С., Бурмистров А.А., Громяк И.Н. (ГЕОХИ РАН),
Ополченцев А.М. (ИК РАН)**

alekseyev-v@geokhi.ru; тел.: 8 (917) 599 89 73

Выполнены опыты с водой, насыщенной кремнеземом относительно кварца, при 300°C в герметичных платиновых ампулах методом закалки. В новых ампулах с гладкими стенками концентрация растворенного кремнезема (m) со временем не менялась, а в ампулах с шероховатыми стенками она уменьшалась более чем на 2 порядка, подчиняясь экспоненциальной зависимости от времени. Уменьшение m сопровождалось осаждением аморфного кремнезема на стенки ампул выше мениска, что означает нарушение равновесного распределения кремнезема между жидкой водой и водяным паром. Результаты опытов относятся к области наногеохимии и объясняются дистилляцией, которая инициируется преимущественным испарением в тонком (<100 нм) слое раствора у контакта со стенкой. На шероховатой поверхности вода поднимается за счет капиллярных сил, оставляя выступы сухими, что приводит к многократному увеличению суммарной длины контактной линии и к активации дистилляции. В природных условиях это может приводить к возобновлению растворяющей способности воды и к миграции полостей, частично заполненных раствором.

ВЕСЭМПГ-2017 - 005

**СРАВНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ
КОЛЛОИДНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ПО ДАННЫМ КАСКАДНОЙ И НЕПРЕРЫВНОЙ
ФИЛЬТРАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД**

**Алехин Ю.В., Макарова М.А, Козаченко (Маркова) Е.А., Шипилова Е.С.,
Николаева И.Ю. (геол. ф-т, МГУ), Макаров М.И. (почв. ф-т МГУ)**

frolikovam@gmail.com; тел.: 8 985 054 88 54

грант РФФИ № 15-05-03065.

Ранее развитые нами принципы разделения водных проб с высокими содержаниями коллоидов на размерные фракции (каскадная фильтрация с использованием до 7-11 номиналов фильтров) для последующего изучения их миграции с микроэлементами, а также образования комплексов с РОВ, имеют важное ограничение - режим отделения частиц известного размера быстро сменяется фильтрацией через гель, когда теряется возможность контроля диаметра. Для решения задачи в новом подходе нами использованы трековые мембраны с известным диаметром исходных цилиндрических пор и плотностью распределения, для которых можно рассчитать текущие значения гидравлических диаметров из данных по динамике изменения расхода по мере уменьшения живого сечения геля при знании расхода по дистиллированной воде. Следствием такого непрерывного выделения коллоидов, но с известным распределением их размеров, равновесных с растворенными формами, является возможность анализа той доли микроэлементов, которая выводится именно с частицами известной размерности, то есть с той долей всех микроэлементов, которая на них адсорбирована.

**ОСНОВНЫЕ ВАЛЕНТНЫЕ ФОРМЫ РТУТИ В ГАЗОПАРОВЫХ СМЕСЯХ, В
ТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ И В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ**

Алехин Ю.В., Фяйзуллина Р.В. (МГУ)

rinutiya@mail.ru; тел.: 8 (495) 939 49 43

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 15-05-03065 и №17-05-01055.

Ранее нами была изучена гидратация паров ртути в газопаровой фазе системы $\text{Hg}^{\circ}_{(ж)} - \text{H}_2\text{O}$ при 180°C и в серии кинетических экспериментов с водяным паром было показано, что в системе отсутствует комплексообразование, т.е. концентрация элементарной ртути в газопаровой фазе целиком определяется летучестью её атомарных паров. Более детальные исследования системы по растворимости валентных форм ртути показали, что при низких температурах и стандартной летучести кислорода в атмосфере (в природных обстановках) доминируют не пары Hg° , а оксид ртути (HgO), и в жидкой фазе концентрации ртути обеспечиваются растворимостью монтроидита, определяемой гидроксокомплексом $\text{Hg}(\text{OH})_2$. Нами также изучена растворимость оксида ртути при моновариантном равновесии $\text{Hg}^{\circ}_{(ж)} - \text{HgO}_{(тв.)} - \text{H}_2\text{O}$ в окислительных и восстановительных условиях и показано, что в большинстве природных обстановок (термы Камчатки, атмосфера) при низких температурах доминируют формы $\text{Hg}(\text{II})$ и лишь в восстановительных условиях и температурах более $100-120^{\circ}\text{C}$ в газовой и жидкой фазах преобладают пары Hg° .

КОСМИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ИЗ ВЯТСКОГО ЯРУСА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

Арефьев М.П. (ГИН), Цельмович В.А. (ГО «Борок», филиал ИФЗ)

mihail-3000@inbox.ru; тел.: 8 (926) 586 79 37

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-05-00706а. и 16-05-00703а.

В настоящее время накопился ряд данных о присутствии космического материала или земного вещества, связанного с импактами, в пограничных пермо-триасовых отложениях Московской синеклизы (МС).

Наиболее детальные исследования были проведены в интервале от верхневятского подъяруса до основания инда в бассейне рек М. Сев. Двина и Юг. В образцах при помощи микронзондового анализа (МЗА) была исследована тонкая магнитная фракция, выделенная с помощью мощного неодимового магнита.

Нижний уровень находок приурочен к нижней части верхнего вятского подъяруса. Здесь найден самородный Ni, переходящий в пересыщенный раствор Ni-C, а также в раствор Ni-Cu-C, Ni-Zn-C. На поверхности образца обнаружены микро- и нано-зоны с преобладающим содержанием углерода (более 50 %), которые в обратно-рассеянных электронах (BSE) выделяются темным цветом. С большой вероятностью, с учетом наблюдаемой кристаллографии, в этих зонах предполагаются микро- и нано-алмазы. Выделение алмазов из Ni, пересыщенного углеродом, описано в литературе («метеоритный» (Arai, 1986) тип парагенезиса). Таким образом, можно предполагать наличие импактного материала. Диагностика наноразмерных частиц - за пределами аналитических возможностей метода МЗА и может быть уточнена с его развитием. Найденны Mt микросферы и самородное Fe, часто маркирующие импакты.

Второй уровень выявлен под кровлей вятских отложений. На М. Сев. Двине встречены высоко-C сферулы, Mt сферулы, самородное Fe, а также высоко-Ti Mt сферулы, описанные ранее (Арефьев, Шкурский, 2012). Высоко-C сферулы, аналогичные найденным, были встречены на близком стратиграфическом уровне в 80 км южнее на р. Юг (Корчагин и др., 2010). Их природа остается невыясненной, но подобные образования известны в зонах падения крупных космических объектов, например, в районе падения Тунгусского метеорита (Цельмович, 2012). Находки позволяют предполагать региональное распространение подобных сферул. Ассоциация с Mt сферулами и Fe, которые могли образоваться из коры плавления астероидов или метеоритов при падении на Землю (Цельмович, 2013; Цельмович, 2016), позволяет предполагать их связь с крупным импактом или с серией таких событий. На близком стратиграфическом уровне найдены высоко-Ti Mt сферулы в 500 км южнее на р. Ветлуге (Арефьев, Шкурский, 2012). Оба выявленных уровня ассоциируют с похолоданиями и с этапами активизации рек Уральской питающей провинции, что позволяет рассматривать возможные импактные события в цепи причинно-следственных связей позднепермского экологического кризиса.

**ОЦЕНКА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ (H₂-CH₄) ПОСЛЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В ШАХТЕ
ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА (WSN)**

Асавин А.М. (ГЕОХИ), Пуха В.В., Нивин В.А. (ГИ КНЦ)

aaalex06@inbox.ru; тел.: 8 (916) 327 99 48

Поддержано программой «Арктика» президиума РАН проект 6.

При проведении горно-взрывных работ одной из главных опасностей для человека является возможность возникновения высоких временных локальных концентраций опасных газов (в частности взрывных смесей газов). Для оценки таких опасностей применяют локальные заборы газов и датчики. Однако существующие методики и аппаратура не позволяют проводить непрерывные измерения с достаточной дискретностью по времени и непосредственно в зоне взрыва. Новым подходом к этой проблеме можно считать беспроводную аппаратуру передачи данных (WSN – wireless sensor network), сопряженную с специализированными газовыми датчиками с низким энергопотреблением. Нами была разработана аппаратура и проведено ее испытания на руднике Карнасурт (Ловозеро. Кольский полуостров). Замерена динамика изменения концентраций газов для ряда взрывов и на разном расстоянии от эпицентра. Наблюдается повторяющаяся картина. Трезубый ассиметричный максимум в момент взрыва с плавным снижением содержания газа до постоянного уровня, который в 1.2-3 раза меньше максимальных значений. По этим данным выполнен расчет величин газового потока во время взрыва. Работа показала хорошие перспективы использования WSN для геомониторинга.

СОСТАВ РАСПЛАВОВ КОМАТИИТОВ ЗЕЛЕНОКАМЕННОГО ПОЯСА БЕЛИНГВЕ (ЗИМБАБВЕ) ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ОЛИВИНЕ.

**Асафов Е.В. (ГЕОХИ), Соболев А.В. (ГЕОХИ, ISTERRE), Гуренко А.А. (CRPG),
Портнягин М.В. (GEOMAR), Арндт Н.Т. (ISTERRE), Батанова В.Г. (ГЕОХИ, ISTERRE),
Крашенинников С.П. (ГЕОХИ)**

evasafov@gmail.com; тел.: +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) показали наличие до 0.6 мас.% H₂O в первичных коматиитовых магмах. Так как коматииты являются продуктами высоких степеней плавления мантии (до 50%), 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 Релаянс зеленокаменного пояса Белингве (2.7 млрд. лет), Зимбабве.

Реконструированные коматиитовые расплавы содержали 20-23.5 мас.% MgO и до 0.3 мас.% H₂O. В расплавах обнаружены повышенные содержания хлора, которые наблюдаются даже в наиболее примитивных расплавах ранних стадий кристаллизации. Избыток хлора в этих мантийных выплавках по сравнению с современными оценками содержания хлора в мантии может быть результатом ранней контаминации коматиитовых расплавов. Тем не менее, контаминация расплавов высокохлористым компонентом не оказала сильного влияния на другие летучие компоненты (F, S, H₂O) и примесные элементы.

ЭФФЕКТЫ УДАРНОГО МЕТАМОРФИЗМА В БАЗАЛЬТЕ И ДИАБАЗЕ В ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ ОТ 10 ДО >160 ГПА

Бадюков Д.Д. (ГЕОХИ), Безаева Н.С. (Физико-технологический институт УрФУ)

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

Работа поддержана программой 7П Президиума РАН.

Подготовленные в виде шаров образцы базальта и диабазы были подвергнуты сжатию в сферических сходящихся ударных волнах. Эксперименты проводились в двух режимах – с низкой (базальт) и высокой (диабаз) интенсивностью ударной нагрузки. Из экваториальных спилов сохранённых после опытов шаров были приготовлены прозрачно-полированные шлифы, которые изучались методами оптической микроскопии и СЭМ. От центра к краю образцов выделяются 4 зоны. 1-я зона характеризуется полным плавлением вещества. В зоне 2 происходит частичное плавление минералов. В зоне 3 плагиоклаз полностью преобразован в диаплектовое стекло, а пироксен демонстрирует механическое двойникование и сильный мозаицизм. Ударный метаморфизм в зоне 4 выражен от умеренного до слабого. Границы зон по давлению в ряде случаев не совпадают с ранее полученными «динамическими барометрами», что может быть связано с более пологим фронтом ударной волны по сравнению с ранее проводившимися экспериментами.

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДОМАНИКИТОВ С ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМИ РАСТВОРАМИ:
ЭКСПЕРИМЕНТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ**

Балицкий В.С., Балицкая Л.В., Голунова М.А. (ИЭМ)

balvlad@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 522 58 47

Осуществлены опыты по автоклавной обработке доманикитов Волго-Уральской нефтегазовой провинции водными растворами при температурах до 350°C и давлениях до 100 МПа. Одновременно в тех же автоклавах выращивали кристаллы кварца с многочисленными флюидными включениями. Это, в отличие от обычного аквапиролиза, позволяло не только оценивать потенциальную нефтегазоносность пород, но и наблюдать *in situ* за изменением фазового состава и состояния генерируемого нефтегазового флюида.

Установлено, что указанные породы являются нефтегазоносными: доля нефти в них составляет 450–500 мл на 1 кг породы. В синтетических флюидных включениях в кварце, сформированных при 320/350°C и 50-80 МПа, присутствуют, как правило, четыре фазы: водная (L1) и нефтяная (L2), газовая (G), в основном метановая, и твердая, битумная (SB). Объемные соотношения фаз в одновременно образованных включениях подвержены резким колебаниям. Это указывает на гетерогенное состояние флюида в процессе захвата включений. Однако уже в интервале 310–330°C, как свидетельствует термометрия включений, в них исчезает газовая фаза с переходом флюида в жидкое двухфазное (L1+L2) состояние. И только при 370–400°C (т.е. в субкритической и сверхкритической областях) происходит полное растворение нефти в водной фазе с достижением полной гомогенизации флюида. Охлаждение включений до комнатной температуры приводит к последовательному появлению исчезнувших фаз в обратном порядке. Твердые битумы при этом сохраняются в неизменном виде.

**ВЫРАЩИВАНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ
ВЫСОКОГЕРМАНИЕЕВОГО КВАРЦА**

**Балицкий В.С. (ИЭМ), Балицкий Д.В., Пуцаровский Д.Ю. (МГУ),
Балицкая Л.В., Сеткова Т.В., Некрасов А.Н. (ИЭМ)**

balvlad@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 522 58 47

Разработана новая лабораторная технология выращивания монокристаллов высокогерманиевого кварца с общей формулой $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$. Изучены структурно-морфологические характеристики выращенных кристаллов, их пьезоэлектрические и другие физические свойства. Указанные монокристаллы выращивают во фторидных (безщелочных) растворах при температурах 500–640°C и давлениях 120–150 МПа на затравках, ориентированных параллельно граням призмы $x\{11-20\}$, пирамиды $s\{11-21\}$, положительного ромбоэдра $r\{10-11\}$ и отрицательного ромбоэдра $z\{01-11\}$, а также на узких (3–4 мм) базисных ZY-стержнях. Содержание германия в кристаллах, их морфология и внутреннее строение определяются в основном температурой, составом и пересыщением растворов, кристаллографической ориентацией, размерами и формой затравочных пластин.

Главная трудность получения монокристаллов – весьма высокие термобарические условия роста. Именно они не позволяют перейти к промышленному освоению разработанной методики, поскольку не обеспечивают безопасную эксплуатацию промышленных автоклавов. Это обстоятельство обосновывает необходимость проведения дальнейших исследований, направленных на понижение термобарических условий роста монокристаллов $\alpha\text{-Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ до уровня современных технологий выращивания обычного кварца.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВОДЫ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СОСТОЯНИЕ ВОДНО-НЕФТЯНЫХ СИСТЕМ: ЭКСПЕРИМЕНТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

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

balvlad@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 522 58 47

Известно, что нефть по мере увеличения глубины залегания и температуры подвержена в той или иной степени метаморфическим изменениям. Согласно многочисленным ранее проведенным исследованиям, эти изменения в эндогенных условиях имеют направленный и необратимый характер, и обусловлены, в основном, процессами ее крекинга. В конечном итоге это приводит к разрушению нефти и образованию за счет ее остаточных твердых битумов (вплоть до графита), метана и CO₂. Вместе с тем, многие вопросы крекинга нефти и ее метаморфических преобразований в земных недрах до сих пор остаются не решенными. В частности, экспериментально не доказано, является ли крекинг нефти кинетическим процессом или нет? Каково влияние термобарических условий и воды на фазовый состав и состояния УВ в земных недрах и в какой степени указанные факторы могут влиять на наши представления о максимальных глубинах распространения нефти и газа в земных недрах? В представленном докладе предпринята попытка решения этих и других вопросов нефте-газовой геохимии на основе синтетических водно-углеводородных включений в кварце, выращенном одновременно с осуществлением взаимодействия водных растворов с нефтью и нефтематеринскими породами.

О ЕДИНОЙ ШКАЛЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Баренбаум А.А. (ИПНГ)

azary@mail.ru; тел: (499) 135-54-67

Обоснована применимость шкалы геологического времени, разработанная для Земли, к другим планетам и к Солнечной системе в целом. Этот вывод основан на интерпретации данных геохронологических таблиц фанерозоя и докембрия с позиций галактоцентрической парадигмы, связывающей геологические процессы на Земле с воздействиями Галактики.

Установлено, что все основные события в геологическом прошлом Земли, нашедшие отражение в качестве границ отделов, периодов и зон геохронологической шкалы, вызваны циклическими бомбардировками Солнечной системы галактическими кометами в периоды нахождения Солнца в струйных потоках и спиральных рукавах Галактики.

Автором теоретически рассчитаны времена таких бомбардировок, выявлен физический механизм взаимодействия галактических комет с планетами, и на этой основе объяснен ряд важных процессов на Земле и в Солнечной системе. В частности, получен вывод, что в Солнечной системе было как минимум два главных цикла образования планет, которые произошли с интервалом в 2 миллиарда лет в одном и том же спиральном галактическом рукаве на удалении радиуса коротации от центра Галактики.

ВЕСЭМПГ-2017 - 015

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ГАББРО-СИЕНИТОВОГО РАСПЛАВА В НАДЛИКВИДУСНЫХ УСЛОВИЯХ НА ПРИМЕРЕ МАССИВА СЕВЕРНЫЙ ТИМАН

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

bezmen@chgn.net.ru; тел.: 8 (496) 522 31 43

Экспериментально изучено взаимодействие габбро-сиенитового расплава, соответствующего среднему составу пород массива Северный Тиман, со сложным водородсодержащим флюидом при 1000°C и 400 МПа. Состав флюида контролировался в специальной ячейке сосуда высокого газового давления. Исходный расплав расслоился в надликвидусных условиях на зоны расплавов различного состава, образующие контрастное, скрытое и ритмическое расслоение образца. Экспериментальные результаты полностью совпали с природными данными.

**ФАЗОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ GLOSS-
ПЕРИДОТИТ ПРИ ВЕРХНЕМАНИЙНЫХ РТ-ПАРАМЕТРАХ**

**Бенделиани А.А., Бобров А.В., Сироткина Е.А. (ГЕОХИ, МГУ),
Каргальцев А.А., Игнатъев Ю.А. (ГЕОХИ)**

garmr9@gmail.com

Работа частично поддержана грантами РФФИ 17-55-50062 ЯФ, 16-05-00419_а, 16-35-00171_мол_а, грантом Президента для молодых кандидатов наук МК-1277.2017.5.

С использованием твердофазовой установки типа «наковальня с лункой» (ГЕОХИ РАН) изучены фазовые отношения в системе перидотит-GLOSS, моделирующей взаимодействие мантийного вещества с погружающейся океанической плитой в условиях гранатовой фации глубинности (при давлении 7 ГПа и диапазоне температур 800-1600°C, отвечающем различным степеням частичного плавления).

В полученных образцах сохраняются элементы первичной зональности: перидотитовая (P), переходная и зона GLOSS (G). Фазовые ассоциации в зоне P включают в себя гранат и низкокальциевый пироксен. При уменьшении температуры, гранаты обедняются Mg, и обогащаются Ca, а отношение Mg/Fe в пироксенах увеличивается. Зона G представлена гранатом, коэситом и омфацитом. С уменьшением температуры в клинопироксене уменьшается отношение Mg/Al. Титан в зоне G образует самостоятельную фазу (рутил), при этом его содержание в пироксене достигает 1.1 мас.% TiO₂, а в гранате до 1.5 мас.% TiO₂. С увеличением степени частичного плавления, осуществляется перераспределение Mg и Fe из перидотитовой зоны в зону GLOSS. Кроме того, состав расплава в зоне G обогащен Na и Al (до 2,6 мас.% Na₂O, до 16 мас.% Al₂O₃) по сравнению с перидотитовой (до 1,8 мас.% Na₂O, до 10 мас.% Al₂O₃). Такие расплавы могут послужить родоначальными для мантийных магматических эклогитов.

ВЕСЭМПГ-2017 - 017

ОПРЕДЕЛЕНИЕ Pb-210 и Cs-137 ПО ДАННЫМ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПОЧВЫ ОСТРОВА МАТУА

Борисов А.П. (ГЕОХИ), Иванов А.Н. (МГУ), Линник В.Г. (ГЕОХИ, МГУ), Соловьева Г.Ю. (ГЕОХИ)

alexpb@mail.ru; тел.: 8(916)5885580

Представлены результаты распределения Pb-210 и Cs-137 в пробах почвы, полученных в ходе проведения экспедиционных работ на острове Матуа в 2016г., расположенного в центральной части Курильской островной дуги. Часть отобранных в рамках экспедиции кернов была послойно измерена после пробоподготовки на низкофономом широкополосном гамма-спектрометре Canberra из особо чистого германия BEGe3825. Результаты распределение радиоизотопов свинца-210 (равновесного, с присутствующим в пробах радием-226), «избыточного» и техногенного цезия-137 с глубиной колонки позволили произвести оценку скорости осадконакопления в месте отбора проб по обоим радионуклидам (Pb-210«избыточный», Cs-137). Вертикальное распределение Cs-137 имело подповерхностный максимум в горизонте 2.5-3 см, а распределение Pb-210«избыточного» хорошо аппроксимируется с линией тренда экспоненциального характера с величиной достоверности аппроксимации $R^2=0.85-0.90$, что позволяет оценить скорость осадконакопления по Pb-210«изб.». Оба значения хорошо согласуются и составляют 0.09 ± 0.027 см год⁻¹.

**ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО МАЛАХИТА, ПОЛУЧЕННОГО В
ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ АММИАЧНЫХ РАСТВОРАХ**

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

tmb@iem.ac.ru; тел.: 8(496) 522 58 47

Разработанные методы синтеза основного карбоната меди (малахита) позволяют получать аналоги практически всех наиболее популярных его разновидностей. Показано, что образование той или иной текстурной разновидности синтетического малахита определяется в основном методом его синтеза, режимом кристаллизации и составом раствора. В рециркуляционном кристаллизаторе закрытого типа, в высококонцентрированных аммиачных растворах синтезирован малахит разнообразной текстуры: плисовый, полосчатый и сферолитовый с тонковолокнистым концентрически-зональным строением агрегатов. Малахит, полученный в открытой проточной системе, в растворах, аналогичных по составу, характеризуется менее разнообразной мелкоузорчатой текстурой с хорошо выраженной зональностью. Высокие скорости кристаллизации малахита и дополнительное интенсивное перемешивание раствора углекислым или другим, инертным газом способствуют образованию на растущей поверхности минерала большого количества центров кристаллизации и не дают мелким сферолитам разрастаться в более крупные агрегаты.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЕРИДОТИТ-ОСАДОК В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА

**Булатов В.К. (ГЕОХИ), Гирнис А.В. (ИГЕМ), Вудланд А. (Ун-т Гете, Германия),
Брай Г. (Ун-т Гете, Германия)**

v.bulatov@bk.ru

Химический и термический градиенты играют существенную роль в зонах субдукции. Широкое развитие приобретают процессы метасоматизма и парциального плавления горячего мантийного клина под воздействием флюидов или расплавов, образующихся в осадочном слое погружающейся океанической плиты. Мы провели экспериментальные исследования по изучению взаимодействия графит-содержащего перидотита с карбонатизированным осадком при давлениях 7,5 -10 ГПа в термоградиентных условиях. В большинстве опытов осадочный материал располагался в холодной зоне при температуре 500–1000°С, а перидотит – при 1100–1400°С. Установлено следующее. (1) В результате взаимодействия осадка с перидотитом образуются слои с различным минеральным составом и областью расплава в наиболее горячей зоне капсулы. (2) Оливин замещается ортопироксеном в перидотитовой зоне. (3) Наблюдается сохранение и рост граната в центре перидотитовой зоны. (4) Переходная зона обогащается графитом и содержит резорбированные зерна ортопироксена и, иногда, магнезита и оливина. (5) Области непосредственно под контактом перидотит-осадок сильно обогащаются гранатом. (6) В наиболее холодной части осадочного слоя образуется ассоциации клинопироксен-гранат.

Установлено, что К практически полностью выносятся из осадка при $T > 700^{\circ}\text{C}$ и переходит в расплав. Перидотит обогащается SiO_2 . Na и Ca сохраняются в осадочном слое (в клинопиоксене и гранате). Mg, Fe и Cr привносятся в осадочный слой. Расплав имеет высокомагнезиальный силикатно-карбонатный состав за счет взаимодействия расплава или флюида, выделившегося из осадочного слоя с горячим перидотитовым материалом.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ВИВИАНИТА

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

vigasina@geol.msu.ru; тел.: (495) 939 13 49

Вивианит $\text{Fe}^{2+}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ является стабильным природным водным фосфатом железа. В природе он встречается в пресноводных и морских отложениях, в зоне выветривания гидротермальных месторождений и пегматитов, он образуется в восстановительных условиях в сидеритовых осадочных отложениях и в торфяниках, а также в осадках сточных вод. Исследования проведены на природном образце (Керченский железорудный бассейн, Россия), представленном темно-голубыми кристаллами до 1-1.5 см в длину. Термогравиметрический анализ вивианита в интервале 20-600°C показал одноэтапную потерю воды – 28.8 % в потоке азота и 25.0 % в потоке воздуха. Спектры ИК-поглощения и комбинационного рассеяния образца подтвердили его чистоту и мономинеральный состав. Результаты рентгенофазового анализа (STOE-STADI MP, Германия) согласуются с данными ICDD №75-1186 и соответствуют моноклинному вивианиту. Методом монокристалльной съемки (Xcalibur S CCD, Oxford Diffraction) определены параметры элементарной ячейки изученного вивианита: $a = 10.14(5) \text{ \AA}$, $b = 13.50(5) \text{ \AA}$, $c = 4.712(8) \text{ \AA}$, $\beta = 104.3(4)^\circ$ и $V = 625.0 \text{ \AA}^3$.

ВЕСЭМПГ-2017 - 021

ИЗМЕРЕНИЯ РАСТЯЖЕНИЯ ВОДЫ В СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Власов К.А., Шмулович К.И. (ИЭМ)

vlasov.k.94@gmail.com

Вода и водные растворы в пористых средах с размерами пор в несколько микрометров по свойствам отличаются от объемной фазы и фазовые переходы происходят при иных параметрах. Практически все оценки отрицательных давлений (растяжения) основаны на теоретических предпосылках и экстраполяции в метастабильную область.

Мы сообщаем о рекордном результате измерений растяжения 2 м раствора $\text{Na}_2\text{WO}_4 + \text{CsCl}$. Методом спектроскопии комбинационного рассеяния в синтетических флюидных включениях измерено отрицательное давление в -105 МПа с погрешностью ± 5 МПа. Измерения показывают, что экстраполяция изохор воды в метастабильную область ($P < 0$) по уравнению состояния IAPWS-95 занижает давления почти на 50%.

**ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ НОВЫХ
ФОСФАТОВ ВИСМУТА И НИКЕЛЯ**

**Волков А.С., Димитрова О.В., Ямнова Н.А. (МГУ),
Аксенов С.М (ФНИЦ), Гурбанова О.А. (МГУ)**

a.e.volkov@list.ru;_7(499)135 87 18

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-03-008886а.

Поскольку образование фосфатов в природе приурочено к постмагматическим процессам, протекающим в присутствии H_2O и большого числа разнообразных катионов, гидротермальный метод является оптимальным для изучения особенностей кристаллизации природных фосфатов, что позволяет расширить представления о фазообразовании и механизме роста кристаллов в природных растворах при повышенных температурах и давлениях. Интерес к синтезу и исследованию новых висмутсодержащих оксосолей неорганических кислот, таких как фосфаты, арсенаты, ванадаты и т.п., обусловлен особенностями их строения, которые, в свою очередь определяют физические, в частности ионно-проводящие свойства. Целью работы является синтез в гидротермальных условиях фосфатных никель-висмутовых соединений, а также изучение влияния минерализаторов на их кристаллизацию. Синтез кристаллов проводился при температуре 690-700 К и давлении 480-500 атм. Получены новые синтетические фазы: $[Bi_2NiO_2(OH)](PO_4)$ – аналог намибита, $KBi_4Ni_2(PO_4)_3O_4$ и $Bi_3(PO_4)O_3$. Выявлена ключевая роль влияния минерализаторов приближенных по составу к природным на кристаллизацию новых фосфатных соединений.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТ
МЕТЕОРИТА ЧЕЛЯБИНСК ПРИ СЖАТИИ**

**Воропаев С.А., Корочанцев А.В., Душенко Н.В. (ГЕОХИ), Кочеров А.В. (НОЦ ЧелГУ),
Кузина Д.М., Нугманов И.И. (КФУ)**

Voropaev@geokhi.ru; тел.: 8(495) 939 19 05

Каменные метеориты обычно являются ударными брекчиями поверхностных слоев родительских тел и их свойства несут важную информацию о составе и эволюции астероидов и малых тел Солнечной системы. В обыкновенных хондритах встречаются две основные петрологические компоненты, различающихся по условиям образования. Это исходное хондритовое вещество (А), состоящее из кристаллических зерен-хондр, и затвердевший ударный расплав с частичной перекристаллизацией (Б). Их физико-механические характеристики сильно различаются, что приводит к значительным вариациям при исследованиях свойств хондритовых метеоритов. Для выявления причин различных механизмов разрушения мы экспериментально исследовали прочностные свойства основных компонент метеорита Челябинск, тип LL S3 W0. Получены значения упругих механических величин – коэффициент Пуассона, модуль Юнга и пределы прочности на растяжение и сжатие. Основное внимание уделено особенностям разрушения при трехосной нагрузке, показано значительное различие в развитии трещин для компонент А и Б.

ВЕСЭМПГ-2017 - 024

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОАМПУЛЬНОЙ МЕТОДИКИ С ПЕРИДОТИТОВОЙ АМПУЛОЙ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛАВЛЕНИЯ ФЛЮИДСОДЕРЖАЩЕЙ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ПРИ ДОКРИТИЧЕСКИХ И НАДКРИТИЧЕСКИХ Р-Т

Горбачев Н.С., Костюк А.В. (ИЭМ)

gor@iem.ac.ru; тел.: 8(496)5225880

При поддержке гранта РФФИ 17-05-00930а.

Важной особенностью флюид-содержащих силикатных систем является существование критических соотношений между силикатными расплавами и водным флюидом, обусловленных высокой их взаимной растворимостью. В большинстве экспериментальных работ использовались «дистанционные» методы исследования, без анализа вещества. В этих работах переход из докритического в надкритическое состояние фиксировался оптическими («гидротермальные» алмазные наковальни) или физическими (высотемпературная рентгено-радиография) методами. Для фиксации перехода системы перидотит-флюид из докритического в надкритическое состояние нами предлагается использовать закалочную многоампульную методику с Pt-перидотитовой ампулой (ПА), заполненную силикатом (базальт и др.) и источником флюида. Особенности текстуры и фазового состава закалочного образца послужат тестом такого перехода. При докритических Р-Т будет сохраняться исходное строение образца: перидотовая ампула, заполненная силикатным стеклом. При надкритических Р-Т в системе расплав-флюид силикатное стекло не образуется, перидотитовая ампула сохраняется, ее внутренняя часть будет заполнена продуктами закалки силикатного флюидорасплава в виде рыхлой несвязанной смеси микролитов полиминерального состава алюмо-силикатных микроглобулей. При достижении Р-Т, отвечающей второй конечной критической точке для ПА будет наблюдаться полная дезинтеграция закалочного образца, целиком состоящего из продуктов закалки надкритического флюидорасплава.

ВЕСЭМПГ-2017 - 025

ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТОВ Na и K НА ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ ЭКЛОГИТ- CaCO_3 ±ФЛЮИД ПРИ $P=4$ ГПА, $T=1100-1300^\circ\text{C}$

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

gor@iem.ac.ru; тел.: 8(496)5225880

Влияние карбонатов щелочей на фазовые соотношения и плавление системы эклогит+ CaCO_3 + Na_2CO_3 + K_2CO_3 изучено экспериментально в «сухих» условиях и с H_2O флюидом при $P=4$ ГПа, $T=1100-1300^\circ\text{C}$. Выявлено эффективное влияние температуры и флюида на фазовые соотношения. При $T=1100^\circ\text{C}$ при плавлении H_2O -содержащего эклогита образуется щелочной силикатный расплав, а при $T=1200-1250^\circ\text{C}$ – несмесимые L_{Si} и L_{Cb} , сосуществующие с Cpx и Grt . В интервале T 1250-1300 $^\circ\text{C}$ находится «критическая» точка T_{K} равновесия L_{Si} и L_{Cb} , выше которой наблюдается полная смесимость между ними. В этой же системе в «сухих» условиях L_{Cb} образуется в результате ликвации карбонатизированного L_{Si} с образованием несмесимых L_{Si} и L_{Cb} , сосуществующих при $T=1200^\circ\text{C}$ с Cpx и реликтами хромита. Образование близосолидусного L_{Si} можно объяснить понижением T плавления силикатов по сравнению с карбонатом в присутствии H_2O -флюида. В «сухой» системе L_{Cb} образуется при ликвации карбонатизированного силикатного расплава. Так как источником L_{Si} и L_{Cb} являлся карбонатизированный эклогит, то деструктивные тектонические обстановки являются благоприятными для зарождения K-силикатных и карбонатитовых магм.

**ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДОВ Na и K НА ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ
КАРБОНАТНЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ
В СИСТЕМЕ ЭКЛОГИТ-CaCO₃-H₂O+CO₂ ПРИ P=4 ГПА, T=1100-1300°C**

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

gor@iem.ac.ru; тел.: 8(496)5225880

Влияние хлоридов щелочей на фазовые соотношения и плавление системы эклогит+CaCO₃+NaCl+KCl с H₂O+CO₂ флюидом изучено экспериментально при P= 4 ГПа, T=1100-1300°C. Система характеризуется узким T интервалом между солидусом (T > 1200°C) и ликвидусом (T < 1300°C) эклогита. Во всем T интервале образуется только многокомпонентный флюид-содержащий высоко-Ca карбонатный расплав, сосуществующий в субликвидусе при T=1200-1250°C с Cpx и Grt. Образование карбонатного и отсутствие силикатного расплава можно объяснить существованием низкотемпературной (≤ 700°C) эвтектики (T_e) между хлоридами щелочей и карбонатами Ca и Mg. При закалке карбонатных расплавов образуется гетерофазная смесь карбонатной и силикатной фаз, апатита, биотита. На диаграммах парных корреляций CaO-SiO₂ составы закалочных фаз карбонатного расплава образуют линейный тренд, крайними членами которого являются силикатная и карбонатная компоненты, выделенные по максимальным концентрациям SiO₂ и CaO соответственно. Существование при высоких давлениях и низких температурах щелочного флюидно-хлоридно-карбонатного расплава в хлор-содержащих эклогитовых системах может играть важную роль в мантийном метасоматозе силикатных пород погружающей плиты зон субдукции.

**РОЛЬ ИОННЫХ КАНАЛОВ И ПОР В БИОГЕННОМ СИНТЕЗЕ МИНЕРАЛОВ И
БИОГЕННОМ МЕТАМОРФИЗМЕ ЧАСТИЧНО УПОРЯДОЧЕННЫХ СРЕД**

Градов О.В. (ИНЭПХФ)

gradov@chph.ras.ru; gradov@center.chph.ras.ru

Рассматриваются возможности участия мембранных ионных каналов и пор в биогенном синтезе минералов и биогенном метаморфизме геохимических частично упорядоченных сред. Приводятся данные (таблицы) соответствия селективности ионных каналов / пор с конкретными минеральными ионогенами. Приводится ряд блок-схем взаимодействий на поверхности формируемых и модифицируемых минералов (с учетом явлений сорбции и катализа). Рассматриваются возможности лабораторного воспроизведения данных форм минерации и их компьютерной симуляции. Рассматриваются возможности разработки и внедрения базы данных подобных эффектов с привязкой к данным спектральных методов для идентификации («фингерпринтинга») конкретных форм процесса. Вводится понятие каналомных дескрипторов для характеристики данных процессов. В рамках классических представлений о делении метаморфизма на химический (абиогенный) и биогенный (М.С. Гуревич, 1958), обусловленный жизнедеятельностью микроорганизмов, предлагается ряд ключей идентификации соответствующих режимов. Делается акцент на коллоидный (или – более широко – soft matter) характер данных процессов, обусловленный молекулярными аспектами строения микроорганизмов и соответствующих ионных каналов, и дисперсным строением большинства доступных для биогенного метаморфизма геохимических систем со свойствами частично упорядоченных сред.

**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ФТОРСОДЕРЖАЩЕГО СОДАЛИТА
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)**

**Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Щекина Т.И., Якубович О.В.,
Вигасина М.Ф. (МГУ, ИЭМ)**

t-shchekina@mail.ru; тел.: (495)9392040, kotelnik@iem.ac.ru; тел.: (965)244425

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

Впервые при температурах 400-800°C и давлениях H₂O 1-2 кбар в системе Si-Al-Na-H-O-F синтезирован фтор-содалит. Исследования методами рентгенографии и инфракрасной спектроскопии показали, что фтор в структуру содалита входит в виде анионных октаэдрических групп [AlF₆]³⁻, число которых может меняться от 0 до 1. Соответственно крайними членами ряда фтор-содалита являются Na₇(H₂O)₈[Si₅Al₇O₂₄] и Na₈(AlF₆)(H₂O)₄[Si₇Al₅O₂₄]. На соотношение главных составных частей предположительно влияет вхождение в его состав группы Al(OH)₆³⁻. В зависимости от состава системы при 500-650°C фтор-содалит ассоциирует с нефелином, альбитом, криолитом и виллиомитом, к которым ниже 500°C добавляется анальцит, а выше 650°C – алюмосиликатный расплав. Впервые обнаружен фторсодержащий сульфат-хлор-содалит в образце из пегматита Ловозерского массива. Наиболее фтористая разновидность природного содалита содержит долю фтористого минала, равную 0,2. Вхождение фтора в содалит требует более значительных затрат энергии, чем ионов Cl⁻ и SO₄²⁻, поскольку сопровождается перестройкой структуры, включающей переход тетраэдрического алюминия в октаэдрический.

**РАСПЛАВ/ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В АЛМАЗАХ МЕСТРОЖДЕНИЯ им. М.В.ЛОМОНОСОВА:
РЕКОНСТРУКЦИЯ СОСТАВА АЛМАЗООБРАЗУЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Григорьева А.В., Бобров А.В., Криулина Г.Ю. (МГУ), Зедгенизов Д.А. (ИГМ СО)

grigoryeva_av888@mail.ru; тел.: 89163395175

Поддержка: РФФИ (грант № 17-55-50062).

Изучены расплав-флюидные включения в алмазах месторождения им. М. В. Ломоносова (Архангельская алмазоносная провинция). По результатам изучения морфологии, особенностей внутреннего строения, наличия и распределения микровключений в алмазах из представительной коллекции (31 кристалл) были отобраны 11 монокристаллов. Методом рентгено-спектрального анализа в них определен химический состав микровключений и получены дополнительные сведения по химическому составу методом ИК-спектроскопии. Для некоторых кристаллов зафиксирована люминесценция. Отобранные алмазы представлены I, II и IV разновидностями по классификации Ю.Л. Орлова. Для кубов характерна желто-зеленая либо грязно-серая окраска кристаллов, в то время как октаэдры в большинстве своём бесцветны.

В результате проведенных исследований, экспериментально выявлено наличие в спектрах ИК - поглощения кристаллов алмаза азотных А-, В1- и В2-центров.

По результатам изучения состава микровключений среди кристаллов алмаза были выделены несколько групп. Часть кристаллов характеризуется высоким содержанием Si-Al составляющей (силикаты), а также присутствием существенной концентрации воды. Другую группу отличает высокое содержание Са+Mg+Fe составляющей (карбонаты). В целом, оценка состава материнской алмазообразующей среды, впервые проведенная для алмазов Архангельской провинции, устанавливает ведущую роль водосодержащих силикатно-карбонатных расплавов с широким диапазоном концентрации силикатных компонентов.

ВЕСЭМПГ-2017 - 030

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ПОВЕЛЛИТА CaMoO_4 В
СЛАБОКИСЛЫХ РАСТВОРАХ ПРИ 573 К**

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

dadze@iem.ac.ru; тел.: (496522) 58 48

Грант РФФИ №15-05-0225.

Изучена растворимость повеллита CaMoO_4 в разбавленных растворах HCl или HClO_4 (от 10^{-4} до ~ 0.03 м) при температуре 573 К и давлении ~ 100 бар. Кристаллический молибдат кальция получен спеканием CaCO_3 и MoO_3 . опыты проводились в титановых автоклавах из сплава ВТ-8, предварительно пассивированных 20% азотной кислотой при 573 К в течение суток. Давление в автоклавах задавалось коэффициентом заполнения по PVT – данным воды. Навеска CaMoO_4 помещалась в титановый контейнер, который подвешивался на обтюратор в верхней части автоклава. Состав твердых фаз до и после опытов контролировался рентгеноструктурным анализом, который показал, что после опытов в твердой фазе присутствовал только кристаллический CaMoO_4 . Концентрацию молибдена в растворах определяли колориметрическим методом на приборе Specol-11 при $\lambda=453$ нм и контролировали методом потери веса. Растворимость повеллита увеличивается с ростом концентрации кислоты. Полученные данные удовлетворительно описываются формами HMoO_4^- и $\text{H}_2\text{MoO}_4(\text{p-p})$, энергии Гиббса которых вычислены ранее из данных по растворимости MoO_3 в растворах кислот, демонстрируя внутреннюю согласованность величин растворимости этих фаз.

**БИОГЕОХИМИЯ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В УСЛОВИЯХ АРДОНСКОГО
ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СУБРЕГИОНА БИОСФЕРЫ**

**Данилова В.Н, Хушвахтова С.Д., Тютиков С.Ф., Дегтярёв А.П., Сафонов В.А.,
Гуляева У.А., Кречетова Е.А., Ермаков В.В. (ГЕОХИ)**

val1910@mail.ru; тел.: 8(499)137-47-73

Горные территории являются наиболее сложными таксонами биосферы с геоморфологической и биогеохимической (БГХ) точек зрения. Рассматривая биогеохимическую дифференциацию горных территорий необходимо учитывать внешние и внутренние факторы миграции вещества, связанные как с особенностями коренных пород, так и с высотными и физико-химическими факторами. При этом увеличение экологического риска здесь связано с природными явлениями: вулканизмом, наводнениями, селями, землетрясениями, оползнями, эрозионными процессами и т.п. Из антропогенных воздействий в горных районах большую опасность представляет накопление отходов в хвостохранилищах обогатительных фабрик и отвалов пород. В результате стихийных бедствий или при нарушении условий хранения такого материала возможна миграция токсичных компонентов в населенные пункты и сельскохозяйственные территории. В данной работе представлены материалы по биогеохимической оценке загрязнений поймы горной реки Ардон тяжелыми металлами в результате длительной эксплуатации полиметаллических месторождений Садонского рудного района.

Используя новые методы биогеохимической индикации, изучены специфические реакции растений и животных на изменение уровня содержания микроэлементов (Pb, Cd, Cu, Zn, As, Se и др.) в абиотических компонентах среды бассейна р. Ардон (Северная Осетия). Под влиянием природных и техногенных факторов происходит локальное увеличение содержания Pb, Cd, Cu, Zn и As в почвах и организмах по сравнению с фоновыми территориями. Содержание тяжелых металлов в водах р. Ардон находится в пределах гигиенических нормативов.

На техногенных участках снижается видовое богатство растений, биомасса укосов и проективное покрытие травянистой растительности до 40%, наблюдается угнетение роста растений, хлорозы, некрозы и деформация листовой пластины. Выявлен новый вид-металлофит *Cladochaeta candidissima* (M. Vieb.) – кладохета чистейшая.

Повышенный уровень свинца и мышьяка в почвах и растениях поймы р. Ардон сопровождается увеличением их концентраций в крови и волосах животных, что рассматривается как фактор экологического риска.

**ИЗУЧЕНИЕ ВХОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ АНДЕЗИТОВОГО РАСПЛАВА
В ПЛАТИНОВЫЙ КОНТЕЙНЕР**

Девятова В.Н., Шапошникова О.Ю.(ИЭМ), Симакин А.Г. (ИЭМ, ИФЗ)

dev@iem.ac.ru; тел.: +7-496-522-5852

Для работы с андезитовым расплавом, в целях предотвращения ухода железа из расплава платиновые ампулы обогащались железом. В восстановительной атмосфере высокотемпературной печи с CrLa нагревателями при 1атм. в открытых ампулах при первоначальном содержании железа в расплаве $FeO_{total} = 5.9 \text{ wt.}\%$, ($FeO/Fe_2O_3 \sim 1$) за 1 час при 1400°C на стенках ампул образовалось соединение $FePt_3$ (33 at.%). В печи с силитовыми нагревателями, при использовании графитовых контейнеров, за 1 час при $T=1250^\circ\text{C}$ содержание железа достигает $\sim 14 \text{ at.}\%$. Железо восстанавливается водородом, поступающим через стенки ампулы из сосуда УВГД, поэтому одновременно с потерей железа расплав обогащается водой. Для закрытых ампул при выдержке 1 час в восстановительной атмосфере при $P=1\text{атм}$ и $T=1500^\circ\text{C}$ содержание железа в стенках ампул равно нулю, при $P_{H_2O}=3\text{Кбар}$ $T=1250^\circ\text{C}$, длительности 1 сутки, при летучести водорода характерной для установки УВГД содержание железа на поверхности стенок ампул составляет 9 at.%. При $T=1000^\circ\text{C}$ $P_{H_2O}=5 \text{ Кбар}$ и длительности 2 суток уход железа из водосодержащего андезитового расплава в стенки нежелезистой платиновой ампулы привел к полному исчезновению амфибола и кристаллизации Crx.

ЗОНАЛЬНОСТЬ ФОСФОРА В ЛУННЫХ ФОСФОРИСТЫХ ОЛИВИНАХ

**Демидова С.И., Рязанцев К.М., Кононкова Н.Н. (ГЕОХИ), Нтафлос Т. (Ун-т Вены),
Брандштеттер Ф. (Музей естественной истории Вены)**

demidova.si@yandex.ru; тел.: 8 (495) 939 70 19

*Работа выполнена при поддержке Российской Академии Наук (Программы №7
Президиума РАН), гранта РФФИ №16-05-00695.*

Фосфор – важный второстепенный элемент лунных пород, который обычно присутствует в них в виде фосфатов (мерриллит, апатит) и фосфидов (г.о. шрейберзит). Однако недавно в них обнаружен еще один потенциальный носитель фосфора – оливин. Редкие зерна фосфористого оливина (содержащего до 0.5 мас.% P_2O_5) были обнаружены в образцах «Луны-16», «Луны-20», «Apollo-14» и в лунных метеоритах Dhofar 025, 961, 287. Оливин является распространенной ликвидусной фазой лунных магм. Проявление зональности фосфора в оливине и ее хорошая сохранность вследствие медленной скорости диффузии делают фосфор важным индикатором магматических процессов. Зональность фосфористых оливинов была детально изучена в двух фрагментах магматических пород «Луны 20» и в оливин-ортопироксеновом объекте метеорита Dhofar 961. Исследованные оливины обладают разными типами зональности. Оливины «Луны-20» имеют такой же осцилляторный тип зональности фосфора, как земные и марсианские магматические оливины, тогда как оливин метеорита Dhofar 961 обладает сглаженной концентрической зональностью, что свидетельствует о различиях в процессе образования.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯДРА
КОМЕТЫ 67P/Чурюмова-Герасименко ПО ДАННЫМ МИССИИ «ROSETTA» И
КОСМОХИМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ ИЗ НИХ**

Дорофеева В.А. (ГЕОХИ)

dorofeeva@geokhi.ru; тел.: 8 (495) 939 70 60

Работа частично поддержана Программой №7 Президиума РАН.

В докладе изложены основные результаты исследований химического состава ядра короткопериодической кометы 67P/Чурюмова-Герасименко, полученные в ходе космической миссии «Rosetta» ЕКА в до- и постперигельный период с августа 2014 г. по декабрь 2015 г. Состав ядра 67P определялся в основном по составу вещества комы. Анализ этих данных позволяет сделать ряд выводов, которые существенно меняют наши представления о составе, механизмах дегазации и условиях происхождения комет разных динамических типов. Среди таких результатов особо следует отметить: 1) мелкомасштабную гетерогенность вещества ядра, что исключает возможность образования кометных ядер по традиционному механизму гравитационного коллапса; 2) существенную роль вторичных процессов при дегазации, предположительно связанных с изменением структуры льда воды; 3) получение значения D/H в молекуле воды более чем в три раза превышающее земное, а также известных до настоящего времени значений D/H двух других комет семейства Юпитера, что ставит под сомнение тезис о том, что образование комет этого динамического типа связано с поясом Койпера.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БАКТЕРИЙ
НА ПОВЕДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ**

Дроздова О.Ю., Лапицкий С.А. (МГУ)

drozdova_olga@yahoo.fr; тел.: 8 (495) 939 29 61

Гранты РФФИ №15-05-05000; №16-55-150002.

Работа посвящена изучению циклов основных элементов в почвах, контролируемых жизнедеятельностью микроорганизмов. Целью исследования являлась оценка процессов сорбции – десорбции, происходящих в системе почва – металл – бактерии, и биодеградации органических соединений.

Результаты работ показывают, что в присутствии бактерий (*Pseudomonas aureofaciens*) подвижность металлов в почвах изменяется и некоторые из них будут способны относительно легко переходить в раствор и поступать в поверхностные воды.

Проведенные эксперименты по биодеструкции показывают, что водорастворимые органические вещества разрушаются в почве наиболее интенсивно в первые четыре дня. Это так же влияет на изменение форм металлов. Поэтому для изучения химического состава и разрушения почвенного органического вещества нужно использовать свежие образцы.

Полученные данные дают возможность оценить влияние микробной активности на биогеохимические циклы элементов вследствие различных процессов, происходящих параллельно. Результаты важны для лучшего понимания роли бактерий в процессе мобилизации элементов из почв, происходящих в природе, и улучшения стратегий реабилитации загрязненных территорий.

**ОСНОВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА СТЕПЕНЬ ГИДРАТАЦИИ
СИЛИКАТНОГО ВЕЩЕСТВА В ТИТАНЕ**

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

dunaeva.an@gmail.com; тел.: 8-916-705-6405

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

В ряде работ, посвященных исследованию внутреннего строения Титана, предполагается, что внутреннее ядро спутника содержит значительное количество гидратированных силикатов, т.к. гидратация хондритового вещества, вероятно, является относительно распространенным процессом в ледяных объектах, формирование которых связано с плавлением льда. Однако вопрос о степени гидратации силикатного вещества, а также о стабильности гидросиликатов в масштабах геологического времени остается неясным. В литературе обсуждаются как модели, допускающие долговременную устойчивость гидросиликатов в ядре Титана, так и модели, учитывающие возможное обезвоживание гидратированного вещества, приводящее к образованию в центре спутника крупного ядра силикатного состава. В настоящей работе методами расчетного моделирования определен допустимый диапазон содержания гидросиликатов в Титане. В качестве геохимического индикатора для более точного определения степени гидратации силикатов использовалось соотношение вода/порода в спутнике.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАВИТАЦИИ КАК ВОЗМОЖНОГО ПРОЦЕССА СИНТЕЗА АЛМАЗА В ПРИРОДЕ

Душенко Н.В., Днестровский А.Ю., Воропаев С.А. (ГЕОХИ)

dushenko@geokhi.ru; тел.: 8(929) 564 4056

В природе встречаются несколько групп алмазов, различающихся по условиям образования и размерам. Это макроалмазы (кимберлитовые, размеры 1-10 мм), микроалмазы (газофазные, размеры от 1-100 мкм) и наноалмазы (метеоритные, размером 1-10 нм). Главную роль в генезисе кимберлитовых трубок играют водородно-метановые пузыри, собирающиеся в верхних слоях мантии и обеспечивающие разрыв коры. По гипотезе академика Э.М. Галимова, при быстром прорыве флюида на поверхность, формируется канал с переменным сечением и возникает гидродинамическая (ГД) кавитация. Физико-химические процессы, происходящие при коллапсе кавитационных газовых пузырьков могут обеспечивать термодинамические условия перехода углерода в алмаз.

Для экспериментальной проверки возможностей кавитации была разработана установка с циркуляцией жидкости и профилированным соплом. На изготовленных соплах были проведены эксперименты с изопропиловым спиртом в условиях гидроудара. Получены первые предварительные подтверждения возможности синтеза наноалмазов и алмазоподобных кристаллических структур при ГД кавитации. Проведены численные расчеты в ANSYS для оптимизации работы сопла и установки в целом.

ВЕСЭМПГ-2017 - 038

ОЦЕНКА ЭНЕРГИЙ ГИББСА ОБРАЗОВАНИЯ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ
БЕРИЛЛИЕВОГО ИНДИАЛИТА

Еремин О.В. (ИПРЭК СО), Михайлов М.А., Бычинский В.А. (ИГХ СО)

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

На основе термодинамических характеристик берилла и кордиерита получены инкременты стандартных энергий Гиббса для составляющих минералы оксидов. По аддитивной схеме оксидных инкрементов рассчитано значение энергии Гиббса бериллиевого индиалита - $Mg_2BeAl_2Si_6O_{18}$. Полученные данные могут быть использованы в оценках свободных энергий синтетических бериллиевых индиалитов в системе Be-Mg-Al-Si-O переменных стехиометрических составов.

ВЕСЭМПГ-2017 - 039

**ОЦЕНКА СТАНДАРТНЫХ ЭНЕРГИЙ ГИББСА МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ АЛУНИТА ИЗ
ЗОНЫ ГИПЕРГИНЕЗИСА ОЛОВО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ШЕРЛОВАЯ ГОРА (ЗАБАЙКАЛЬЕ)**

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

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

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

Для минералов комплексных составов группы алунита – филипсборнитов, сегнетитов, бёдантитов, биверитов и ярозитов, обнаруженных на отвалах олово-рудного месторождения Шерловая Гора, рассчитаны стандартные энергии Гиббса образования из элементов на основе метода аддитивности составляющих оксидов и кристаллизационной воды со средним значением $G(H_2O_{cr}) = -250$ кДж/моль для минералов классов арсенатов и сульфоарсенатов железа, свинца, цинка и меди. Полученные характеристики для 41 минерала внесены в базу данных ПК «Селектор» и могут быть использованы в геохимических расчётах с их участием.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО
ВЕЩЕСТВА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Ермина О.С., Стенников А.В., Бычков А.Ю. (МГУ)

oermina6@yandex.ru; тел.: 8 (985) 728 36 71

РНФ 15-17-00010.

В последнее время получены экспериментальные данные, показывающие, что гидротермальное воздействие на породы с высоким содержанием органического вещества (керогена) позволяет получить дополнительные количества углеводородов. Цель данной работы – выявление закономерностей генерации нефти из органического вещества, не подвергшегося воздействию диагенеза и катагенеза. Было проведено 3 эксперимента по гидротермальному преобразованию сапропелевых осадков при 300°C и давлении насыщенного пара воды. Было исследовано влияние различных минералов, продолжительности воздействия и состава раствора. В результате получили следующие значения выходов нефти в процентах от массы сапропеля: без минеральной фазы – 0,75%, с цеолитом - 0,86%, с кальцитом-1,16%; с разными растворами: CaCl₂ - 0,44%, с Na₂CO₃ - 0,46%, с NaCl - 0,73%, с HCl - 0,65%.

Результаты показали, что присутствие хлоридов повышает образование нефти. Среди минеральных фаз наибольший выход нефти обнаружился при добавлении кальцита. Увеличение продолжительности опыта до 14 суток приводит к закономерному увеличению количества синтетической нефти. Результаты экспериментов показали возможность образования нефти из осадков, содержащих большое количество органического вещества за счет термального преобразования.

ВЕСЭМПГ-2017 - 041

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ВЫСОКОРАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ

Жариков А.В. (ИГЕМ), Лебедев Е.Б. (ГЕОХИ)

vil@igem.ru; тел.: +7(499)2308285

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 17-05-01065).

На основе результатов определений физических свойств пород участка Енисейский, анализа данных, полученных для объектов-аналогов при стандартных условиях, а также при высоких температурах и давлениях, сделан прогноз их изменения при нагревании вследствие тепловыделения ВАО. Рассмотрена наиболее консервативная оценка: нагревание до максимальных температур 600 - 700°C не только в сухих условиях, но и в условиях водонасыщения. Причем, в последнем случае процессы растворения-переотложения, которые могут приводить к залечиванию микротрещин и коагуляции пор не активны.

Установлено, что характер изменений фильтрационных и физико-механических свойств определяется их составом (чем выше содержание кварца, тем интенсивней разуплотнение), и изменениями микроструктуры пород при нагревании (открытием межзерновых границ).

Установлено также, что интенсивность изменения физических свойств пород изменяется с ростом температуры и зависит от характера флюидонасыщения пород. Этими же факторами определяется обратимость изменений физических свойств при нагревании.

ВЕСЭМПГ-2017 - 042

**НОВЫЙ МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ
ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД**

Жариков А.В., Мальковский В.И. (ИГЕМ)

vil@igem.ru; тел.: +7(499)2308285

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 17-05-01065).

Разработана принципиально новая методика экспериментальных исследований проницаемости образцов горных пород с использованием для фильтрации термодинамически подобного воде флюида - CO₂ при околокритических параметрах. Разработаны теоретические основы методики и схема экспериментальной установки. Рассмотрена возможность влияния существенно переменных свойств флюида на его фильтрацию через породы в двухфазной или околокритической области параметров состояния. Показано, что CO₂ термодинамически подобен воде и может использоваться для физического моделирования течения водного флюида через образец горной породы при *PT*-параметрах, соответствующих двухфазной или околокритической области состояния. Проведены расчеты регулировочных параметров, определяющих условия эксперимента.

ЦИРКОНЫ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА КРИСТАЛЛОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

Жаркова Е.В., Кадик А.А. (ГЕОХИ)

zharkova@geokhi.ru; тел.: 8(495)939 70 78

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 17-05-00713.

В работе проведены электрохимические измерения собственной летучести кислорода (fO_2) девяти образцов кристаллов циркона (*коллекция Е.В.Бибиковой*) из различных по возрасту магматических и метаморфических комплексов континентальной коры с целью определения возможной эволюции окислительно-восстановительного режима литосферных слоев верхней мантии во времени. Измерения fO_2 кристаллов проводились на высокотемпературной установке на основе двух твердых электролитов в режиме от 800° до 1100° С. В результате проведенных экспериментов можно сделать следующие заключения: 1). Значения fO_2 цирконов из древнейших тоналитов (ортогнейсов) Омолонского массива (Сибирь) возраста 3500 млн. лет и из гранитоидов гранит-зеленокаменной ассоциации (Среднее Приднепровье) возраста 3000 млн. лет свидетельствуют о том, что окислительно-восстановительное состояние литосферных слоев верхней мантии в докембрии были близки к буферному равновесию WM. В целом эти значения fO_2 близки к окислительно-восстановительному состоянию "сухих" перидотитов верхней мантии с низкой степенью деплетирования. 2) Измерения собственной летучести кислорода цирконов их магматических и метаморфических комплексов коры различного возраста свидетельствуют о том, что коровое вещество не несет ясных признаков эволюции окислительно-восстановительного режима верхней мантии во времени.

РАСТВОРЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА В ГЕТЕРОГЕННОЙ СРЕДЕ ПРИ 4 ГПа И 1400°C

Жимулев Е.И., В. М. Сонин В.М. (ИГМ СО)

Oda_stk@mail.ru; тел.: 8(383)3066403

Сложные иррегулярные формы алмазов могут формироваться при растворении в гетерогенной среде. К таким системам относятся металл (сульфид) – силикатные расплавы [Kadik et al., 2014].

В настоящем исследовании впервые реализован процесс травления синтетических кристаллов алмаза при 4 ГПа, и 1400°C в гетерогенном растворителе - серосодержащий расплав железа с добавлением кимберлита, (Fe – 81 мас.%, S – 14%, кимберлит – 5%). Установлено, что в процессе растворения кристаллы алмаза трансформируются в кривогранные индивиды октаэдрического габитуса. Роль силикатных добавок (5 мас.%) заключается в локальном экранировании поверхности алмазов с формированием бугорков травления.

Возможно, морфологически сложная форма природных алмазов, характерная, например, для алмазов типа II обусловлена процессами растворения в мантии Земли в гетерогенных по составу средах. К наиболее вероятным таким средам относятся металл-сульфид-силикатные расплавы, обладающие несмесимостью компонентов с разными величинами растворимости углерода.

ВЫСОКО- И НИЗКОТИТАНОВЫЕ РАСПЛАВЫ В КОНТАЙСКОЙ ИНТРУЗИИ

Зайцев В.А. (ГЕОХИ)

Va_zaitsev@inbox.ru; тел.: 8 (495) 939 70 63

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант 15-17-30019).

Контайская интрузия (Полярная Сибирь) представляет собой локолитообразное тело диаметром около 7.5 и мощностью около 2.5 км. (Кушнир, 2005), дифференцированное от ортопироксен-содержащих биотитовых габбро до граносиенитов.

Изучение состава минералов в нижней, наименее дифференцированной части интрузии показал присутствие двух генераций породообразующих минералов: cPx (2-2.5% Al₂O₃, 1-1.2% TiO₂, 0.2-0.3 % MnO)+oPx+ PL(An₅₂-An₆₀) и cPx(0.5-1.4% Al₂O₃, 0.2-0.6% TiO₂, 0.3-0.4 % MnO) +Vi+Pl (An₃₂₋₂₉Ab₆₃₋₆₅Or₅₋₇). Используя данные о коэффициентах распределения оценен состав расплава, равновесный с данными минералами. Состав расплава, равновесный с первой минеральной ассоциацией принадлежит высокотитанистой серии (как и породы нижней части интрузии), тогда как со второй ассоциацией – низкотитанистой серией (как и породы средней и верхней частей интрузии), выделяемым (Ivanov&Balyshev, 2005). Однако, масс-балансовые расчеты показали, что магма, аналогичная по составу низкотитанистым породам интрузии может быть получена из магмы, отвечающей по составу нижним частям массива фракционированием минеральной ассоциации cPx+Pl+Ti-Mt с составами, аналогичными наблюдаемым. Это демонстрирует возможность конвергенции между двумя сериями магм.

ВЕСЭМПГ-2017 - 046

**ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ДАВЛЕНИЯ РАСТВОРИМОСТИ ОЛОВА
В ПАРОВОЙ ФАЗЕ В СИСТЕМЕ H_2O-SnO_2**

Закиров И.В., Суворова В.А., (ИЭМ), Осадчий В.О. (МГУ)

lera@iem.ac.ru; тел.: (496) 522 2554

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-17-00366.

Получены предварительные результаты по определению содержания олова в паровой фазе на кривой кипения в бинарной системе H_2O-SnO_2 при давлениях 260-300 атм. В указанных условиях олово присутствует в паровой фазе предположительно в форме гидроксида – $Sn(OH)_4$. Опыты выполняются, как и при изучении температурной зависимости, на оригинальной установке (Закиров, Сретенская, 1994) с внутренней ампулой, позволяющей отбирать пробу пара *in situ*. Анализ закалочных растворов (конденсата), отобранных в ходе опытов, выполняется методом ICP-MS. Эти данные требуют уточнения. Исследования должны быть продолжены.

**ЛАЗЕРНЫЙ УЛЬТРАЗВУК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ
ЗВУКОВЫХ ВОЛН В ЖЕЛЕЗЕ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ**

Зинин П. В. (ИТЦ УП)

zosimpvz@mail.ru; тел.: 8 (495) 334 76 74

Прямые измерения скоростей звука и упругих свойств минералов при высоких давлениях и температурах - это ключ к пониманию сейсмической информации, позволяющий нам получить количественные характеристики, такие как: химический состав, минералогия, температура и предпочтительная ориентация минералов. Железо считается основным элементом ядра Земли, в этой связи прилагаются значительные усилия для того, чтобы определить его свойства в условиях высоких давлений и температур. В работе рассматривается новый метод измерения скоростей продольных и поперечных волн в слое железа при высоких давлениях и температурах в ячейке высокого давления методом лазерного ультразвука в конфигурации «точечный источник - точечный приемник». Представлены результаты по измерению скоростей продольных и сдвиговых акустических волн в железе под высоким давлением вплоть до 52 ГПа, при комнатной температуре, а также при давлении 22 ГПа и температуре 2600 К.

ВЕСЭМПГ-2017 - 048

МОЛОДАЯ СИСТЕМА ЗЕМЛЯ–ЛУНА, КАК МАШИНА ЖИЗНИ

Иванов А.А. (ГЕОХИ)

aiva@geokhi.ru; тел.: 8(915)3789394

Для зарождения жизни, кроме условий и необходимого субстрата требуются и регулярные источники широкого диапазона энергии.

До настоящего времени из предполагаемых источников энергии в основном рассматривались, такие как гидротермальные, УФ – генерация Солнца, электрические атмосферные разряды, метеоритные удары. Однако в полной и достаточной мере эти источники не могли обеспечить регулярный спектр энергий, требуемых для синтеза и деструкции органических соединений.

В настоящей работе предлагается рассмотреть новый источник энергий.

На стадии Молодой Земли, около 4 млрд. лет назад, система Земля – Луна являлась мощным источником генерации энергии приливных волн, которые являлись причиной широкого диапазона вторично возникающей энергии при кавитации. Такой мощный и регулярный источник энергии способен обеспечить синтез и деструкцию, требуемых для предбиологической стадии органических соединений.

Кроме того, при кавитационной генерации энергии, её источник – точечный, что имеет большое преимущество при синтезе химически активных комплементарных структур, локализованных в микрообъёме протоклетки.

Возможность экспериментально подтвердить, или опровергнуть теоретические предпосылки и доводы рассматриваемой концепции позволяет полнее понять природу зарождения жизни.

**РАСТВОРИМОСТЬ И ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ АЗОТА И УГЛЕРОДА
В БАЗИТОВЫХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ, РАВНОВЕСНЫХ
С ЖИДКИМИ СПЛАВАМИ ЖЕЛЕЗА ПРИ 1.5 ГПа, 1400°C И
ЛЕТУЧЕСТЯХ КИСЛОРОДА, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ РАННЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ**

**Кадик А.А., Луканин О.А., Куровская Н.А., Игнатъев Ю.А.,
Крюкова Е.Б. (ГЕОХИ), Колташев В.В. (ИЦВО, ГЕОХИ)**

lukanin@geokhi.ru; Kurum46@mail.ru; тел.: 8(499)137 30 55

РФФИ 17-05-00713.

Определены содержания и формы нахождения азота, углерода и водорода в магматических расплавах базитового состава, равновесных с жидкими сплавами Fe, при 1.5 ГПа, 1400°C и летучести кислорода (f_{O_2}) на 1.4–1.9 лог.единицы ниже буфера Fe–FeO ($\Delta \lg f_{O_2}(IW) = -1.4 \dots -1.9$). Эксперименты проводились на установке типа цилиндр–поршень в запаянных Pt ампулах в присутствии избытка C (графита). Исходная смесь состояла из природного ферробазальтового стекла и нитрида кремния (Si_3N_4), как источника азота в системе. Установлено, что в стеклах с понижением $\Delta \lg f_{O_2}(IW)$ от -1.4 до -1.9 содержание N повышается от 0.13 до 0.44 мас.%, содержание C остается в первом приближении постоянным: 1.18 – 1.13 мас.%, а общее содержание воды ($OH^- + H_2O$), определенное методом ИК спектроскопии, уменьшается от 4.91 до 1.20 мас.%. В сплаве Fe определены содержания N (0.13 – 0.48 мас.%) и C (0.75-2.26 мас.%), которые не обнаруживают четкой зависимости от f_{O_2} . Исследование стекол методами ИК и КР спектроскопии свидетельствует о формировании в силикатных расплавах молекул и комплексов со связями N–H (NH_3 , NH_2^- , NH_2^+ , NH_4^+), H–O (H_2O , OH^-), C–H (CH_4), а также молекул N_2 и H_2 . ИК спектры обнаруживают также комплексы со связями C=O, C–N и молекулы CO_2 . Полученные данные сравниваются с результатами ранее проведенных исследований по растворимости и формам нахождения N, C и H в модельных расплавах системы FeO–Na₂O–SiO₂–Al₂O₃, равновесных с жидкими сплавами железа при 1.5 (1400°C) и 4 ГПа (1550°C) (Кадик и др., 2011, 2015). Показано, что в изученном интервале P (1.5-4 ГПа) и f_{O_2} (IW-1.4...-3) азот проявляет умеренно сидерофильные свойства, распределяясь преимущественно в металлическую фазу. Полученные данные подтверждают вывод о высокой устойчивости OH^- и H_2O в сильно восстановленных расплавах. Это может объяснить образование в ранней восстановленной мантии водосодержащих минеральных фаз.

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ Fe, Ni, Co и P МЕЖДУ СИЛИКАТНЫМ РАСПЛАВОМ И РАВНОВЕСНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗОЙ ПРИ 1550°C, 4 ГПа и НИЗКИХ ЗНАЧЕНИЯХ f_{O_2}

Кадик А.А., Цехоня Т.И., Луканин О.А., Павлова Л.Ф., Колташев В.В., Крюкова Е.Б., Кононкова Н.Н., Сенин В.Г. (ГЕОХИ РАН)

tsekhonya@geokhi.ru; lukanin@geokhi.ru 8 (499) 137 44 72

РФФИ 17-05-00713, Программа 22 П Президиума РАН.

Проведена серия экспериментов в модельной системе $NaAlSi_3O_8+FeO+SiC+NiO+CoO+NaH_2PO_4$ при 1550°C, 4 ГПа и летучестях кислорода (f_{O_2}) на 1-3.7 лог.ед. ниже буфера железо-вюстит (IW), чтобы оценить влияние C–O–H летучих соединений на фракционирование Ni, Co и P между силикатным расплавом и жидкой металлической фазой при редокс условиях, соответствующих сегрегации металлической фазы в продуктах плавления ранней восстановленной мантии Земли. Установлено, что коэффициенты распределения Ni, Co, P между силикатными расплавами, содержащими C–O–H летучие компоненты, и сплавами Fe–Ni–Co–P–C ($D_{met/sil}$) имеют более низкие значения по сравнению с $D_{met/sil}$ для равновесий силикатный расплав–металл без летучих в системе при аналогичных величинах f_{O_2} , P , T и NBO/T . С понижением f_{O_2} и, соответственно, с увеличением содержания углерода и водорода в силикатных расплавах, эти различия возрастают. При $\Delta \log f_{O_2}(IW) = -3.7$ $D_{met/sil}$ для Ni и Co уменьшается, примерно, на порядок, а для фосфора почти на два порядка. Таким образом, формирование молекул и комплексов C–O–H в силикатной жидкости приводит к существенному понижению сидерофильности этих элементов.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО АНТОФИЛЛИТА

**Киселева И.А., Огородова Л.П., Мельчакова Л.В., Вигасина М.Ф.,
Ксенофонтов Д.А., Брызгалов И.А. (МГУ)**

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

Антофиллит – магнезиально-железистый амфибол, входящий в изоморфный ряд антофиллит $Mg_2Mg_5[Si_8O_{22}](OH)_2$ – ферроантофиллит $Fe^{2+}_2Fe^{2+}_5[Si_8O_{22}](OH)_2$. Изучен образец из месторождения Кух-и-Лал (юго-зап. Памир, Таджикистан). На основании данных химического анализа была рассчитана его кристаллохимическая формула $Mg_{2.0}(Mg_{4.8}Fe^{2+}_{0.2})_{\Sigma=5.0}[(Si_{8.0})_{\Sigma=8.0}O_{22}](OH)_2$, которая оказалась близкой к конечному магнезиальному члену ряда. Рентгендифракционный спектр изученного минерала соответствует спектру ромбического амфибола – антофиллита, параметры элементарной ячейки, которого определены как: $a = 18.558\text{Å}$, $b = 17.931\text{Å}$, $c = 5.046\text{Å}$; $\alpha = \beta = \gamma = 90.0^\circ$, $V = 1679.1\text{Å}^3$. По спектрам ИК-поглощения исследованный амфибол был также идентифицирован как антофиллит. На микрокалориметре Тиана-Кальве методом растворения в расплаве $2PbO \cdot V_2O_5$ при $T = 973\text{ K}$ получена энтальпия образования из элементов природного антофиллита $\Delta_f H_{el}^\circ(298.15\text{ K}) = -12021 \pm 20\text{ кДж/моль}$. Оценены значения стандартных энтропии, энтальпии и энергии Гиббса образования конечного магнезиального члена изоморфного ряда $Mg_2Mg_5[Si_8O_{22}](OH)_2$.

**СИНТЕЗ ГАЛЛИЕВЫХ АНАЛОГОВ ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ
В СИСТЕМЕ $K_2O-Na_2O-CaO-Ga_2O_3-SiO_2$**

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

tatiana76@iem.ac.ru; тел.: 8(49652)25857

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. В предыдущих работах (Ковальская и др, 2014, 2015, 2016, Варламов и др. 2011, 2014) был детально изучен синтез фаз в системе эпидот–эпидот-Ga. В продуктах практически всех опытов, помимо эпидота, содержащего галлий в различных количествах, диагностировался галлиевый анортит. В связи с этим в данной работе рассматривается возможность вхождения галлия в структуру полевых шпатов. В ходе работы получены мелкие кристаллы Ga-альбита, Ga-анортита и Ga-калиевого полевого шпата методом перекристаллизации стехиометричных гомогенных стекол. Определены составы полученных фаз с помощью микрозондового метода. В дальнейшем будет проведен синтез твердых растворов альбит–Ga-анортит–Ga и альбит-Ga-КПШ–Ga.

**ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ПИРОКСЕНА В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОБАРНОЙ
ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫХ ЛАРНИТ-НОРМАТИВНЫХ РАСПЛАВОВ,
БЛИЗКИХ ПО СОСТАВУ К КИМБЕРЛИТАМ**

Когарко Л.Н., Филина М. И., Булатов В.К. (ГЕОХИ РАН)

kogarko@geokhi.ru

Работа выполнена при поддержке гранта 11П Президиума РАН № 0137-2015-0119.

Высококальциевые недосыщенные кремнеземом ларнит-нормативные расплавы являются родоначальными магмами ультраосновных-щелочных формаций мира, включающих мелелитовые породы, ийолиты, мельтейгиты, карбонатиты и нефелиновые сиениты агпайтового и миаскитового ряда. Фазовые равновесия в ходе плавления ларнит-нормативных мелелитовых магм изучены недостаточно в особенности в области повышенных давлений. В литературе имеются некоторые данные по экспериментальному моделированию плавления и кристаллизации расплавов с повышенной концентрацией кальция. Однако они заметно отличаются от природных составов.

В самой крупной в мире ультраосновной-щелочной провинции Полярной Сибири (Маймеча-Котуйская) развита мощная дайковая серия недосыщенных кремнеземом высококальциевых магм – мелелитовых нефелинитов, переходящих в кимберлиты. Среди этих пород очень часто встречаются дайки карбонатитов и карбонат-содержащих фонолитов и трахитов.

В настоящей работе впервые детально исследован состав пироксена в процессе кристаллизации ларнит-нормативного турьяита, состав которого был аналогичен природной дайковой породе Маймеча-Котуйской провинции.

Опыты были проведены на многопуансонном аппарате высокого давления. В опытах использовались кубические пуансоны, изготовленные из карбида вольфрама с треугольной рабочей поверхностью. Размер рабочей площадки равен 8 мм. Трубчатый LaCrO₃ нагреватель помещался в MgO + 5 мас. % Cr₂O₃ октаэдр. В качестве деформируемых уплотнений, запирающих сжимающий объем, использовали пирофиллитовые прокладки. Образцы (по два в каждой ячейке) размещали в платиновых капсулах, изолированных от нагревателя втулкой из MgO. Эксперимент проводился при давлении 8 ГПа и 2 –х температурах 1300С и 1800 С.

Для исследований из оксидов карбонатов синтезировалось стекло заданного состава. Необходимые количества исходного вещества помещались в капсулы из графита или спектрально чистого железа, либо вместе с дистиллированной водой и оксолатом серебра (источник двуокиси углерода) в платиновые и серебряно-палладиевые ампулы в случае опытов с летучими компонентами. Данные опытов, проведенных в сухих условиях, позволили построить диаграмму фазовых равновесий мелелитового нефелинита в координатах температура - давление. Эксперименты показали, что мелелитовый нефелинит характеризуется весьма широкими полями кристаллизации мелелита, клинопироксена и оливина, который является ликвидусной фазой вплоть до 30 кбар, что значительно превышает по давлению поле стабильности оливина в толеитовых и щелочных базальтах той же магнезиальности.

В процессе кристаллизации происходит изменение состава пироксена - с ростом температуры в пироксенах возрастают содержания алюминия и натрия, в то время как концентрации кремния, магния и железа имеют тенденцию к уменьшению. Глубинная высокотемпературная дифференциация магматических высококальциевых расплавов будет приводить к очень быстрому обеднению остаточных жидкостей алюминием и возникновению пересыщенных щелочами жидкостей. При высоких давлениях в пироксенах возрастает содержание калия и алюминия, увеличивается коэффициент распределения калия в пироксенах.

**ПЕРЕРАБОТКА СТЕКОЛЬНЫХ БОРОСИЛИКАТНЫХ МАТРИЦ В УСТОЙЧИВЫЕ
МИНЕРАЛЬНЫЕ ФАЗЫ**

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

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

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

lancerchg@gmail.com

Согласно принципу фазового и химического соответствия (ФХС) [Котельников и др, 1994] матрица с элементами ВАО должна быть стабильной в условиях земной коры, то есть находится в состоянии термодинамического равновесия с окружающими её породами. Однако современные стекольные матрицы не удовлетворяют этому условию, стекла не стабильны в условиях земной коры. Поэтому необходима переработка существующих стёкол.

Целью нашей работы была переработка боросиликатных стёкол. Проведён ряд опытов по кристаллизации модельного боросиликатного расплава, содержащего добавки Sr, Cs, Y, Ce (в количестве не более 12.5-15.0% от массы). Исследовано влияние деполимеризации и ликвации расплава на ход его кристаллизации. А также применён метод высаливания для лучшего выделения вещества. Синтезированы такие минеральные фазы как лопарит, Cs- содержащий нефелин и др.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАГЕНЕТИЧЕСКОГО
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА БИОТЫ ИЗ ГИДРОТЕРМ
КАЛЬДЕРЫ ВУЛКАНА УЗОН НА КАМЧАТКЕ. СВЯЗЬ С НАФТИДАМИ**

Коноплева И. В., Севастьянов В. С., Галимов Э. М. (ГЕОХИ)

konopleva@geokhi.ru; тел.: +7(499)137 5949

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда
по Соглашению № 14-17-00792.*

В зоне вулканической активности Камчатки, в районе гидротерм кальдеры влк. Узон обнаружены источники так называемой «молодой» нефти. Биомассу микроорганизмов и остатков растений в районе кальдеры, рассматривают в качестве источника органического вещества (ОВ) гидротермальных нафтидов.

С целью выяснения генетической связи между узонской нефтью и биотой, обитающей на территории кальдеры, нами с поверхности термальных озёрц были отобраны нефтяные пленки и живая биота. Для моделирования катагенеза образец биоты был подвергнут термогидролизу при 300°C в течение 24 ч. В образцах биоты до и после термогидролиза, а также в нефтепроявлениях был исследован состав биомаркеров. Биомаркеры позволяют выявлять генетические связи в ряду ОВ - нефть и определять их катагенетическую зрелость. В результате термобарического воздействия на биоту главные изменения произошли в ряду гопанов: исчезли биогапаны, изменилось соотношение гопанов в ряду С30-С35. Не обнаружено различия в соотношении биогапаны/геогапаны, что свидетельствует о слабом влиянии данных условий термогидролиза на катагенетическую зрелость ОВ биоты. По составу и распределению биомаркеров установлено генетическое единство нефтепроявлений с ОВ биоты.

**СПОСОБ ОЦЕНКИ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА В ВЫСОКОБАРНЫХ ЗАКАЛОЧНЫХ
ЭКСПЕРИМЕНТАХ С ПОМОЩЬЮ ЛИКВИДУСНЫХ ТЕРМОБАРОМЕТРОВ**

Коптев-Дворников Е.В., Бычков Д.А. (МГУ)

ekoptev@geol.msu.ru; тел.: 8 (915) 168 74 39

Значительная часть высокобарных закалочных экспериментов выполнена без контроля летучести кислорода. В то же время знание этого параметра в ряде случаев необходимо. Для разработки оливинового ликвидусного термобарометра из базы данных ИНФОРЭКС были отобраны данные о составах расплавов и сосуществующих оливинов из 513 одноатмосферных и 50 высокобарных экспериментов, выполненных в условиях контролируемой фугитивности кислорода. Обработка этой выборки методом многомерной статистики позволила получить коэффициенты в уравнениях для расчёта содержания миналов в оливине. Среди прочих для каждого минала были получены коэффициенты при $\lg fO_2$. Затем выборка была дополнена результатами 150 высокобарных экспериментов с неконтролируемой летучестью кислорода. Для 136 из них удалось подобрать такие значения $\lg fO_2$, при которых разница между экспериментальными и расчётными содержаниями миналов не превышает ± 2 мол.%. В тех же пределах находятся отклонения суммы минеральных миналов от 100%. Полученные значения эффективных $\lg fO_2$ перекрывают весь диапазон используемых экспериментаторами буферов от СОС до ММО (92% значений $\lg fO_2$ лежит пределах от QFM -4.5 до QFM +4.5).

ВЕСЭМПГ-2017 - 057

ЯЧЕЙКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОВОЛОЧНЫХ ОБРАЗЦОВ СПЛАВА Ag-Au
МЕТОДОМ ЭДС С ЭЛЕКТРОЛИТОМ НА ОСНОВЕ ГЛИЦЕРИНА В ТЕМПЕРАТУРНОМ
ДИАПАЗОНЕ 223.15 - 423.15 К И АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Корепанов Я.И., Осадчий Е.Г. (ИЭМ)

yakoff@iem.ac.ru тел.: 8 (496) 525849

Для проведения исследований была разработана и создана ячейка, данные с которой считывались уникальным комбинированным прибором с 24 каналами для синхронного измерения с 16 образцов и нескольких несвязанных с электродами образцов, аналогичных электроду сравнения (Ag проволока).

ВЕСЭМПГ-2017 - 058

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ФЛЮИДА (HF+HCl) НА ПОВЕДЕНИЕ МЕТАЛЛОВ (Ta, Nb, Mn, Fe) ПРИ РАСТВОРЕНИИ ТАНТАЛИТА ПРИ T = 550°C, P = 1000 БАР (БУФЕР Co-CoO)

Коржинская В.С. (ИЭМ)

vkor@iem.ac.ru; тел.: 8(496) 5225861

Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН и гранта РФФИ 15-05-03393-а.

Получены новые данные по растворимости природного танталита $(\text{Mn,Fe})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$ в смешанных флюидах (HF+HCl), которые позволили оценить равновесные содержания металлов (Ta, Nb, Mn, Fe) в растворах при T = 550°C, P = 1000 бар в присутствии кислородного буфера Co-CoO. Исходная концентрация HF изменялась от 0.01м до 2 м, а концентрация HCl оставалась постоянной и составляла 0.5 м. Сделан вывод, что в (HF+HCl) растворах танталит растворяется инконгруэнтно с преимущественным переходом в раствор Mn и Fe по сравнению с Ta и Nb. Проведено сравнение содержания тантала в чистых растворах HF, HCl в диапазоне концентраций 0.01 – 2 м с данными их содержания в смешанных растворах (HF+0.5м HCl).

ВЕСЭМПГ-2017 - 059

ПОВЕДЕНИЕ ОКСИДОВ НИОБИЯ И ТАНТАЛА, ПИРОХЛОРА И ТАНТАЛИТА В СМЕШАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ (HF+HCl) ПРИ T = 550°C И P = 1000 БАР

Коржинская В.С., Котова Н.П., (ИЭМ)

vkor@iem.ac.ru; тел.: 8(496) 5225861

kotova@iem.ac.ru; тел.: 8(496) 5225861

Работа выполнена при поддержке программы ОНЗ РАН и гранта РФФИ:15-05-03393-а.

Экспериментально изучены растворимости оксидов тантала и ниобия, а также природных минералов пирохлора $(Ca, Na)_2(Nb, Ta)_2O_6(O, OH)$ и танталита $(Mn, Fe)(Ta, Nb)_2O_6$ в смешанных флюидах (HF+HCl). Полученные данные позволили оценить равновесные содержания ниобия и тантала в растворах (HF+HCl) при T = 550°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. Проведен сравнительный анализ равновесных содержаний металлов Nb и Ta.

МИНЕРАЛЬНЫЕ МАТРИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФИКСАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ

**Котельников А.Р., Ковальский А.М., Тихомирова В.И., Ахмеджанова Г.М,
Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Бычков А.М. (ГЕОХИ РАН), Колпакова Т.Г. (ИЭМ РАН)**

kotelnik@iem.ac.ru; факс: 8(496 52)44425, тел.: 8(496) 5225857

Существующие методы иммобилизации радионуклидов в стекла не удовлетворяют требованиям безопасного хранения матричных материалов поскольку стекла являются метастабильными фазами.

Для иммобилизации элементов РАО в породах земной коры нами впервые сформулирован принцип фазового и химического соответствия в системе матрица – вмещающая порода, позволяющий проводить целенаправленный синтез определенных минеральных матриц.

Экспериментально синтезированы минеральные матрицы для иммобилизации щелочных и щелочноземельных, редкоземельных элементов – радионуклидов. Кроме того, разработаны и опробованы методики фиксации и выделения благородных металлов (компонентов РАО) и галогенидов (брома и йода). Проведенные испытания показали высокую стойкость синтезированных материалов к гидролитическому выщелачиванию.

Рассмотрены вопросы о переработке стекольных матриц (боросиликатных и алюмофосфатных стекол) в устойчивые кристаллические минеральные материалы. Экспериментально разработаны способы фиксации элементов РАО из стекол в твердые растворы минералов.

**РАСТВОРИМОСТЬ ПИРОХЛОРА ВО ФТОРИДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ $T = 550^\circ - 850^\circ\text{C}$,
 $P = 1\text{кбар}$ В ПРИСУТСТВИИ СИЛИКАТНОГО ВЕЩЕСТВА**

**Котельников А.Р. Коржинская В.С., (ИЭМ РАН), Котельникова З.А. (ИГЕМ),
Сук Н.И. (ИЭМ)**

kotelnik@iem.ac.ru; тел.: 8(496) 5225857

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-05-03393-а.

Представлены экспериментальные результаты поведения природного пироклора $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$ в растворах KF в присутствии кварца при $T = 550^\circ, 650^\circ$ и 850°C , $P = 1\text{кбар}$. Установлено, что при $T = 550^\circ\text{C}$ и $P = 1\text{кбар}$ присутствие кварца существенно снижает содержание ниобия в растворе более, чем на 3 порядка. Для температур 650° и 850°C наличие кварца в системе увеличивает равновесное содержание Nb на порядок: при 650°C содержание ниобия в 1 м KF составляет без кварца – $2.91 \cdot 10^{-5}$, а в присутствии кварца – $1.59 \cdot 10^{-4}$ моль/кг H_2O ; при 850°C содержание ниобия составляет без кварца - $2.38 \cdot 10^{-4}$, а с кварцем (или с гранитным расплавом) – $2.39 \cdot 10^{-3}$ моль/кг H_2O . Измерение pH растворов до и после опытов показало, что для 550°C исходный раствор 1м KF после опыта подщелачивается, что снижает растворимость пироклора; для 650°C – pH смещается в кислую область, но всего на полпорядка; для 850°C – pH после опыта сдвигается в кислую область существенно: (pH д/о = 7.32, а pH п/о = 1.901). Можно предположить, что за счет флюидно-магматического взаимодействия при $T = 850^\circ\text{C}$ существенно увеличивается HF концентрация во флюиде. Исследование флюидных включений в кварце показало, что при условиях опытов протекают реакции высокотемпературного гидролиза KF: $\text{KF} + \text{H}_2\text{O} = \text{KOH} + \text{HF}$, при этом происходит взаимодействие с кварцем: $\text{SiO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, с образованием фазы силикатного стекла (водного раствора-расплава). Эта фаза щелочного стекла является концентратором Nb (Nb_2O_5 до 16 мас.%). Коэффициент распределения Nb между стеклом и флюидом равен ≈ 500 (в пользу стекла). Показано, что фаза щелочного силикатного раствора-расплава может служить эффективным концентратором рудного компонента (Nb) на последних низкотемпературных стадиях кристаллизации редкометалльных гранитов.

ВЕСЭМПГ-2017 - 062

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В СИСТЕМЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫЙ РАСПЛАВ – ФТОРИДНЫЙ СОЛЕВОЙ РАСПЛАВ ПРИ $T=800-1200^{\circ}\text{C}$ И $P=1-2$ КБАР

Котельников А.Р., Сук Н.И., Коржинская В.С. (ИЭМ), Котельникова З.А. (ИГЕМ), Шаповалов Ю.Б. (ИЭМ)

kotelnik@iem.ac.ru; тел.: 8(496) 5225857

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-05-03393-а.

Экспериментально исследовано плавление в системе алюмосиликатный (гранитный) расплав – фторидный солевой расплав при $T=800-1200^{\circ}\text{C}$ и $P=1-2$ кбар. В качестве стартовых материалов применяли порошок гранита (Орловка, скв.42), предварительно наплавленный при 1200°C , 4 кбар в течение 6 час., NaF, а также оксиды REE (La, Ce, Y, Gd, Dy), или Nb, Ta, Ti, или Zr, Hf, V (по 1 мг). Опыты проводили на установке высокого газового давления. Продолжительность опытов составляла от 5 до 1 суток в зависимости от выбранных $P-T$ параметров. Закалка осуществлялась изобарическим способом. Продукты опытов анализировали методом микрозондового анализа. Приводятся данные о фазовом составе силикатно-солевых систем и коэффициенты межфазового распределения рудных компонентов.

**ИЗУЧЕНИЕ ЖИДКОСТНОЙ НЕСМЕСИМОСТИ В МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ
ТРАХИРИОЛИТ–ФЛЮИД**

**Котельников А.Р., Сук Н.И. (ИЭМ), Котельникова З.А. (ИГЕМ), Янев Й.,
Енчева С. (Нац. музей «Земля и люди», Болгария), Ананьев В.В. (ИВиС ДВО)**

kotelnik@iem.ac.ru; тел.: 8(496) 5225857

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-05-03393-а.

С целью изучения процессов жидкостной несмесимости при магматических параметрах проведено плавление в системе трахириолит – вода в специальных условиях, имитирующих вулканический процесс. В качестве индикаторных компонентов использовались La, Nb, W, Mo, Cr, Fe, Rb, Cs. Опыты проводили на установке высокого газового давления. При 1200°C и 5 кбар проходило плавление, гомогенизация и насыщение расплава флюидными компонентами. С понижением параметров до 1000°C и 1 кбар возникала жидкостная несмесимость с образованием капель (L_2) в основной массе (L_1) расплава. Состав капель сходен с составом основной массы, отличаясь только содержанием воды, индикаторных компонентов и соотношениями щелочных и щелочноземельных элементов. На основании аналитических данных были рассчитаны коэффициенты разделения главных элементов между фазами L_1 и L_2 , $K=[C_i(L_2)/C_i(L_1)]$. Получены следующие коэффициенты разделения элементов (оксидов) между фазами: K_2O -1.3; Rb_2O -2.0; Cs_2O – 2.1; FeO – 3.0; Cr_2O_3 – 7.4; Nb_2O_5 – 10; WO_3 – 21; MoO_3 – 26; La_2O_3 – 30. Показана эффективность процесса экстракции ряда рудных элементов (La, Mo, W, Nb, Cr) в условиях существования жидкостной несмесимости во флюидно-магматических системах.

ФЛЮИДНАЯ НЕСМЕСИМОСТЬ В СИСТЕМАХ ВОДА–СОЛЬ–КВАРЦ
Котельникова З.А. (ИГЕМ), Котельников А.Р. (ИЭМ)

kotelnik@iem.ac.ru

Методом синтетических флюидных включений в кварце исследовали гетерогенные флюидные равновесия в растворах солей, имеющих диаграммы состояния первого и второго типа. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при температурах 700-800°C соли подвергаются интенсивному гидролизу, продукты которого реагируют с кварцем, увеличивая этим значение мнимой растворимости последнего. Если при охлаждении создаются условия для обособления флюидных фаз, несмесимых при высоких температурах, то каждая из них может гетерогенизироваться. Это может происходить вплоть до низких значений температур – 180-250°C.

Полученные экспериментальные данные позволяют предположить многостадийное протекание явлений гетерогенизации флюида в природе в интервале температур и давлений, отвечающих условиям отделения флюида от магмы и вплоть до гидротермального процесса.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ФЛЮИДА (HF+HCl) НА РАСТВОРИМОСТЬ ОКСИДА ТАНТАЛА ПРИ T = 550°C, P = 100 МПа

Котова Н.П. (ИЭМ)

kotova@iem ac.ru; тел.: 8(496) 522 58 61

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ N 15-05-03393-а и Программы ОНЗ РАН №2.

Получены новые данные по растворимости оксида тантала в смешанных флюидах (HF+HCl) при T = 550 °C и P = 100 МПа 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. Определены предельные содержания (растворимости) тантала в гидротермальных флюидах различного состава и получены сравнительные характеристики поведения Ta в зависимости от концентрации и состава раствора. Установлено, что в области низких исходных концентраций растворов (0.01mHF+0.5mHCl) равновесная концентрация Ta составляет лишь 1E-6 моль/кг H₂O, а в области высоких концентраций флюида (2 m HF+0.5 m HCl) она возрастает до 1E-2 моль/кг H₂O.

ВЕСЭМПГ-2017 – 066

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА
РАСТВОРИМОСТЬ ОКСИДА НИОБИЯ В РАСТВОРАХ NaF И LiF**

Котова Н.П. (ИЭМ)

kotova@iem ac.ru; тел.: 8(496) 522 58 61

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ N 15-05-03393-а и
Программы ОНЗ РАН №2.*

Изучена температурная зависимость растворимости оксида ниобия при $T=300, 400, 500$ и 550°C , $P=100$ МПа во фторидных растворах NaF с концентрацией 0,1 и 1,0 м и в растворах LiF с концентрацией 0,03 и 0,1 м в присутствии кислородного буфера Co-CoO. Установлено, что во фторидных растворах различного катионного состава (NaF и LiF) температурная зависимость растворимости Nb_2O_5 в интервале температур $300-550^{\circ}\text{C}$, $P=100$ МПа, буфер Co-CoO слабо выражена, в то время, как зависимость растворимости Nb_2O_5 от концентрации фторидов - положительная, что согласуется с ранее проведенными экспериментальными исследованиями концентрационной зависимости растворимости Nb_2O_5 во фторидных растворах.

**ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ВЛИЯНИЯ КАЛИЯ НА РАВНОВЕСИЕ ОЛИВИН-РАСПЛАВ**

Кошлякова А.Н. (ГЕОХИ), Соболев А.В. (ГЕОХИ, ISTERre, France), Крашенинников С.П. (ГЕОХИ), Батанова В.Г. (ГЕОХИ РАН, ISTERre, France), Борисов А.А. (ИГЕМ)

an.koshlyakova@gmail.com тел.: 8 (909) 669 6577

Работа поддержана грантом РФФИ 17-05-00856-а.

Изучены составы равновесных оливина и расплава, полученных в ходе высокотемпературных (1400°C) экспериментов при атмосферном давлении и окислительно-восстановительных условиях буфера NiNiO длительностью 20 ч и 6 ч. Исходные составы были изготовлены из порошков Гавайских пикритов и лампроитов Гауссберга с добавлением MgO так, что смеси варьировали по содержанию K₂O 3-9 масс%. Микрондовый анализ продуктов экспериментов показал, что стекла и оливины однородны по составу, как в длинном, так и в коротком эксперименте, что свидетельствует о достижении системой равновесия. Потери калия в ходе длительного эксперимента составили 50-57% независимо от содержания калия в исходных смесях, в ходе короткого - 11-36%, причем самые большие потери наблюдались в наиболее высококалиевых составах. Из существующих оливин-расплавных термометров наиболее достоверными для высококалиевых расплавов оказались термометры Beattie (1991) и Herzberg, O'Hara (2002). Для полученных пар оливин-стекло наблюдается сильная положительная линейная зависимость коэффициента разделения Ni от содержания K в расплаве.

**ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ОСТАНЦОВЫХ МАССИВОВ СВЕТЛЫХ СЛОИСТЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ МАРСА**

**Красильников С.С. (ГЕОХИ), Евдокимова Н.А. (ИКИ),
Кузьмин Р.О. (ГЕОХИ, ИКИ)**

zergovski@mail.ru; тел.: 8 (499) 137 49 95

Для ледяных отложений северной полярной шапки Марса характерна хорошо выраженная слоистая структура, связанная с послойным накоплением льда в прошлые климатические эпохи. По разным оценкам, современная полярная шапка на 70 – 95 % состоит из льда. На равнине, за границей полярной шапки (70° - 85° с.ш.), располагаются светлые останцовые массивы со слоистой структурой, температурными и яркостными характеристиками, схожими с отложениями полярной шапки.

Вещественный состав останцовых массивов определялся по данным спектральных наблюдений в ближнем ИК диапазоне спектра, по данным орбитальных картирующих спектрометров OMEGA (Mars Express) и CRISM (Mars Reconnaissance Orbiter). По данным OMEGA, была построена карта распределения спектрального индекса поглощения льда по полосе 1.5 мкм. Для ключевых ледосодержащих участков были получены спектры коэффициента отражения, которые показали хорошее соответствие лабораторным спектром льда, в частности хорошо выраженные полосы поглощения льда 1,5 и 2 мкм.

Из полученных данных следует, что рассматриваемые останцовые массивы схожи по составу со слоистыми отложениями постоянной северной полярной шапки.

**КОНТРОЛЬ ФУГИТИВНОСТИ КИСЛОРОДА В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ
ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ**

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

spkrasheninnikov@mail.ru

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 14-17-00491 и
гранта РФФИ 17-05-00856.*

Высокотемпературная трубчатая печь Nabertherm модифицированная для использования в рабочей зоне твердой электрохимической ячейки позволяет проводить эксперименты при температурах 1000-1600 °С и фугитивности кислорода в пределах буферов IW-2 до NNO+2 лог.ед.

Проведен ряд экспериментов по выявлению отклонения задаваемых условий активности кислорода в газовой среде с показаниями ячейки. Для создания сильно восстановленных условий эксперимента (буфер IW-2) использовалась методика разбавления газовой смеси углекислота-водород третьим, инертным газом (в данном случае, аргоном). При температурах 1000-1600 °С в условиях буфера NNO относительная средняя погрешность составляет 0.03 л.е. В условиях высоких процентных долей водорода в смеси (до 90 об.% при IW-2 лог.ед.) значения ошибок возрастают до 0,20 лог.ед.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ PdTe₂ ЭДС-МЕТОДОМ

**Криставчук А.В. (ИЭМ), Заблоцкая А.В. (Гос.Ун-т «Дубна»),
Чареев Д.А., Осадчий Е.Г. (ИЭМ)**

alex-rodni@yandex.ru; тел.: 8-906-794-54-71

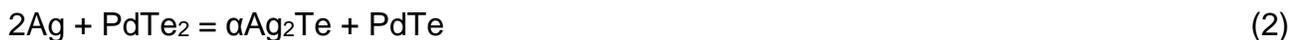
Виртуальная химическая реакция



была реализована в твердотельной ячейке с Ag⁺ проводящим твердым электролитом RbAg₄I₅:



в температурном диапазоне 340К – 488К, в котором происходит фазовый переход α → β-Ag₂Te, αAg₂Te – низкотемпературная форма теллурида серебра, а βAg₂Te – высокотемпературная, поэтому фактически были получены температурные зависимости ЭДС $E(T)$ для двух реакций:



Используя справочные данные и экспериментальные результаты, впервые были вычислены стандартные термодинамические свойства дителлурида палладия PdTe₂.

**ФРАГМЕНТАЦИЯ ПЛАНЕТЕЗИМАЛЕЙ
В АККРЕЦИОННЫХ ДИСКАХ ЮПИТЕРА И САТУРНА**

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

va_kronrod@mail.ru

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

Можно полагать, что степень дифференциации ледяных спутников - гигантов зависит от особенностей процессов их образования: скорости аккреции и массы планетезималей, падающих на растущие спутники. Проблема фрагментации планетезималей в газовой среде аккреционных дисков является центральной при решении этой задачи. Привлекается модель маломассивного аккреционного диска на поздней стадии аккреции планет Юпитера и Сатурна. Предполагается, что процесс механической фрагментации начинается, когда величина аэродинамического давления становится равной величине прочности материала планетезималей. Прочность, в соответствии со статистической теорией разрушений, зависит от размеров тела, то есть вводится масштабный фактор. Проведены оценки максимальных размеров тел из вещества идентичного кометному, которые могут двигаться в аккреционном диске без последующего разрушения. Наши результаты показывают, что в диске Юпитера на расстояниях Ганимеда около 90% массы проходящих через диск тел остаются в диске. На расстояниях Каллисто - 50% массы. В диске Сатурна на расстояниях Титана 10% массы остается в диске, что приводит к меньшей дифференциации Каллисто и Титана по сравнению с Ганимедом.

ВЕСЭМПГ-2017 – 072

**ИНВЕРСИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ, ГРАВИТАЦИОННЫХ И ПЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛУНЫ**

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

e.kronrod@gmail.com; тел.: 8 (915) 355 80 90

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

Обратная задача определения внутреннего строения Луны решается методом Монте-Карло по схеме марковских цепей (MCMC). Рассматривается девятислойная сферически симметричная вязкоупругая модель Луны с постоянными физическими свойствами внутри каждого слоя: мегареолит, кора, четырехслойная мантия, слой пониженной вязкости, жидкое внешнее ядро и твердое внутреннее ядро. Температура и концентрации основных оксидов рассчитывались в серединах слоев мантии с помощью программы *THERMOSEISM*. Рассматривались модели близкие к Земле по концентрациям алюминия. Концентрация основных оксидов задавалась одинаковой в верхних трех слоях мантии, в четвертом слое вычислялась по модели магматического океана. Оценены вероятные концентрации Al_2O_3 : 2,7-2,9 мас.% в верхней мантии и 4,1-4,3 мас.% в нижней мантии. Валовая концентрация FeO ~11,5-12,5 мас.%.

ГРАНАТИЗАЦИЯ ОЛИВИНА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ - МОДЕЛЬ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВОГО ПЕРЕХОДА В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

**Кузюра А.В., (ИЭМ), Лиманов Е.В. (МГУ, ИЭМ РАН),
Варламов Д.А., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)**

shushkanova@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 5225876

При поддержке гранта РФФИ №16-05-00850.

Переход от примитивного гранатового лерцолита верхней мантии к эклогиту был воспроизведен в эксперименте при параметрах алмазообразования. Эволюция ультрабазитового парагенезиса до базитового стала возможной благодаря двум перитектическим реакциям: одна из них протекает с исчезновением ортопироксена при взаимодействии с силикатным расплавом ($Orx + L = Crx$), в результате второй реакции (оливин с жадеитом) появляется гранат. Таким образом, из перидотитовой смеси $Ol - Crx - Jd$ в различных пропорциях стартовых компонентов были получены переходные ассоциации вплоть до чисто эклогитовых. По результатам экспериментов построена проекция поверхности ликвидуса системы и ее политермические сечения $Crx_{80}Jd_{20} - Ol_{80}Jd_{20}$, $Crx_{60}Jd_{40} - Ol_{60}Jd_{40}$, $Crx_{90}Jd_{10} - Ol_{90}Jd_{10}$, $Ol - Crx_{50}Jd_{50}$, которые раскрывают перитектический физико-химический механизм исчезновения Ol в 4-фазовой перитектике $Ol + Crx + Grt + L$, а также должны продемонстрировать изменение общего состава системы в ходе фракционной кристаллизации. Применительно к мантийным условиям, фракционирование клинопироксена, оливина, и позже граната приводит к накоплению в расплаве жадеитового компонента. Тогда в остаточных расплавах будет осуществлена «гранатизация оливина». При кристаллизации ультрабазитовых расплавов перидотитовой системы происходит парагенетический переход к базитовой ассоциации биминеральных омфацит-гранатовых эклогитов.

ВЕСЭМПГ-2017 – 074

ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТЕОРИТА ЧЕЛЯБИНСК

Куюнко Н.С., Алексеев В.А. (ГЕОХИ)

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

Проведены измерения естественной ($T_{\text{нат}}$) и наведенной в лабораторных условиях рентгеновским излучением ($T_{\text{инд}}$) термолюминесценции в шести образцах метеорита Челябинск. Кривые свечения $T_{\text{нат}}$, накопленной метеоритом за время его эволюции в космическом пространстве, имеют пик свечения в интервале 215-265 °С. Максимальная интенсивность свечения $T_{\text{инд}}$ регистрируется при температурах 183-188 °С. Интенсивность свечения варьирует в пределах трех порядков величины для $T_{\text{нат}}$ и двух – для $T_{\text{инд}}$. Результаты наших измерений согласуются с выводами других исследователей о сильной дифференциации вещества метеорита Челябинск, связанной с неоднократными ударными событиями в его космической истории. В связи с тем, что разрушение болида происходило уже при прохождении им атмосферы Земли (сильный взрыв), менее крупные фрагменты претерпели отжиг во время падения. Это привело к значительному снижению $T_{\text{нат}}$ в некоторых образцах и существенному различию характеристик ТЛ в исследованных образцах.

**ЭНСТАТИТОВЫЕ ХОНДРИТЫ EL6 ГРУППЫ:
ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА**

Лаврентьева З.А., Люль А.Ю. (ГЕОХИ)

lavza@mail.ru; тел.: 8-496-52-2-19-88

Методом ИНАА определены содержания РЗЭ, Na, Ca, Cr, Sc, Fe, Co, Ni, Au, Ir, в немагнитных размерных фракциях из энстатитового хондрита Пилиствере EL6. Найдено, что все «*ультра- и тонкозернистые*» немагнитные фракции в изученном хондрите обогащены литофильными и обеднены сидерофильными микроэлементами. Предполагается, что такое распределение элементов связано с небулярным фракционированием металл–силикат. Характерной особенностью распределения редкоземельных элементов в этих фракциях являются повышенные содержания, как легких, так и тяжелых РЗЭ с положительными и отрицательными Eu аномалиями, что может быть обусловлено присутствием большого количества акцессорных минералов, таких как ольдгамит, плагиоклаз, синоит и др. Распределение элементов в «*среднезернистых*» фракциях зависит от содержания акцессорных минералов. Характерной особенностью распределения микроэлементов в «*грубозернистых*» фракциях является то, что с увеличением размера зерен увеличиваются содержания как литофильных, так и сидерофильных элементов, что обусловлено процессами метаморфизма *in situ*. Особенности распределения сидерофильных и редкоземельных элементов позволили предположить, что вещество метеорита Atlanta подвергалось частичному плавлению за счет ударных процессов, явившихся также причиной брекчирования.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН В ДУНИТЕ И СЕРПЕНТИНИТЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ВОДЫ 300 МПа ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 20-850°C (роль водных флюидов в формировании зоны пониженных скоростей в верхней мантии Земли)

Лебедев Е.Б. (ГЕОХИ), Павленкова Н.И. (ИФЗ), Луканин О.А. (ГЕОХИ)

leb@geokhi.ru; 8 (495) 939-7840

Экспериментально измерены скорости продольных волн (V_p) в образцах горных пород дуните (оливините) и серпентините под давлением воды 300 МПа при температурах 20-850°C. Показано, что резкое падение V_p в дуните (~ на 3 км/сек), наблюдаемое в диапазоне 400-800°C, обусловлено проникновением в породу воды и образованием в результате ее взаимодействия с оливином водосодержащих минералов, главным образом, серпентина по границам минеральных зерен. Предполагается, что серпентинизация или образование подобных водосодержащих минералов в обогащенных оливином мантийных породах под воздействием глубинных флюидов может быть причиной возникновения зон пониженных скоростей упругих волн в верхней мантии на глубинах около 100 км и ниже.

Опыты проводились в газовом аппарате высокого давления с внутренним нагревом. V_p в породе измерялась методом импульсного прозвучивания (с ультразвуковой частотой 2 МГц) в сочетании с эхо-импульсным методом. Образец, изготовленный в виде цилиндра (диаметр 8 мм, высота 5 мм), и звукопроводы, прикрепленные к его торцам, помещали в платиновый реактор, который заполнялся водой. С внешней стороны реактора располагался нагреватель.

В результате проведенных экспериментальных исследований сделано важное открытие для решения проблемы физико-химической природы волноводов в верхней мантии.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВОЙ ЭВОЛЮЦИИ
В ВЕРХНЕМАНТИЙНЫХ АЛМАЗООБРАЗУЮЩИХ МАНТИЙНЫХ ОЧАГАХ**

Лиманов Е.В. (МГУ, ИЭМ), Кузюра А.В., Варламов Д.А., Литвин Ю.А. (ИЭМ)

limanov.z@gmail.com; тел.: 8 (496) 5225876

При поддержке гранта РФФИ №16-05-00850.

В предыдущей работе (Кузюра и др., 2017) нами был экспериментально показан физико-химический механизм, способный осуществить непрерывную ультрабазит-базитовую дифференциацию мантийных магм. Главной задачей настоящего исследования было экспериментальное изучение закономерностей дифференциации вещества верхней мантии в алмазобразующих процессах. Были проведены опыты по плавлению карбонат-силикатной системы $OI - Crx - Carb$, моделирующей состав алмазобразующего очага. В определении соотношения карбонатной и силикатной составляющих в граничных экспериментальных составах учтены значения концентрационного барьера нуклеации алмаза в эклогит-перидотитовой системе. В результате эксперимента с понижением температуры получены ассоциации OI , Crx , Grt и $Carb$. Таким образом, предварительные результаты показали, что установленные для силикатной системы механизмы, а именно гранатизация оливина, «наследуются» и осуществляются и в карбонатно-силикатной системе. Кроме того, в исследуемой карбонат-силикатной системе с добавлением графита в качестве источника углерода был успешно осуществлен синтез алмаза.

**УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НЕАВТОНОМНЫХ ФАЗ И ИХ ВЛИЯНИЕ
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Pt И Pd В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

**Липко С.В., Таусон В.Л. (ИГХ СО), Балаклеяский Н.С., Пирогов В.В.,
Вдовин И.А., Шерметова М.А., Карпутин В.С., Логинов Б.А. (НИУ МИЭТ)**

slipko@yandex.ru, тел.: 8 (3952) 42 99 67

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

Образование на поверхности кристаллов неавтономных фаз (НФ) наиболее вероятно в многокомпонентных системах. В экспериментах по получению многофазных ассоциаций в гидротермальных условиях синтезированы кристаллы борнита, галенита, магнетита, пирита и халькопирита в системе $ZnS-PbS-Cu_2S-Fe-S$ с микродобавками Pt и Pd. НФ изучали методами сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным спектрометром, сканирующей зондовой микроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Содержание Pt, Pd определяли с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией. Получены количественные оценки параметров поверхности НФ (шероховатость, размеры), установлено, что они зависят от концентрации растворителя. Данные спектроскопии показывают, что Pt, Pd в НФ существуют в двух формах – элементной и окисленной. Концентрация элементов-примесей в растворе определяется возможностью образования НФ, следовательно, морфологией поверхности.

**МИКРОСТРУКТУРА И МИНЕРАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ
В УГЛЕРОДИСТЫХ АГГРЕГАТАХ УРЕИЛИТОВ**

**Литасов К.Д. (ИГМ СО), Офудзи Х. (Ун-т Эхиме),
Каги Х. (Токийский ун-т), Бадюков Д.Д. (ГЕОХИ)**

klitasov@igm.nsc.ru; тел.: 8 (383) 333 26 00

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-17-30012.

Уреилиты содержат до 6 мас.% С в виде интерстиционных обособлений в перидотитовой матрице совместно с сульфидами и фазами железа. Несмотря на большое количество опубликованных данных углеродные агрегаты уреилитов сравнительно мало изучены методами просвечивающей электронной микроскопии. В данной работе мы провели минералого-геохимическое исследование уреилитов Новый Урей и JAN 054 с упором на исследование тонкой структуры и микровключений в углеродных агрегатах. Полировку образцов осуществляли методом ионного травления с целью контаминацию от обычной полировки алмаза. Препараты для просвечивающей электронной микроскопии готовили методом сфокусированных ионных пучков. В составе углеродных агрегатов идентифицированы алмаз, графит, лонсдейлит и дополнительные фазы. В образцах метеорита Новый Урей размеры кристаллов алмаза значительно крупнее (5-20 мкм), чем в JAN 054 (<100 нм). В алмазе не обнаружено посторонних включений, тогда как в межзерновом пространстве и в графите идентифицированы камасит, сульфиды железа и хрома. Все агрегаты характеризуются повышенным содержанием хлора. Среди минералов включений, пропитывающих оливин и ортопироксен матрицы метеорита Новый Урей удалось определить сульфид, близкий к брезинаиту, лоуренсит, когенит. В интерстиционном стекле (содержащем до 85 мас.% SiO₂) обнаружены закалочные кристаллы SiO₂. Новые минералогические находки подтверждают гипотезу многостадийного образования уреилитов в результате стохастических ударных событий, по крайней мере одно из которых было катастрофического характера.

**РАМАНОВСКАЯ СПЕКИРОСКОПИЯ ФОСФАТОВ И НАХОДКА ТУИТА
В ЖЕЛЕЗНОМ МЕТЕОРИТЕ ЭЛЬГА**

Литасов К.Д, Подгорных Н.М. (ИГМ СО)

klitasov@igm.nsc.ru; тел.: 8 (383) 333 26 00

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-17-30012.

В работе охарактеризованы спектры комбинационного рассеяния фосфатных минералов: апатита, мерриллита, панетита, брианита, чохраньскиита, маричита, близкого к маричиту нового фосфата с составом $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{Mg},\text{Ca})(\text{PO}_4)_2$ и высокобарического туита из метеорита Эльга, который относится к группе железных метеоритов с силикатными включениями IIЕ. Основные особенности всех изученных фосфатов включают сильные полосы поглощения в области симметричных колебаний ионов PO_4^{3-} (ν_1) при $950\text{-}990\text{ см}^{-1}$, антисимметричные колебания (ν_3) в области $1000\text{-}1175\text{ см}^{-1}$, слабые полосы, соответствующие сдвиговым колебаниям, в области $400\text{-}500\text{ см}^{-1}$ (ν_2) и в области $550\text{-}640\text{ см}^{-1}$ (ν_4). Большинство исследованных фосфатов имеют три неэквивалентных положения атомов фосфора в кристаллических структурах, которые могут быть смоделированы на основе структуры глазерита. Туит образовался за счет мерриллита и имеет сходный состав. Р-О колебания в эквивалентных тетраэдрах $[\text{PO}_4]$ туита дают основную полосу поглощения при 972 см^{-1} . Согласно этой находке родительское тело метеорита Эльга испытало ударное воздействие при давлении не менее $12\text{-}15\text{ ГПа}$ в соответствии с минимальным давлением образования туита в статических экспериментах при высоких давлениях. Обнаружение туита является первой находкой в железных метеоритах и лишь второй находкой минерала высокого давления в них после стишовита в метеорите Муонионалуста.

ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНО-ХЛОРИДНЫХ ФЛЮИДНЫХ ФАЗ ПРИ ПОЛИБАРИЧЕСКОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГРАНИТНЫХ МАГМ ВО ВРЕМЯ ИХ ПОДЪЕМА К ПОВЕРХНОСТИ
Луканин О.А. (ГЕОХИ РАН)

lukanin@geokhi.ru; тел.: 8 (495) 137 3055

На основании результатов численного моделирования рассмотрены основные закономерности в поведении хлора при формировании водно-хлоридного флюида во время подъема гранитных магм, сопровождаемого их кристаллизацией. Для расчетов использовалась эмпирическая компьютерная модель, описывающая распределение Cl между расплавами и водно-хлоридными флюидами, образующимися при декомпрессионной и кристаллизационной дегазации Cl- и H₂O-содержащих гранитных расплавов (Луканин, 2015, 2016). Продемонстрировано влияние на состав образующихся водно-хлоридных флюидов и расплавов изменения степени кристаллизации расплава по мере подъема магм, а также степени открытости системы в отношении летучих компонентов. Особое внимание уделено условиям появления гетерогенного флюида, состоящего из двух несмешивающихся водно-хлоридных фаз – существенно водной и обогащенного хлоридами рассола.

**ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ЛИТОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МАТРИЦЕ И
ХОНДРАХ УГЛИСТЫХ ХОНДРИТОВ**

Люль А.Ю., Лаврентьева З.А (ГЕОХИ)

ajull@mal.ru тел. 8 (496)52 -219 88

Углистые хондриты являются наиболее примитивными объектами Солнечной системы, содержащими химическую информацию о ранней истории и последующей эволюции вещества метеоритов. Их первичный состав был значительно изменен в родительских телах под воздействием процессов гидротермального и (или) термального метаморфизма. Для оценки влияния метаморфических процессов на химический состав отдельных компонентов метеоритов рассмотрены данные по содержанию литофильных элементов в хондрах и матрице углистых хондритов разных химических групп и петрологических типов. Показано, что с уменьшением интенсивности гидротермального метаморфизма межэлементное фракционирование в матрице хондритов уменьшается, тогда как с возрастанием степени термального метаморфизма увеличивается. Характерной особенностью углистых хондритов всех типов является более сильное фракционирование элементов в хондрах метеоритов по сравнению с их матрицей, которое частично может быть первичным, возникшим в процессе образования хондр в протопланетном облаке.

ВЕСЭМПГ-2017 – 083

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯЦИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПРОДУКТАХ ЛАТЕРИТНОГО
ВЫВЕТРИВАНИЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ И ПРИРОДНЫМ ДАННЫМ
(ГВИНЕЙСКАЯ РЕСПУБЛИКА)**

Макарова М.А., Шипилова Е.С., Мамедов В.И., Алехин Ю.В. (МГУ)

frolikovam@gmail.com; тел.: 8 985 054 88 54

Для выявления геохимических особенностей поведения микроэлементов и получения корреляций с алюминием, железом и кремнием в продуктах латеритного выветривания на территории района месторождения Сангареди были проведены эксперименты по изучению сорбции микроэлементов бокситами экстра-качества (содержание Al_2O_3 более 60%), высокожелезистыми латеритами (ферриплантитами) переходной зоны (Fe_2O_3 более 50%), каолиновыми глинами (SiO_2 более 35%), также проведено сопоставление с аналогичными породами в профиле бокситоносной коры выветривания.

**ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ФОСФАТНОГО СТЕКЛА С ИМИТАТОРАМИ РАО
В УСЛОВИЯХ ГЛУБИННОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ХРАНИЛИЩА**

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

mark0s@mail.ru; тел.: 8 (495) 333 81 34

Испытания матричных материалов для РАО на выщелачивание обычно проводят в режиме водообмена, моделирующем проточные условия. В обстановке глубинного хранилища, с учетом выбора участка по гидрогеологическим критериям и создания изолирующих инженерных барьеров нет оснований ожидать активного водообмена в ближней зоне. Более реалистично рассматривать режим в хранилище после его закрытия и выравнивания гидростатического давления как застойный, характеризующийся насыщением подземных вод компонентами вмещающих пород, инженерных барьеров и матричных материалов близким к равновесному и преобладанием диффузионного транспорта компонентов в жидкой фазе. Выщелачивание фосфатного стекла модельной подземной водой изучено в застойных условиях в присутствии бентонита, как основного барьерного материала, при температурах 25 и 120°C. Показано, что скорости выщелачивания в этих условиях примерно на порядок ниже, чем в «проточных» тестах, в то время как солевая нагрузка раствора возрастает на полтора-два порядка, что не может не оказать влияние на сорбционные и диффузионные процессы, определяющие миграцию радионуклидов.

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФОСФАТНОГО РАСПЛАВА К КРИСТАЛЛИЗАЦИИ
ПРИ ОСТЕКЛОВАНИИ РАО**

**Мартынов К.В., Захарова Е.В. (ИФХЭ), Ремизов М.Б., Козлов П.В.,
Тусикова Н.В. (ФГУП "ПО "Маяк"), Некрасов А.Н., Котельников А.Р. (ИЭМ)**

mark0s@mail.ru; тел.: 8 (495) 333 81 34

Показано, что при контролируемом охлаждении фосфатного расплава регламентного состава от 1000 до 400°C со скоростью 30°C/час, соответствующей скорости самопроизвольного остывания центральной части стеклоблоков при промышленном розливе стекломассы с радиоактивными отходами (РАО), происходит кристаллизация расплава, которая приводит к нежелательным изменениям целевых характеристик получаемого материала. Для подавления кристаллизации в расплав вводили дополнительные сеткообразователи и модификаторы, из которых максимальный эффект был достигнут при добавлении до 5 мас. % SiO₂. При этом температура варки стекла не увеличивалась. Небольшое увеличение вязкости кремнийсодержащих расплавов в рабочем температурном интервале может быть компенсировано комбинированием кремнезема с добавками цинка, свинца и брома, понижающими вязкость расплава и температуру стекловарения и одновременно повышающими устойчивость фосфатного расплава к кристаллизации. Предварительные данные по выщелачиванию стекол модельными растворами по методике РСТ (90°C, 7 суток) показали, что все добавки кроме брома уменьшают скорости выщелачивания стекол.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО ЖЕДРИТА

Мельчакова Л.В., Огородова Л.П., Вигасина М.Ф., Киселева И.А.,
Ксенофонтов Д.А., Брызгалов И.А. (МГУ)

lmelchak@geol.msu.ru; тел.: 8(495) 939 13 49

Жедрит – магнезиально-железистый амфибол, конечный магнезиальный член изоморфного ряда жедрит $Mg_2(Mg_3Al_2)(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$ – феррожедрит $Fe_2(Fe_3Al_2)(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$, образуется в средах с высоким содержанием глинозема. Проведено термохимическое изучение природного жедрита (Кольский п-ов, Россия) состава $Na_{0.4}Mg_{2.0}(Mg_{1.7}Fe^{2+}_{2.0}Al_{1.3})_{\Sigma=5.0}[(Si_{6.3}Al_{1.7})_{\Sigma=8.0}O_{22}](OH)_2$. По рентгendifракционному спектру исследованный образец был идентифицирован как ромбический Mg-Fe амфибол – жедрит с параметрами элементарной ячейки: $a = 18.544 \text{ \AA}$, $b = 17.946 \text{ \AA}$, $c = 5.283 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90.0^\circ$ и $V = 1758.1 \text{ \AA}^3$. Методом ИК-спектроскопии поглощения был подтвержден мономинеральный состав изученного минерала. На микрокалориметре Тиана-Кальве методом растворения в расплаве $2PbO \cdot B_2O_3$ при $T = 973 \text{ K}$ получена энтальпия образования из элементов природного жедрита $\Delta_f H_{el}(298.15 \text{ K}) = -11992 \pm 11 \text{ кДж/моль}$. Оценены значения стандартных энтропии, энтальпии и энергии Гиббса образования конечного магнезиального $Mg_2(Mg_3Al_2)(Si_6Al_2)O_{22}(OH)_2$ и промежуточного $Mg_2(MgFe^{2+}_2Al_2)[(Si_6Al_2O_{22}](OH)_2$ членов изоморфного ряда жедрит – феррожедрит.

ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО АНАПАИТА

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

lmechak@geol.msu.ru; тел.: (495) 939 13 49

Анапаит – водный фосфат кальция и железа $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, образуется как вторичный минерал в зонах окисления железных руд, встречается в осадочных породах с высоким содержанием фосфора. Исследования выполнены на образце природного анапаита (Крым, Россия). По данным микронзондового анализа формула $\text{Ca}_{1.98}\text{Fe}^{2+}_{1.00}(\text{PO}_4)_{1.98} \cdot 3.96\text{H}_2\text{O}$ близка к теоретической - $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Рентгендифракционный спектр соответствует спектру триклинного анапаита. Определены параметры элементарной ячейки: $a = 6.4427(18) \text{ \AA}$, $b = 6.808(3) \text{ \AA}$, $c = 5.8974(16) \text{ \AA}$; $\alpha = 101.656(20)^\circ$, $\beta = 104.235(15)^\circ$, $\gamma = 70.760(16)^\circ$, $V = 234.65(18) \text{ \AA}^3$. Результаты термогравиметрии, ИК- и КР-спектроскопии подтверждают присутствие воды в структуре анапаита в различных кристаллографических позициях. Методом высокотемпературной расплавной калориметрии растворения на микрокалориметре Тиана-Кальве получена энтальпия образования из элементов $\Delta_f H_{\text{el}}^0(298.15 \text{ K}) = -4812 \pm 16 \text{ кДж/моль}$. Оценены значения стандартной энтропии $S^0(298.15 \text{ K}) = 404.2 \text{ Дж/К}\cdot\text{моль}$ и энергии Гиббса образования анапаита $\Delta_f G_{\text{el}}^0(298.15 \text{ K}) = -4352 \pm 16 \text{ кДж/моль}$.

**ПЛАВЛЕНИЕ БЕЗПЛАГИОКЛАЗОВОГО ГРАНАТ-ДВУСЛЮДЯНОГО МЕТАПЕЛИТА
ПРИ ДАВЛЕНИЯХ 6, 10 и 15 КБАР**

Митяев А.С. (МГУ), Сафонов О.Г., Варламов Д.А. (ИЭМ)

oleg@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 522 58 51

Поддержка: РФФИ (16-05-00266), РНФ (14-17-00581).

С целью изучения процессов образования гранитных расплавов S типа в безплагиоклазовом субстрате проведены эксперименты по плавлению породы, сложенной мусковитом (45 %), кварцем (30 %), биотитом (12 %) и гранатом (10 %) при давлениях 6, 10 и 15 кбар. Солидус породы определяется реакцией мусковит + кварц + (гранат) = биотит + силлиманит (корунд?) + калишпат + расплав, которая имеет положительный dP/dT наклон. Плавление начинается между 750 и 800°C при 6 кбар, около 800°C при 10 кбар и около 850°C при 15 кбар, что близко к условиям плавления плагиоклаз содержащих двуслюдяных ассоциаций. При 6 кбар с расплавом сосуществует герцинит, но при 10 и 15 кбар устойчив гранат. В отличие от плагиоклаз содержащих двуслюдяных ассоциаций, плавление ассоциации без плагиоклаза ведет к образованию ультракалиевых (7-8 мас. % K_2O ; $K_2O/Na_2O > 8-10$) щелочных или щелочно-известковых расплавов ($MALI > 7$) с отношением $FeO/(FeO+MgO) > 0.7$ и $ASI > 1.2$.

**ИСХОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ H₂O И ПАРАМЕТРЫ МАНТИЙНОГО ПЛАВЛЕНИЯ
ПЕРВИЧНЫХ МАГМ ВОСТОЧНОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ФРОНТА КАМЧАТКИ**

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

nazarovadariap@gmail.com, +7(903)1865530

Важнейшим параметром состава островодужных магм является содержание в них H₂O. Для оценки содержания H₂O в исходных магмах ВВФ Камчатки мы использовали метод, основанный на значительном влиянии присутствия H₂O в расплаве на температуру ликвидуса оливина. Расчитанное исходное содержание H₂O для примитивных расплавов ВВФ Камчатки определено в диапазоне от 1.7 (±0.8) мас.% для вулкана Горелый до 4.4 (±1.2) мас.% для Карымского вулкана.

Для оценки условий плавления мантийного источника мы использовали метод геохимической термометрии, основанный на температурной зависимости продуктивности плавления в системе перидотит-H₂O. Проведенное моделирование показало, что первичные расплавы изученных вулканов могут быть получены при плавлении 5-15 мас.% обогащенного источника MORB и плавление мантии происходило при температуре ~1270 - 1210 °С. Оцененная температура и степень плавления позволяют расширить "поле" типичных значений для Камчатских вулканов в область более низких температур, в особенности для магм вулканического фронта, по сравнению с ранее опубликованными данными.

ВЕСЭМПГ-2017 – 090

**СУПЕРХРУПКОСТЬ И ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ
КАМЕННОГО МЕТЕОРИТА ЦАРЕВ**

**Никитин С.М. (ЛП ООО «ЛС КАМ»), Скрипник А.Я. (ГЕОХИ),
Асанов В.А., Паньков И.Л. (ГИ УрО)**

archont@mail.ru; тел.: 8 (916) 438 89 39

На основе комплексных определений физико-механических свойств обыкновенных хондритов, выполненных на образцах правильной (25x25x50мм) и полуправильной формы (20x20x20мм) обосновывается использование обобщенного паспорта прочности в форме огибающей кругов Кулона-Мора для контроля степени поврежденности метеоритов SAU-001, Ghubara и Царев. Интерпретация нагрузочно-деформационных диаграмм образцов, при испытании в режиме одноосного осевого сжатия и в условиях объемного неравнокомпонентного сжатия по схеме Т.Кармана, с использованием минералого-петрографических, геохимических и ультразвуковых данных, позволяет рассматривать аномальные (на фоне статических деформаций) динамические формы стесненного движения внеземного вещества под нагрузкой начиная со стадии первичной консолидации, способствующей росту внутренней энергии хондритов и переходу в суперхрупкое состояние, и заканчивая процессами самоподдерживающегося разрушения в форме реологического взрыва. Установлено, что переход неоднородного, в общем анизотропного и обладающего структурной иерархией вещества метеоритов в суперхрупкое состояние соответствует развитию объемных форм дробления в узко локализованных зонах эшелонов микротрещин внутри магистральных трещинных каналов. Последнее подчеркивается данными электронной и оптической микроскопии.

**ВЛИЯНИЕ ВАРИАЦИЙ ПЕТРОГЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ РАСПЛАВА
НА ЛИКВИДУС ШПИНЕЛИДА (МОДЕЛЬ SPINMELT-2.0)**

Николаев Г.С. (ГЕОХИ), Арискин А.А. (МГУ, ГЕОХИ), Бармина Г.С. (ГЕОХИ)

gsnikolaev@rambler.ru; тел.: 8 (495) 939 70 03

выполнено при финансовой поддержке РФФ (грант № 16-17-10129).

Используя модель SPINMELT-2.0, проведено исследование топологии ликвидусной поверхности шпинелида для примитивного толеитового базальта САХ. На примере этого базальта исследовано влияние на топологию ликвидуса вариаций силикатных (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO) и мафических (MgO , FeO) компонентов в расплаве. Проведена сравнительная оценка масштабов их воздействия по сравнению с влиянием факторов давления, окислительно-восстановительного потенциала, содержаний в расплаве хрома и воды. Установлено, что вариации глинозема, кремнезема, магния и железа значимо влияют как на ликвидусные температуры и состав шпинелида. По своему воздействию эти факторы разно- и часто противоположны. В силу этого, шпинелид не может являться петрологическим индикатором, т.к. один и тот же состав может быть результатом воздействия комбинаций различных факторов.

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ВИВИАНИТА

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

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

Для калориметрического изучения выбран природный вивианит (Керченский железорудный бассейн, республика Крым, Россия). Предварительно были выполнены диагностические исследования минерала методами рентгеноспектрального, рентгенографического, термического анализов, ИК-, КР- и мёссбауэровской спектроскопии. На основании результатов проведенных исследований и в соответствии с литературными данными (Rodgers and Henderson, 1986) была рассчитана формула изученного минерала $Fe^{2+}_{2.32}Fe^{3+}_{0.33}Mg_{0.35}(PO_4)_2(OH)_{0.33} \cdot 7.67H_2O$. На дифференциальном сканирующем калориметре «NETZSCH DSC 204 F1» (Германия) измерена энтальпия дегидратации вивианита, на высокотемпературном микрокалориметре Кальве «SETARAM» (Франция) методом расплавной калориметрии растворения определена энтальпия его образования из элементов $\Delta_f H_{el}(298.15\text{ K}) = -5231 \pm 18$ кДж/моль. Оценены термодинамические свойства (стандартные энтропия, энтальпия и энергия Гиббса образования) вивианита идеального состава $Fe^{2+}_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$.

**ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО
ОСНОВНОГО ФОСФАТА МЕДИ - ПСЕВДОМАЛАХИТА**

**Огородова Л.П., Мельчакова Л.В., Вигасина М.Ф., Гриценко Ю.Д.,
Ксенофонтов Д.А., Брызгалов И.А. (МГУ)**

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

Безводный основной фосфат меди $\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$ кристаллизуется в трех полиморфных модификациях: псевдомалахит и рейхенбахит с моноклинной структурой и луджибаит - с триклинной. Для исследований использован образец природного псевдомалахита (Вирнеберг, Рейнская провинция, Германия). Рассчитанная по данным микрозондового анализа на 10 зарядов химическая формула $\text{Cu}_{5.00}(\text{PO}_4)_{1.99}(\text{OH})_{4.03}$ близка к теоретической. Рентгendifракционный спектр соответствует моноклинной модификации основного фосфата меди – псевдомалахиту. Определены параметры его элементарной ячейки: $a = 17.050 \text{ \AA}$, $b = 5.751 \text{ \AA}$, $c = 4.478 \text{ \AA}$; $\beta = 91.07^\circ$; $V = 439.01 \text{ \AA}^3$. Методом высокотемпературной расплавной калориметрии растворения на микрокалориметре Тиана-Кальве получена энтальпия образования из элементов $\Delta_f H^\circ_{\text{el}}(298.15 \text{ K}) = -3214 \pm 13 \text{ кДж/моль}$. С использованием литературных данных для стандартной энтропии псевдомалахита (Majzlan et al., 2015), полученных из измерений низкотемпературной теплоемкости, рассчитано значение энергии Гиббса образования $\Delta_f G^\circ_{\text{el}}(298.15 \text{ K}) = -2813 \pm 13 \text{ кДж/моль}$.

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ КИСЛОРОДА В ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТАХ МЕТОДОМ ЭДС

**Осадчий Е.Г. (ИЭМ), Осадчий В.О. (МГУ, ИЭМ),
Федькин М.В. (The Pennsylvania State University)**

909404@gmail.com

Проведено экспериментальное определение фугитивности кислорода в валовых пробах пяти обыкновенных хондритов: Оханск (Н4), Венгерово (Н5), Еленовка (L5), Жигайловка (L6) и Савченское (LL4). Фугитивность кислорода измерена ЭДС-методом с кислород-проводящей керамикой в диапазоне температур 1050-1250К и определяется равновесием оливин–ортопироксен–железо–троилит. Полученные значения превышают значения f_{O_2} , полученные другими методами на ~2 порядка.

ВЕСЭМПГ-2017 – 095

**СХЕМЫ РАССТАНОВКИ ДАТЧИКОВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ГОРНЫХ ПОРОД (ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ)**

Патонин А.В., Шихова Н.М. (ГО БОРОК ИФЗ)

patonin@borok.yar.ru; тел.: 8 (485) 4724024

Грант РФФ 16-47-02-003.

Проведен сравнительный анализ известных и оригинальных схем расстановки ультразвуковых датчиков и конфигураций трасс зондирования, используемых не только для восстановления поля скоростей распространения упругих волн в объеме образцов горных пород, но и для определения координат источников сигналов акустической эмиссии. В качестве модели использовался цилиндрический образец диаметром 30 мм и высотой 60 мм. Критериями оптимальности выбора схем служили: количество трасс излучатель - приемник, их общая длина, число направлений, ортогональных оси цилиндра (оси сжатия образца), наличие точек пересечения не менее 5-ти трасс, равномерность распределения трасс по объему образца.

Представлены примеры реализации отдельных схем с анализом их преимуществ и недостатков. Предложены два варианта расположения датчиков, удовлетворяющие критериям оптимальности, которые предполагается использовать при проведении лабораторных экспериментов в условиях одноосной и трехосной деформации.

ВЯЗКОСТЬ БЕЗВОДНЫХ И ВОДОСОДЕРЖАЩИХ БАЗАЛЬТОВЫХ, УЛЬТРАОСНОВНЫХ И КИМБЕРЛИТОВЫХ МАГМ В ПРОЦЕССАХ ЗАРОЖДЕНИЯ, ЭВОЛЮЦИИ И ВУЛКАНИЧЕСКИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ

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

persikov@iem.ac.ru; тел.: 8-906-768-89-68

Работа выполнена при поддержке РФФИ - грант 15-05-01318.

На основе новых экспериментальных данных по температурным и барическим зависимостям вязкости безводных и водосодержащих базальтовых, ультраосновных и кимберлитовых расплавов [Persikov et al., 2015, 2017], с использованием нашей структурно-химической модели прогноза вязкости магм [Persikov and Bukhtiyarov, 2009; 2015], установлены главные особенности изменения вязкости таких магм в процессах их зарождения, эволюции, подъема из мантии в земную кору и при вулканических извержениях. Показано, что в процессе подъема из мантии в земную кору, вплоть до вулканических извержений, вязкость безводных и водосодержащих ультраосновных и кимберлитовых магм будет снижаться в несколько раз, тогда как вязкость базальтовых магм, напротив, будет расти на более чем два порядка величины.

СВИДЕТЕЛЬСТВО ЗЕМНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА В ОЗЕРНЫХ ОСАДКАХ ЖОМБОЛОКСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО РАЙОНА, ВОСТОЧНЫХ САЯН.

Печерский Д.М (ИФЗ), Казанский А.Ю. (МГУ), Цельмович В.А. (ИФЗ)

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

Частицы самородного железа, ранее обнаруженные термомагнитным и микрозондовым анализом в осадках многих регионов мира разного возраста, имеют внеземное происхождение. Сходство состава, формы и размера частиц самородного железа земного и внеземного происхождения свидетельствует о единстве условий образования частиц железа в процессе формирования планет. В статье разбирается единственный случай обнаружения железа **земного** происхождения в осадках озер Жомболокского вулканического района, Восточный Саян. Исключительность результатов свидетельствует об очень ограниченном распространении частиц самородного железа от его источника – извержения вулкана и/или падения крупного метеорита.

**ГЕОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ЛАНТАНОИДОВ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИУЛЬТИН И СВЕТЛОЕ (ЧУКОТКА)**

Попова Ю.А., Бычков А.Ю., Матвеева С.С.(МГУ)

julka_p@rambler.ru; тел.:(495)9391239

РФФИ 15-05-0550.

Олово-вольфрамовые месторождения Иультин и Светлое относятся к жильно-грейзеновому типу. Методом ICP-MS были определены содержания редкоземельных элементов в монофракциях минералов и породах месторождений. Концентрации РЗЭ в гидротермальных растворах равновесных с минералами были оценены с использованием коэффициентов распределения (Raimbault, 1985).

Составы вольфрамитов образуют компактную группу, отвечающих продуктивным стадиям месторождений. Флюорит дорудной и продуктивной стадии характеризуется высокой концентрацией РЗЭ и наличием отрицательной аномалии европия. Такие же характеристики имеют вмещающие граниты. Флюорит пострудной стадии обеднен РЗЭ, европиевая аномалия слабо проявлена или отсутствует. Для Светлого обнаружен флюорит пострудной стадии с положительной аномалией европия. По содержанию РЗЭ во флюиде реконструирована схема рудообразования на месторождениях. На первом этапе в гидротермальной системе преобладал магматогенный флюид. Продуктивная стадия характеризовалась смешением магматогенного флюида и экзогенных вод. В постпродуктивную стадию преобладали экзогенные воды. Рассчитана термодинамическая модель рудообразования на месторождениях Иультин и Светлое с учетом поведения редкоземельных элементов.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА ЗОЛОТО-МОЛИБДЕН-МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСЧАНКА, ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА, ПО ДАННЫМ ЭПР СПЕКТРОСКОПИИ

Прудникова А.Д., Кошуг Д.Г., Вяткин С.В. (МГУ)

nasemina@gmail.com; тел.: 8-916-5306369

Методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) определена концентрация структурных парамагнитных Al и Ti примесных центров в кварце золото-молибден-медно-порфирикового месторождения Песчанка, Западная Чукотка. Концентрация $[AlO_4/h^+]^0$ варьирует от 29 до 124 at. ppm. Содержание $[TiO_4/Li^+]^0$ и $[TiO_4/H^+]^0$ центров достигает 20 и 6,3 at. ppm соответственно. Анализ содержания структурных примесей показывает, что кварц прерудной стадии, связанной с образованием биотит-калишпат-кварцевых метасоматитов, и кварц рудной стадии, сопряженной с формированием кварц-серицитовых пород и последующим рудоотложением, существенно различается по содержанию титановых центров, в особенности $[TiO_4/H^+]^0$ центров: концентрация $[TiO_4/H^+]^0$ существенно выше в кварце прерудной стадии (>2 at. ppm), тогда как в кварце, сопряженном с медной минерализацией, концентрация $[TiO_4/H^+]^0 < 2$ at. ppm. Концентрация $[TiO_4/Li^+]^0$ центров также снижается от прерудного к рудоносному кварцу. Температура образования прерудного и рудоносного кварца, оцененная по концентрации Ti, составляет 590-470°C (средневзвешенное значение 520°C) и 510-310°C (средневзвешенное значение 430°C) соответственно. Полученный диапазон температур 590-310°C практически идентичен таковому, определенному по температурам гомогенизации флюидных включений в кварце прерудной и рудной стадий.

**МОРФОЛОГИЯ И СОСТАВ СУЛЬФИДНЫХ КАПЕЛЬ В ОЛИВИНОВЫХ
ГАББРОНОРИТАХ ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОГО МАССИВА**

**Пшеницын И.В. (МГУ), Арискин А.А. (МГУ, ГЕОХИ), Спиридонов Э. М.,
Корост Д. В. (МГУ), Николаев Г.С. (ГЕОХИ)**

lotecsi@gmail.com; тел.: 8 (916) 9765141

грант РФФИ 16-17-10129.

При полевых исследованиях расслоенного Йоко-Довыренского гипербазит-базитового интрузива в оливиновых габброноритах, помимо вкрапленных и сидеронитовых сульфидных медно-никелевых руд были выявлены образцы с сульфидными каплями. Это может служить доказательством наличия сульфидного расплава и первично-магматической природы сульфидной ликвации.

Предварительные исследования данных образцов методом компьютерной томографии позволили выявить внутри образцов каплеобразные образования, одно из которых (диаметром около 10 мм) было выбурено из данного образца и детально исследовано. Данное сульфидное обособление было распилено на 11 тонких пластин, из которых были изготовлены шлифы и аншлифы.

Изучение образцов методом электронной микроскопии позволило определить состав основных сульфидных фаз, а элементное «картирование» дало возможность оценить объемные соотношения этих минералов и рассчитать средние содержания основных металлов (Fe, Cu, Ni, Co) в сульфиде. Для расчета состава всей капли в целом, был применен метод подсчета площадей минералов в программе Adobe Photoshop. Это позволило оценить валовый состав изученной сульфидной капли.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
АПАТИТ–РАСПЛАВ В МОДЕЛЬНОЙ ФОСФАТ–КАРБОНАТ–СИЛИКАТНОЙ СИСТЕМЕ**

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

rass@igem.ru; тел.: 8 (965) 363 51 39

Проведен эксперимент длительностью 7 дней при 5 кб и 900°C на установках высокого давления с внутренним нагревом – газостатах. Исходные смеси содержали NaPO_3 , CaCO_3 , NaF , нефелин, с различными пропорциями фосфата, карбоната, силиката и фторида, с добавлением щавелевой кислоты, воды и смеси окислов редких элементов ($\text{La}_2\text{O}_3 + \text{Sm}_2\text{O}_3 + \text{Yb}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{TiO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5$). Выявлена зависимость величины коэффициента распределения апатит-расплав от концентрации P_2O_5 и Na_2O в закаленном расплаве. В двух опытах в закаленном натриево-фосфатном расплаве установлено значимое количество $\text{CaNa}_2\text{PO}_4\text{F}$, идентичного ренаниту в нефелиновом сиените Хибинского массива. Равновесность этой фазы(?) с расплавом сомнительна, хотя и возможна. Коэффициенты распределения REE между апатитом и расплавом оказались на порядок выше определенных в крайне немногочисленных опубликованных исследованиях в карбонатитовой системе. Коэффициенты распределения REE ренанит-фосфатный расплав сравнимы с опубликованными коэффициентами распределения апатит-карбонатитовый расплав, а Zr, Ti – выше в 2-3 раза.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНКОНГРУЭНТНОЙ РАСТВОРИМОСТИ ПИРОХЛОРА В
РАСТВОРАХ NaF-HF ПРИ 800°C И 200 МПа**

Редькин А.Ф., Котова Н.П. (ИЭМ)

redkin@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 522 5852

Гранты РФФИ 15-05-03393, 17-05-00857, и программа ОНЗ.

Исследована растворимость пирохлора $(\text{NaCa})\text{Nb}_2\text{O}_6\text{F}$ в растворах NaF (0.1 – 16mNaF) и 1mNaF+HF (0.01 – 0.3mHF). Используя программу HCh и подпрограмму Optima-A, были рассчитаны константы образования преобладающих комплексов ниобия при 800°C, 200 МПа. Модельными расчетами показано, что растворимость пирохлора в растворах NaF выше растворимости микролита более чем на 1 порядок.

ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ВИВИАНИТА МЕТОДОМ МЁССБАУЭРОВСКОЙ
СПЕКТРОСКОПИИ

Русаков В.С. (физ. ф-т МГУ), Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ)

lmelchak@geol.msu.ru; тел.: (495)939-13-49; rusakovvs@mail.ru

Вивианит – водный фосфат железа $Fe^{2+}_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ кристаллизуется в моноклинной сингонии, пространственная группа $C2/m$. Ионы железа занимают две различные октаэдрические позиции в структуре; в первом положении «А» (изолированные октаэдры) Fe^{2+} окружен четырьмя молекулами воды и двумя атомами кислорода из $[PO_4]^{3-}$ тетраэдров, во втором положении «В» (спаренные октаэдры) Fe^{2+} координирован двумя молекулами воды и четырьмя атомами кислорода из $[PO_4]^{3-}$ тетраэдров. В образцах природного вивианита на воздухе происходит частичное окисление двухвалентного железа и согласно работе (Rodgers and Henderson, 1986) общая формула вивианита имеет вид: $Fe^{2+}_{3-x}Fe^{3+}_x(PO_4)_2(OH)_x \cdot (8-x)H_2O$. На Мёссбауровском спектрометре MS1104Em (Россия) исследован образец из Керченского железорудного бассейна (Крым, Россия). Были определены атомные соотношения ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} в двух кристаллографических позициях: $Fe^{2+}_B / Fe^{2+}_A = 1.60 \pm 0.02$ и $Fe^{3+}_B / Fe^{3+}_A = 0.98 \pm 0.13$. Установлено количество трехвалентного железа в структуре изученного вивианита: $Fe^{3+} / \Sigma Fe = 0.120 \pm 0.004$.

МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА В СУБПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ КОМЕТНЫХ ЯДЕР: НА ПРИМЕРЕ ЯДРА КОМЕТЫ 67P/Чурюмова-Герасименко

Русол А.В., Дорофеева В.А.(ГЕОХИ)

fermata@inbox.ru; тел.: 8 (926) 063 90 53

Работа частично поддержана Программой №7 Президиума РАН.

Исследования последних лет показали, что вещество кометных ядер гетерогенно по составу, а газовыделение происходит не со всей поверхности, а из локальных депрессий глубиной первые сотни метров, активных в регионах максимально освещенных Солнцем. Поэтому, экспериментально измеряемый химический состав кометной комы реально отражает состав лишь ограниченного объема вещества ее ядра. Адекватная интерпретация экспериментальных данных требует изучения термических условий в ядре в зависимости от его положения относительно Солнца. Для этого была построена модель, описывающая процесс распространения тепла в субповерхностных слоях кометных ядер. В качестве ограничения использована разработанная ранее модель освещенности, учитывающая положение ядра на орбите, суточное вращение и его топологическую форму. Высокая пористость вещества обуславливает малую глубину прогрева слоя по сравнению с характерными размерами ядра, что позволило ограничиться одномерной постановкой задачи. Модель была применена к условиям кометы 67P в ее постперигельный период. Результаты распределения тепла в субповерхностных слоях различных регионов ядра 67P, полученные для первых 14-ти суток после прохождения перигелия, представлены в данной работе.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ
ВОССТАНОВЛЕННОГО ФЛЮИДА СИСТЕМЫ C-O-S**

Салова Т.П. (ИЭМ), Симакин А.Г.(ИЭМ, ИФЗ)

salova@iem.ac.ru; тел.: +7-496-522-5853

Проведены эксперименты с использованием двухампульной методики (Simakin et al., 2016) при $P=2$ кбар и $T=900-1100^{\circ}\text{C}$ с сухим восстановленным углекислым флюидом CO-CO_2 , который формировался при разложении FeCO_3 . В состав флюида вводилась сера, выделяющаяся при термическом разложении FeS_2 . В таком флюиде сера присутствует как в элементарном виде, так и в форме COS . COS был зафиксирован нами методом Рамановской спектроскопии в искусственных флюидных включениях стекла ловушке. Поскольку опыты проводились в платиновых ампулах, то при реакции с флюидом образовывались сульфиды платины: PtS_2 ($T=900, 1000^{\circ}\text{C}$) и PtS ($T=1100^{\circ}\text{C}$), которые буферировали летучесть серы. В наших экспериментах образовывался пирротин, как при разложении пирита (FeS_2), так и при реакции флюида с магнетитом (продуктом разложения FeCO_3). В обоих типах пирротина обнаружено 1.5-2 мас.% платины. В пирротине по пириту также отмечена фаза ($\text{Fe}_{0.78}\text{Pt}_{0.22}\text{S}_{1.06}$). В эксперименте при $T=1100^{\circ}\text{C}$ пирротин плавится и при закалке расплава образовались: FeS (с содержанием платины ниже предела обнаружения на микрозонде), вюстит и PtS с небольшим содержанием железа. Очевидно, что при $T=900-1000^{\circ}\text{C}$ пирротин обогатился платиной за счет флюидного переноса.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И МОРФОЛОГИЯ КРИСТАЛЛОВ Co-Cl-БОРАЦИТА

Сеткова Т.В., Балицкий В.С. (ИЭМ), Зубкова Н.В. (МГУ), Ханин Д.А. (ИЭМ)

setkova@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 522 58 47

В работе приводятся результаты исследования по выяснения возможности синтеза борацита в гидротермальных условиях. Опыты проводились при температуре 500°C и давлении 60-100 МПа. В качестве минерализатора использовали высококонцентрированные растворы кристаллогидрата хлорида кобальта в присутствии борной кислоты.

В результате экспериментальных исследований показана возможность синтеза кристаллов Co-Cl-борацита с соответствующей кристаллохимической формулой $\text{Co}_3\text{V}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$, описана морфология и установлены структурные характеристики полученных кристаллов. Несмотря на то, что габитус кристаллов борацита кубический, параметры элементарной ячейки: $a = 8.5418(3) \text{ \AA}$, $c = 20.9517(8) \text{ \AA}$, соответствуют тригональной сингонии с пространственной группой $R\bar{3}c$.

**ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ РОСТА КЛИНОПИРОКСЕНА
ИЗ ВОДОНАСЫЩЕННОГО АНДЕЗИТОВОГО РАСПЛАВА**

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

simakin@iem.ac.ru; тел.: +7-496-522-5853

В ходе экспериментов с водонасыщенным андезитовым расплавом (природный образец влк.Шивелуч) при $P_{H_2O}=3\text{Кбар}$ в режиме осцилляций температуры были выращены зональные кристаллы клинопироксена. Размер кристаллов составил 40-100 мкм. Рост клинопироксенов происходил непрерывно в режиме осцилляции температур (опыт 131) 980-960°C, (опыт 135) 995-985°C по 3 колебания температур в каждом из опытов. Температурные циклы в субликвидусной области составили 16 минут каждый. Зональность изучена по BSE изображениям, высокотемпературные зоны отличаются повышенным содержанием магния и пониженным алюминия. Количество зон сопоставимо с количеством циклов. Наиболее проявленными являются 2 внешние пары зон. Оцененная по кинетическим данным температура ликвидуса C_{rx} составляет 1025-1030°C. Начальное переохлаждение при кристаллизации C_{rx} было в диапазоне 25-60°C, оно быстро уменьшалось по мере роста кристаллов (Симакин и др., 2009, Almeev et al, 2013). Объемная доля кристаллов C_{rx} до закалки составляла 3-4 об.%. Зная температурный режим опытов и ширину зон (L_i), мы вычислили скорость роста в зоне по формуле $G_i=L_i/t$. Величина скорости составляет от $0.7-1.5 \cdot 10^{-6}$ см/сек.

**О ВОЗМОЖНОМ КИНЕТИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ СООТНОШЕНИЯ ОБЪЕМОВ
АМФИБОЛА И КЛИНОПИРОКСЕНА ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АНДЕЗИТА**

Симакин А.Г. (ИЭМ, ИФЗ), Шапошникова О.Ю., Девятова В.Н.(ИЭМ)

simakin@iem.ac.ru; тел.: +7-496-522-585326

В ходе экспериментов с водонасыщенным расплавом андезита вулкана Шивелуч при $P=3$ и 5 Кбар нами установлено, что фазовый состав в субликвидусной области может значительно варьировать. В эксперименте с колебаниями $T=995-985$ °С: выше ликвидуса амфибола и близко к нему - обнаружены участки, в которых кристаллизовался только Srx (2-3 об.%), а при закалке оливин и флогопит. В других участках образца происходила кристаллизация в ходе опыта несколько об.% амфибола, достигающая до 22-24 об.% при закалке. При колебаниях $T=980-960$ °С, ниже ликвидуса амфибола – он не кристаллизовался в основную фазу эксперимента, а вместо него рос Srx ($T_{л}=1024-1030$ °С), амфибол образовался лишь в виде каемок обрастания Srx при закалке. При колебаниях $T=965-960$ °С выросли только кристаллы амфибола со включениями Srx . В длительных опытах в нежелезненных Pt ампулах при $P=5$ Кбар при окололиквидусной $T=1000$ °С равновесный амфибол удалось вырастить лишь в нескольких экспериментах, в большинстве образовался Srx . Эти данные говорят о том, что соотношение объемов Srx и Amf при относительно быстрой кристаллизации андезита могут зависеть от кинетических факторов, включая термическую историю магматического расплава.

ТИТАНСОДЕРЖАЩИЕ ФАЗЫ В СИСТЕМЕ ЭНСТАТИТ–ГЕЙКЕЛИТ ПРИ 10–24 ГПа:
ФАЗОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ, СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ

Сироткина Е.А., Бобров А.В. (ГЕОХИ, МГУ), Бинди Л. (ун-т Флоренции),
Ирифуне Т. (ун-т Эхиме)

ekaterina.a.sirotkina@gmail.com

Поддержка: грант Президента РФ (МК-1277.2017.5) и частично РФФИ (17-55-50062).

Для титана характерны невысокие валовые концентрации в мантии Земли (~0,2 мас.% TiO_2 в пиролите) [Ringwood, 1966], а богатые титаном фазовые ассоциации могут возникать в результате погружения океанической коры в мантию. Так, содержание титана в базальтах погружающейся океанической плиты достигает 1,5 мас.% TiO_2 [Wilson, 1989]. Для установления максимальной растворимости титана в мантийных фазах, а также его влияния на параметры фазовых превращений было проведено экспериментальное изучение системы энстатит-гейкелит при 10–24 ГПа и 1600°C и построена *P–X* фазовая диаграмму псевдобинарной системы $MgSiO_3$ – $MgTiO_3$. К числу богатых титаном фаз относятся $MgTiO_3$ –гейкелит, рутил, фаза $MgTiSi_2O_7$ со структурой веберита (*Web*) и $Mg(Si,Ti)O_3$ –бриджманит. Для *Web* установлена ромбическая сингония, пространственная группа $P3_121$ и параметры элементарной ячейки: $a = 6.3351(7)$, $c = 16.325(2)\text{Å}$, $V = 567.4(1)\text{Å}^3$. Характерно, что изоморфная емкость синтезированных фаз в плане титана различна. Так, в фазах перовскитовой структуры не наблюдается полной смешимости, а выделяются титансодержащий бриджманит (до 15 мол. % $MgTiO_3$) и фаза $Mg(Si,Ti)O_3$.

НАТРИЙСОДЕРЖАЩИЕ ФАЗЫ В СИСТЕМЕ $\text{Na}_2\text{MgSiO}_4\text{--Mg}_2\text{SiO}_4$ ПРИ 22-24 ГПа

**Сироткина Е.А. (ГЕОХИ, МГУ), Тамарова А.П. (МГУ), Бобров А.В. (ГЕОХИ, МГУ),
Бинди Л. (ун-т Флоренции), Пушаровский Д.Ю. (МГУ),
Ирифуне Т. (ун-т Эхиме)**

ekaterina.a.sirotkina@gmail.com

Поддержка: грант Президента РФ (МК-1277.2017.5) и частично РФФИ (17-55-50062).

Рингвудит (Mg_2SiO_4 со структурой шпинели) – основная фаза нижних частей переходной зоны мантии Земли. В работе [Bindi et al., 2016] была показана возможность вхождения в ее состав натрия (до 4,4 мас.% Na_2O). В работе экспериментально изучена система $\text{Na}_2\text{MgSiO}_4\text{--Mg}_2\text{SiO}_4$ при давлении 22–24 ГПа и температурах 1600–1800°C.

Фазовые ассоциации, полученные в опытах, включают Na-содержащий рингвудит, Na-бриджманит, $\text{Na}_2\text{MgSiO}_4$ со структурой кристобалита и фазу X ($\text{Na}_2\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_7$). Максимальные содержания хрома в рингвудите оказались существенно ниже полученных ранее для рингвудита, синтезированного в системе с использованием богатого натрием карбонатитового расплава и мантийного силиката при 23-24 ГПа и 1300-1700°C [Bindi et al., 2016]. Данный факт указывает на то, что Na-рингвудит совместим с высокощелочными карбонатно-силикатными расплавами в условиях нижней мантии Земли.

Для фазы $\text{Na}_2\text{MgSiO}_4$, синтезированной при давлении 22 ГПа и температуре 1800°C, установлена ромбическая сингония с пространственной группой $Pna2_1$ и параметрами элементарной ячейки $a=10.8193(8)$, $b=5.2702(3)$, $c=7.0598(4)\text{Å}$, $V=402.55(4)\text{Å}^3$. Эта фаза, имеющая структуру кристобалита, впервые получена при давлении, соответствующем основанию переходной зоны мантии Земли.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОЛИМОРФНЫХ МОДИФИКАЦИЙ Mn_2O_3

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

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

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 16-17-10180).

Оксид трехвалентного марганца Mn_2O_3 известен в нескольких стабильных и метастабильных фазах [Ovsyannikov et al., 2013]. Устойчивой фазой при стандартных условиях является кубическая модификация α - Mn_2O_3 . В низкотемпературной области до ~ 307 К образуется ромбическая фаза или β - Mn_2O_3 . При стандартной температуре и давлении выше 28 ГПа устойчива фаза со структурной пост-перовскита δ - Mn_2O_3 [Santillan et al., 2006; Shim et al., 2011]. Для этой же P - T области синтезирована фаза с тетрагональной симметрией γ - Mn_2O_3 [Gui et al., 2001], поле устойчивости которой достоверно не определено. Две метастабильные фазы со структурой корунда ε - Mn_2O_3 и перовскита ξ - Mn_2O_3 определены для области высоких температур и давлений [Ovsyannikov et al., 2013]. Измерения теплоемкости Mn_2O_3 выполнены в работах [King, 1954; Robie, Hemingway, 1985; Jacob et al., 2011]. Измерения *in situ*, рентгеновские данные и рамановские спектры для Mn_2O_3 в области высоких давлений опубликованы в современных работах [Hong et al., 2017; Ovsyannikov et al., 2013, 2014; Shim et al., 2011; Santillan et al., 2006]. Нами построены уравнения состояния стабильных фаз Mn_2O_3 и рассчитана их термодинамика при соответствующих P - T параметрах. Был использован апробированный ранее формализм на основе свободной энергии Гельмгольца с учетом магнитной составляющей [Dorogokupets et al., 2017] и рассчитаны линии равновесия фаз в системе Mn_2O_3 . В докладе будут детально обсуждаться методы построения уравнений состояния и вопросы стабильности различных фаз Mn_2O_3 .

**ТЕРМОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ В ОЛИВИНЕ МАССИВА
УИТКОМСТ, ТРАНСВААЛЬ**

**Соловова И.П., Юдовская М.А., Борисовский С.Е. (ИГЕМ),
Зиновьева Н.Г. (МГУ)**

solovova@igem.ru; тел.: 8(499)230 84 15

Аналитические данные получены на Superprobe JEOL JXA-8230, приобретенного за счет средств «Программы развития Московского университета».

Вопрос о генезисе и составе родоначальных магм расслоенных интрузий до сих пор дискуссионен. Метод экспериментального исследования микровключений в минералах является перспективным подходом к решению этой проблемы. Нами начато термобарогеохимическое изучение ультрамафических пород субвулканического силла Уиткомст, генетически связанного с Бушвельдским комплексом. Силл является единственной средой, где расплавные включения могли сохраниться. Оливин содержит многочисленные включения различного типа, включая расплавные. Однако только единичные из них могут быть отнесены к первичным. Плавление дочерних минералов в расплавных включениях происходило в интервале $1150 \geq 1430^\circ\text{C}$. При этом полная гомогенизация не была достигнута. Составы расплава характеризуются согласованным изменением концентраций компонентов в зависимости от содержания в них MgO (14.5-17.5%). Неожиданным оказалась повышенная концентрация Na₂O (до 3.5%). Предположительно это может быть связано с воздействием ювенильного флюида на вещество мантийного источника или с контаминацией нижнекоровым субстратом. На данном этапе исследования обе версии равноправны. При SiO₂ 55-57% расплавы могут рассматриваться как высокомагнезиальные андезито-базальтовые.

ГЕНЕЗИС НИЖНЕМАНТИЙНЫХ АЛМАЗОВ И АССОЦИИРУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ

Спивак А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ)

spivak@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 522 58 76

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 16-05-00850 и МД-3464.2017.5.

Решение проблемы генезиса нижнемантийных алмазов и ассоциирующих минералов первичных включений достигнуто благодаря взаимодополняющим физико-химическим экспериментальным и соответствующим аналитическим данным. Ключевые аспекты генезиса алмазов на глубине нижней мантии 670 - 800 км соответствуют мантийно-карбонатитовой концепции алмазообразования. Это обеспечивается следующими экспериментальными результатами: (1) материнская среда для алмазов и включений представлена полностью смесимыми расплавами с растворенным элементарным углеродом многокомпонентной (Mg-Fe-Ca-силикат) - (Mg-Fe-оксид) - (Na-Mg-Fe-Ca-карбонат) - углеродной системы переменного состава, которая представлена в виде обобщенной диаграммы; (2) физико-химический механизм нуклеации и кристаллизации алмазов и связанных с ними минералов реализуется в силикат-оксид-карбонатных расплавах-растворах, пересыщенных углеродом по отношению к алмазу, при этом происходит фрагментарный захват минералов растущими алмазами; (3) перитектическая реакция бриджменита создает эффект «стишовитового парадокса», который контролирует физико-химический механизм фракционной ультрабазит-базитовой эволюции материнских расплавов с парагенетическим формированием алмаза и минеральных включений в нем.

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАНДАРТНОЙ ЭНТАЛЬПИИ
ОБРАЗОВАНИЯ КЕСТЕРИТА

Столярова Т.А. (ИЭМ), Баранов А.В. (МГУ, ИЭМ), Осадчий Е.Г. (ИЭМ)

stol@iem.ac.ru; baranov.alex911@mail.ru; euo@iem.ac.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 16-05-00700.

Кестерит – минерал группы станнина (МГС) с формулой $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ встречается в гидротермальных кварцево-сульфидных жилах на оловорудных месторождениях. Наиболее распространенным парагенезисом является твердый раствор цинкового станнина и железистого сфалерита, который используется как геологический термометр. Синтетический аналог интенсивно используется в последнее время в качестве функциональных материалов, прежде всего, как материал для солнечных батарей. Отсутствие термодинамических данных тормозит эффективность геохимических и прикладных исследований.

В нашей работе стандартная энтальпия образования кестерита была определена экспериментально калориметрическим методом с помощью вакуумно-блочного калориметра, разработанного в ИЭМ РАН и предназначенного для прямого определения теплоты реакции, проходящей в калориметрическом сосуде (бомбе) [2]. Ввиду невозможности синтеза кестерита из элементов (избыточное давление паров серы может привести к разрушению ампулы), изучалась реакция (R1) его образования из простых сульфидов (CuS , ZnS , SnS), стандартные энтальпии, образования которых известны:



Было проведено 3 опыта по измерению энтальпии реакции (R1). Среднее значение получилось равным $-(51.52 \pm 1.89)$ кДж·моль⁻¹. Стандартная энтальпия образования кестерита из элементов согласно реакции (R1) определяется следующим образом:

$\Delta_f H^{0}_{298.15}(\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4) = \Delta_{(\text{R1})} H^{0}_{298.15} + 2\Delta_f H^{0}_{298.15}(\text{CuS}) + \Delta_f H^{0}_{298.15}(\text{ZnS}) + \Delta_f H^{0}_{298.15}(\text{SnS})$.
Используя данные по стандартным энтальпиям образования сульфидов из [1], получаем следующее значение стандартной энтальпии образования станнина из элементов $\Delta_f H^{0}_{298.15}(\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4) = -(471.18 \pm 2.09)$ кДж·моль⁻¹. В публикации [3], стандартная энтальпия образования кестерита была определена методами Ab-initio и получилась равной -369.13 кДж·моль⁻¹.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЗЭ МЕЖДУ ЖЕЛЕЗИСТОЙ СЛЮДОЙ И КПШ
ПРИ 500°C и 1 КБАР В РАСТВОРЕ КОН

**Суворова Л.Ф., Канева Е.В., Липко С.В., Таусон В.Л., Тароев В.К. (ИГХ СО),
Кашаев А.А. (ИЗК СО)**

lsuvor@igc.irk.ru; тел.: (3925)429579

Грант РФФИ № 16-05-00392.

В гидротермальном эксперименте при 500°C и 1 кбар, проведенном во вкладыше из низкоуглеродистого железа, в растворе КОН, синтезирована ассоциация слюды с КПШ и кальсилитом. Изучено распределение РЗЭ между фазами. Использовались методы рентгеновской дифракции, РСМА, ЛА-ИСП-МС. Установлено, что коэффициент распределения РЗЭ слюда/кпш возрастает в ряду легкие-тяжелые РЗЭ от La до Yb на порядок величины. Содержание Fe в КПШ в среднем составляет 1.4 мас.%. Слюда представлена тетраферрианнитом.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ ТРАХИРИОЛИТОВ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ МОНГОЛИИ**

Сук Н.И., Котельников А.Р. (ИЭМ), Перетяжко И.С., Савина Е.А. (ИГХ СО)

sukni@iem.ac.ru; тел.: +7(496) 522 5865

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

Плавление трахириолитов проводилось на установке высокого газового давления в присутствии 10% H₂O при двух режимах: 1) T=1250°C, P=5.5 кбар продолжительностью 6 час.; 2) T=1250°C, P=5.5 кбар в течение 2 час., затем параметры снижались до T=900°C, P=1 кбар и опыты выдерживались в течение 4 сут., затем осуществлялась изобарическая закалка. В качестве исходной навески использовался трахириолит Нилгинской депрессии (Центральная Монголия) трех типов, различающихся по содержанию фтора (0.58, 2.45 и 15.0 мас.%), а также смеси порошков трахириолитов с минимальным и максимальным содержанием фтора в пропорциях 1:1, 2:1 и 1:2.

Получена жидкостная несмесимость с разделением на силикатный и фторидно-кальциевый расплавы, которая возникала при содержании F в системе >5 мас.%.

Изучение распределения REE (La, Ce, Y, Gd, Dy) между расслоенными фазами при T=1250°C, P=5.5 кбар показало, что они концентрируются преимущественно во фторидном расплаве.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМ ФТОРА В СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ МУТНОВСКОГО ВУЛКАНА (КАМЧАТКА)

Тарнопольская М.Е., Бычков А.Ю.(МГУ)

mashatarnopolskaya@yandex.ru; тел.: 8(495) 9391239

Проект РФФИ 15-05-08110.

Экспериментальное исследование форм фтора в современных гидротермальных источниках Мутновского вулкана (Камчатка) проводилось путем растворения флюорита в термальных источниках. Для этого подготовленные и заранее взвешенные кристаллы флюорита помещались в полиэтиленовые флаконы, заполненные термальной водой (фильтрованной через мембранный фильтр или со взвесью). После этого флаконы помещались в источник на 10 суток. Время достижения равновесия было определено в лаборатории с искусственным гидротермальным раствором. По истечении времени выдерживания кристаллы извлекались, раствор отбирался в пробу. Все опыты сопровождались измерением физико-химических параметров. Удалось провести 3 успешных эксперимента. Определена растворимость флюорита в кислых и ультракислых термальных водах кратера вулкана. Она оказалась ожидаемо высокая. Концентрация фтора в исходной термальной воде составляла 26 мг/кг, после насыщения флюоритом достигла 400 мг/кг. Определен состав основных компонентов и микроэлементов растворов. Проведен расчет теоретической растворимости флюорита. Сопоставление теоретической и наблюдаемой растворимости флюорита позволило установить долю фторидных комплексов в общей концентрации фтора.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И СЕГРЕГАЦИИ РАССЕЯННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ В РОСТОВЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ;
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ**

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

vltauson@iqc.irk.ru; тел.: 8 (3952) 42 99 67

Гранты РФФИ №№ 15-05-00612, 16-05-00104, 15-05-0576, 16-35-00102.

Методом гидротермального синтеза простых и сложных минеральных ассоциаций, с использованием внутреннего пробоотбора, получены значения коэффициентов сокристаллизации (K_D) Cr, V, Mn, РЗЭ с Fe. Показано, что K_D химически близких элементов сохраняют относительное постоянство, тогда как коэффициенты разделения (K_p) варьируют в довольно широких пределах. Обсуждаются условия, при которых поверхность кристаллов становится существенным фактором, влияющим на распределение. Рассмотрена природа двойственности коэффициента распределения несовместимых элементов (благородные металлы) и механизмы сегрегации рассеянных элементов во флюидно-минеральных системах. Данные сопоставлены и результатами изучения минералов из рудных месторождений.

ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИСУЛЬФИДА ПЛАТИНЫ

Тестов Д.С. (Гос. Ун-т «Дубна»), **Тюрин А.В.** (ИОНХ), **Полотнянко Н.А.** (Гос. Ун-т «Дубна»), **Хорошилов А.В.** (ИОНХ), **Чареев Д.А.** (ИЭМ), **Гавричев К.С.** (ИОНХ)

polot.nat@gmail.com; тел.: 8 (903) 1101098

В рамках комплексных исследований термодинамических свойств соединений, входящих в систему S-Pt, в широком интервале температур изучены термодинамические свойства дисульфида платины. Образец PtS₂(к) синтезирован из простых веществ при 1123.15 К с одним промежуточным перетиранием и исследован методом рентгеновской порошковой дифрактометрии, отсутствие других фаз подтверждено методом рентгеноспектрального микроанализа.

На основании данных по измерению изобарной теплоемкости PtS₂(к) в интервале 5-345 К с помощью адиабатического вакуумного калориметра БКТ-3 получены стандартные термодинамические функции. При 298.15 К рассчитаны $C_p^\circ = 66.18 \pm 0.13$ Дж/(моль·К), $S^\circ = 74.51 \pm 0.15$ Дж/(моль·К), $H^\circ(298.15 \text{ К}) - H^\circ(0) = 11.78 \pm 0.02$ кДж/моль, $\Phi^\circ = -[G^\circ(T) - H^\circ(0)]/T = 35.00 \pm 0.07$ Дж/(моль·К).

Теплоемкость была также измерена при 345-875 К с применением синхронного термического анализатора с платиновой печью STA 449 F1 Jupiter®. Использование экспериментальных значений теплоемкости позволило рассчитать коэффициенты в уравнении Майера - Келли. С помощью численного интегрирования при соответствующей температуре рассчитаны значения термодинамических функций для PtS₂(к): $C_p^\circ(T)$, $S^\circ(T)$, $H^\circ(T) - H^\circ(298.15 \text{ К})$ и $\Phi^\circ(T) = -[G^\circ(T) - H^\circ(298.15 \text{ К})]/T$ для интервала до 875 К.

**ПРЕДЕЛЫ ВХОЖДЕНИЯ Au В СИНТЕТИЧЕСКИЕ
КРИСТАЛЛЫ ИНДИЕВОГО-, ИНДИЕВО-ЖЕЛЕЗИСТОГО И
ЖЕЛЕЗИСТОГО СФАЛЕРИТА ПО ДАННЫМ РСМА И ЛА-ИСП-МС**

**Тонкачев Д.Е., (ИГЕМ), Чареев Д.А. (ИЭМ), Абрамова В.Д., Ковальчук Е.В.,
Тагиров Б.Р. (ИГЕМ)**

tonkacheev@igem.ru; тел.: 8 499 230 82 54

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-05-00938
(синтез кристаллов) и РНФ №14-07-00693 (изучение форм нахождения металлов).*

Сфалерит - типичный минерал гидротермальных месторождений, являющийся источником стратегических металлов. Методом газового транспорта с NH_4Cl и с помощью синтеза в эвтектическом расплаве NaCl/KCl были выращены кристаллы In , In-Fe и Fe сфалерита в широком диапазоне составов (In_2S_3 от 0 до 2.5 мол.% и FeS от 0 до 40 мол.%), и в равновесии с золотом. Полученные фазы изучались методом РСМА и ЛА-ИСП-МС. При увеличении концентрации In значительно, до ~1200 г/т, возрастает и содержание Au . Максимальная концентрация Au (до 600 г/т) в железистом сфалерите наблюдается при 30 мол.% FeS , что может быть связано с максимальным содержанием Fe^{3+} в системе ZnS-FeS , а его рекордное содержание в ~5000 г/т отмечено в $(\text{Zn,In,Fe})\text{S}$. Наши данные позволяют предположить, что Au и In (Fe) находятся в сфалерите в виде твёрдого раствора, а сам изоморфизм происходит по схеме: $\text{Au}^+ + \text{In}^{3+} (\text{Fe}^{3+}) \leftrightarrow 2\text{Zn}^{2+}$. Распределение элементов-примесей во всех образцах гомогенное, что позволяет использовать их в качестве внешних стандартов для методов РСМА и ЛА-ИСП-МС.

СКОРОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КОСМОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ХОНДРИТАХ С ИЗВЕСТНЫМИ ОРБИТАМИ И ИХ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ФАЗЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

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

ustinova@dubna.net.ru; тел.: 8 (903) 9731523

Работа частично поддержана Программой 7 фундаментальных исследований Президиума РАН.

Космогенные радионуклиды в метеоритах являются естественными детекторами космического излучения, поскольку их скорости образования прямо пропорциональны интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) в межпланетном пространстве. Изучение космогенных радионуклидов с разными периодами полураспада в постоянно выпадающих на Землю метеоритах с разными орбитами предоставляет бесценную информацию о распределении и вариациях ГКЛ в трехмерной гелиосфере на длительной временной шкале, что недоступно прямым эпизодическим измерениям в космическом пространстве. В работе представлены результаты исследования скоростей образования ^{54}Mn , ^{22}Na и ^{26}Al в 7 хондритах с известными орбитами, выпавшими в разные годы солнечного цикла с 1959 по 2013 г. Получена информация о распределении и вариациях интенсивности ГКЛ в Солнечной системе, обусловленных образованием на 2-4 а.е. в годы высокой солнечной активности слоя магнитных неоднородностей солнечного ветра, эффективно модулирующих космические лучи. Результаты демонстрируют высокую чувствительность скоростей образования космогенных радионуклидов к кратковременным изменениям структуры гелиосферы, т.е. высокую разрешающую способность данного метода исследования магнитогидродинамических процессов в Солнечной системе с возможностью их прогнозирования.

**ТЕРМАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКЛОГИТОВ
МАКСЮТОВСКОГО КОМПЛЕКСА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

Федькин В.В. (ИЭМ)

vfedkin@iem.ac.ru; тел.: 8(496) 522-16-66, 8(905)772-49-29

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Фулбрайта Института
Международного образования (исследовательский грант 2011 г, малый грант 2015 г).*

Новые аналитические данные о составе и зональности главнейших породообразующих минералов из эклогитов высокобарного Максютовского комплекса (Южный Урал) позволяют критически оценить физико-химические условия его образования и эволюции. Максимальные температуры и давления для $\text{Grt} + \text{Cpx} \pm \text{Pl} + \text{Qz}$ равновесия ($T \sim 805\text{-}910^\circ\text{C}$, $P \sim 2.5\text{-}3.5$ ГПа), зафиксированные в составах сосуществующих фаз, указывают на возможные НР-УНР условия формирования комплекса в области стабильности алмаза. Последующие ретроградные и повторные проградные этапы метаморфизма происходили при более низких параметрах, характерных для фации голубых сланцев ($T \sim 450\text{-}700^\circ\text{C}$, $P \sim 1.2\text{-}1.7$ ГПа) и зеленосланцевой фации ($T \sim 380\text{-}470^\circ\text{C}$, $P \sim 0.7\text{-}1.3$ ГПа). Выделяется, по крайней мере, четыре эпизода прогрессивного и сопряженного с ним регрессивного метаморфизма с постепенным снижением его параметров с юга (от д. Шубино) на север (до д. Караяново). Наличие в зональных зернах граната трендов состава противоположной направленности указывают на незавершенность процессов установления $\text{Grt}\text{-}\text{Cpx}$ равновесия и предполагает циклический, прерывистый характер его кристаллизации.

ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИМЕСИ Pt В ПИРИТЕ И ПИРРОТИНЕ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ

**Филимонова О.Н. (ИГЕМ), Чареев Д.А. (ИЭМ), Никольский М.С. (ИГЕМ),
Тригуб А.Л. (НИЦ Курчатовский ин-т), Квашнина К.О. (ESRF),
Ковальчук Е.В., Абрамова В.Д., Тагиров Б.Р. (ИГЕМ)**

oliel@list.ru; тел.: 8 499 230 82 54

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-05-00938 (синтез кристаллов) и РНФ №14-07-00693 (изучение форм нахождения металлов).

При гидротермальной переработке руд магматогенных месторождений платиноидов часто образуются обогащённые Pt фазы системы Fe-S - пирит и пирротин. Задача настоящей работы – синтезировать пирит и пирротин, содержащие примесь Pt, и определить её химическое состояние (степень окисления, наличие собственных фаз и локальное атомное окружение).

Выполнены опыты по синтезу кристаллов FeS₂ и Fe_{1-x}S в расплавах эвтектической смеси хлоридов щелочных металлов в градиентных условиях при температурах 600-650°C. Полученные фазы изучены методами РСМА, ЛА-ИСП-МС, рентгеновской спектроскопии поглощения (XAS) и просвечивающей электронной микроскопии (HRTEM). Предварительная обработка спектров EXAFS L₃-края поглощения показала наличие шести атомов серы в первой координационной сфере Pt ($R_{Pt-S}=2.37\pm 0.02$ Å для пирита). С использованием метода HRTEM установлено наличие кристаллических включений нанометрового размера в пирите. По данным TEM/EDS в образце содержатся только Fe, S и Pt, это позволяет предположить, что Pt присутствует в пирите в виде наночастиц сульфида или образует твердый раствор, замещая атомы Fe в сульфидах.

**СЕРНОКИСЛОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ХРОМА ИЗ ХЛОРИТОВЫХ И
ТАЛЬКОХЛОРИТОВЫХ ПОРОД**

Ханин Д.А. (ИЭМ, МГУ), Ерофеева К.Г. (ИГЕМ)

mamontenok49@yandex.ru; тел.: 8 (496) 522 58 47

Объектом исследования являются талькохлоритовые и хлоритовые породы из хроматных месторождений Урала. В работе приводятся результаты лабораторных исследований процесса выщелачивания хрома из пород водой и водой с добавлением серной кислоты при постоянной аэрацией воздухом при атмосферном давлении. Изучено влияние размера частиц породы, её минеральный состав, pH среды и скорость аэрации раствора на степень извлечения шестивалентного хрома в жидкую фазу при обработке проб серной кислотой разных концентраций.

В ходе исследования методом ICP-MS было выявлено, что максимальное содержание хрома (до 220 ppm) наблюдается в пробах с измельченной талькохлоритовой породой при постоянной аэрации раствора. Содержание хрома в растворах без постоянной аэрации не превышает 100 ppm. Методами РСМА и РЭМ выявлено, что главным хромсодержащим минералом в породе является хлорит, который подвергается интенсивному разложению при воздействии серной кислотой. Содержание хрома в хлорите до эксперимента достигает 2.7 мас.% Cr_2O_3 , после воздействия серной кислоты его содержание снижается до 1.5 мас.%.

МИНЕРАЛОГИЯ ЗОН УДАРНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МЕТЕОРИТА ЭЛЬГА

**Хисина Н.Р., Бурмистров А.А. (ГЕОХИ), Ширяев А.А., Аверин А.А. (ИФХЭ),
Сенин В.Г. (ГЕОХИ), Зиновьева Н.Г. (МГУ)**

khisina@geokhi.ru, khisina@gmail.com; тел.: 8 (495)9397053, 8-916-1133542

На примере изучения железного метеорита Эльга (метеорит группы ІІЕ с силикатными включениями) рассмотрены особенности зон ударного метаморфизма, локализованных вдоль границ силиката с металлом. Исследование проведено методами EMPA, FEG-SEM, TEM и рамановской спектроскопии. Результаты демонстрируют явление мобилизации летучих и легкоплавких элементов при прохождении ударной волны; сосуществование в малых объемах вещества разновалентных форм одного и того же элемента (Fe^0 , Fe^{2+} и Fe^{3+} ; P^0 и P^{5+} ; C^0 и C^{4+}); образование в ударном процессе шрейберзита $(Fe,Ni)_3P$, саркопсида $Fe_3(PO_4)_2$, троилита FeS , милерита NiS , меррилита $NaMgCa_9(PO_4)_{14}$, а также необычной для метеоритов минеральной ассоциации – сидерита $FeCO_3$, треворита Fe_2NiO_4 и гематита. В расплавных ударных брекчиях на субмикронном уровне наблюдается жидкостная несмешиваемость фосфид-карбонатных, фосфид-силикатных, фосфид-оксидных и фосфид-фосфатных расплавов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АМФИБОЛА
С H₂O-HCl ФЛЮИДОМ ПРИ 900°C, 5-7 КБАР:
ПРИЛОЖЕНИЕ К ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМУ МЕТАСОМАТОЗУ**

Ходоревская Л.И., Варламов Д.А. (ИЭМ)

khodorevskaya@mail.ru; тел.: 8 (916) 651 25 53
dima@iem.ac.ru; тел.: 8 (916) 251 89 33

Опыты проводились при 650°C и 5 кбар на установке высокого газового давления с внутренним нагревом по закалочной методике. Результаты экспериментов показали, что при исходных концентрациях HCl ниже 0.1 моль/л амфибол после опытов сохраняется. Помимо амфиболов изредка отмечается хлорит, кварц, оксиды Fe и апатит с содержанием Cl = 0,60-1,80 мас.%. При увеличении m_{HCl} до 1-2 моль/л амфиболы почти полностью растворяются, при этом Ca, Fe, Mg, часть Si и Al из амфибола переосаждаются в виде иголок и розеток хлорита, кроме того отмечены одиночные кристаллы кварца и корунда, а также коллоидные скопления SiO₂, Al₂SiO_n·mH₂O. Концентрации петрогенных элементов в закалочных растворах низкие. Таким образом, в слабопроницаемых областях пород при данных параметрах существенный вынос растворами Ca, Fe, Mg не осуществляется, а происходит переотложение данных элементов в виде хлорита.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АМФИБОЛИТА С
КАРБОНАТНО-ЩЕЛОЧНЫМ ФЛЮИДОМ ПРИ 900°C, 5-7 КБАР**

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

khodorevskaya@mail.ru; тел.: 8 (916) 651 25 53
dima@iem.ac.ru; тел.: 8 (916) 251 89 33

Представлены результаты изучения составов расплавов и минеральных фаз, образующихся при взаимодействии амфиболита, по геохимическим характеристикам близкого к E-MORB, с флюидами $H_2O-NaCl \pm CO_2$ при 5-7 кбар, 900°C. Основные фазы после опытов представлены амфиболом и закалочным расплавом, иногда заметны мельчайшие кристаллы оксида Fe с примесью Ti. Показано, что увеличение мольных долей NaCl в исходном флюиде приводит к росту содержаний SiO_2 и (Na_2O+K_2O) в получаемых расплавах. Андезито-дациты, выплавляемые при дегидратационном плавлении амфиболита, сменяются трахидацитами и трахитами. Составы расплавов, полученные как в присутствии флюида $H_2O-NaCl$, так и флюида $H_2O-NaCl-CO_2$, идентичны по содержаниям петрогенных компонентов, однако среди минеральных фаз наряду с амфиболом появляется фаза $(Ca_{0.25}Fe_{0.75})CO_3$. Результаты экспериментов применимы к моделям образования щелочных расплавов в породах океанической коры.

**КОСМОГЕННОЕ ВЕЩЕСТВО В ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БОЛОТА “ТУНДРА”
КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Цельмович В.А., Куражковский А.Ю. (ГО «Борок» ИФЗ),
Бляхарчук Т.А. (ИМКЭС СО)**

tselm@mail.ru; тел.: 8 906 6327448

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

Проведены микрозондовые определения минерального состава, а также остаточной намагниченности насыщения - Irs и зольности - A^a образцов торфа, отобранных из естественного торфяного обнажения мощностью 270 см (54,78649° с.ш., 88,27233° в.д.). Обнаружено, что тенденции изменения массы исследуемых образцов (кубики с ребром 2 см) и зольности, в основном, совпадают – их значения увеличиваются от верхних горизонтов к нижним. Поведение этих параметров в основном контролируются эндогенными факторами: изменением видового состава растительности и уплотнением торфа в процессе его накопления. Измерения Irs не позволили обнаружить явного влияния эндогенных факторов на поведение этого параметра. Микрозондовые исследования показали, что периодические кратковременные всплески Irs связаны с резкими возрастаниями поступления минерального (преимущественно космогенного) вещества в торфяные отложения. Интервалы между всплесками Irs на олиготрофной (последние 1200 лет) стадии развития болота, в среднем, составляли около 100 лет. Максимальный всплеск концентрации космогенного вещества (в 4-5 раз превышающий другие всплески) отмечен около 5000 лет тому назад.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Pb И Zn В ПРОЦЕССЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГРАНИТНОГО
РАСПЛАВА ПРИ ДАВЛЕНИИ ОКОЛО 270 И 510 МПа**

Чевычелов В.Ю. (ИЭМ)

chev@iem.ac.ru; тел.: 8(496)52-258-61

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ гранты № 15-05-03393-а, № 17-05-01075-а и программы ОНЗ РАН «Комплексные исследования по актуальным проблемам наук о Земле».

Кристаллизация проводилась путем медленного понижения температуры и давления в двух сериях опытов: $T = 630 \rightarrow 580^\circ\text{C}$, $P = 285 \rightarrow 255$ МПа и $T = 600 \rightarrow 550^\circ\text{C}$, $P = 520 \rightarrow 500$ МПа. Экспериментально изучено распределение компонентов между образующимися кристаллическими фазами (кварцем и полевыми шпатами: альбитом (*Ab*), олигоклазом (*Olg*), анортоклазом (*Ancl*) и калиевым полевым шпатом (*Kfs*)); выделяющимся флюидом и остаточным расплавом. Установлено существенное влияние давления на распределение полиметаллов между выделяющимся из гранитного расплава флюидом и кристаллизующимися полевыми шпатами. Так при $P \sim 270$ МПа Zn предпочтительнее концентрируется во флюиде, чем в кристаллических фазах, за исключением *Kfs*; а Pb равномерно входит в разные фазы - коэффициенты его распределения близки к единице. При $P \sim 510$ МПа содержания полиметаллов во флюиде уменьшаются более чем на порядок, одновременно содержания Pb в *Olg* и *Kfs* существенно (в 6-7 раз) увеличиваются. При этом давлении полиметаллы начинают концентрироваться, главным образом, в полевых шпатах, причем в большей степени в *Olg* и *Kfs*.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Cl, H₂O и CO₂ ВО ФЛЮИДНО-МАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРИ $T = 1000^{\circ}\text{C}$ И $P = 200$ МПа

Чевычелов В.Ю., Корнеева А.А. (ИЭМ)

chev@iem.ac.ru; gubkagob@mail.ru; тел.: 8(496)52-258-61

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 15-05-03393-а, № 17-05-01075-а и программы ОНЗ РАН «Комплексные исследования по актуальным проблемам наук о Земле».

Экспериментально исследовано влияние CO₂ на растворимость водного хлоридного флюида в дацитовых, фонолитовых и риолитовых расплавах при $P = 200$ МПа, $T = 1000^{\circ}\text{C}$. Установлено, что без CO₂ содержание Cl в расплаве существенно возрастает от риолитового (0.2 мас.%) к фонолитовому (0.7 мас.%) и дацитовому (1.0 мас.%). При введении CO₂ в систему содержание Cl в алюмосиликатном расплаве увеличивается на 20-25 отн.%, что, вероятно, связано с возрастанием активности Cl во флюиде. При добавлении CO₂ в систему содержание H₂O в расплаве уменьшается на ~0.5-1.0 мас.% по сравнению с системой без CO₂, что объясняется разбавлением флюида углекислым газом, в результате чего мольная доля и фугитивность H₂O во флюиде уменьшаются.

**КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОГО ХРОМИСТОГО ГРАНАТА
В СИСТЕМЕ СЕРПЕНТИН-ХРОМИТ-CaO**

Чепуров А.А. (ИГМ СО)

acheurov@igm.nsc.ru; тел.: (383) 333 2341

Гранаты, содержащие высокое количество хрома и кальция, являются одними из самых редких разновидностей этого минерала, встречающихся в перидотитах и включениях в алмазах. Их происхождение связывают с метасоматическими реакциями в условиях верхней мантии в процессах так называемой верлитизации перидотитов. В данной работе представлены результаты экспериментального моделирования условий кристаллизации высококальциевых хромистых гранатов в системе серпентин – хромит – Ca-Cr-содержащий водный флюид при давлении 5 ГПа и температуре 1300 °С. Новообразованный гранат характеризуется высоким содержанием CaO (до 26.30 вес.%) и Cr₂O₃ (до 20.95 вес.%) и по химическому составу близок к уваровит-пироповым разновидностям, которые входят в состав относительно редко встречающегося в природе парагенезиса гранатовых верлитов. Полученные экспериментальные данные наглядно демонстрируют представления о том, что высококальциевые хромистые гранаты могут образовываться при высоких P-T параметрах в результате реакции хромитсодержащих перидотитов с флюидом, обогащенным кальцием.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИРОДНЫХ СИЛИКАТНЫХ СТЕКЛАХ МАФИЧЕСКОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОРАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Шишкина Т.А. (ГЕОХИ), Тихонова М.С. (МГУ), Некрылов Н.А. (Музей Ферсмана), Попов Д.В. (МГУ), Бочарников Р.Е. (Inst. Mineralogie, Hannover), Плечов П.Ю. (Музей Ферсмана, МГУ), Портнягин М.В. (ГЕОХИ)

t.shishkina@geokhi.ru; тел.: 8 (495) 939-70-62

Разработана методика определения воды в закалочных силикатных стеклах и расплавных включениях методом микрорамановской спектроскопии с помощью конфокального рамановского микроскопа JY Horiba XPlora Jobin (кафедра петрологии геологического факультета МГУ). Проведена калибровка прибора с использованием коллекции экспериментально-синтезированных силикатных стекол ультраосновного, основного и среднего составов с известными содержаниями воды, определенными ранее независимыми методами (ИК-спектроскопия, метод титрации по Карлу-Фишеру). Показано, что для количественной оценки воды возможно применение стеклостандартов, отличающихся по содержаниям главных петрогенных компонентов, однако близких по степени полимеризации (NBO/T) к изучаемым природным стеклам. С использованием разработанной методики были определены содержания воды в коллекции природных закалочных стекол из образцов океанических толеитов района тройного сочленения Буве и в расплавных включениях в оливине вулканов Камчатки.

РАСТВОРЕНИЕ ЗОЛОТА В СОЛЕВОМ РАСПЛАВЕ КАК ФУНКЦИЯ $P(O_2)$

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

Kshmulovich@yandex.ru; тел.: 8(495) 437 5319

Идея работы основана на поиске способа извлечения золота из руд без применения токсичных и дорогих реагентов.

Измерена растворимость Au в закрытой системе, содержащей сухой расплав NaCl, окислитель KClO₄ и кварцевое стекло. опыты проведены в вакуумированных кварцевых ампулах при 860°C с продолжительностью 14 суток. В изотермической системе растворимость определена по потере веса золотой пластинки. Растворимость растёт линейно от 0 до ~ 20 г Au на 1 кг NaCl при нагрузках KClO₄ от 0 до 30 мг. Максимальная растворимость золота оценивается в 30 г на 1 кг соли. Особенностью процесса является его обратимость: при кристаллизации солевого расплава золото выпадает в виде металла как с типичными треугольными и гексагональными кристаллами, так и в виде сростков микронного размера.

ТЕРМОДИНАМИКА ИСПАРЕНИЯ РАСПЛАВОВ СИСТЕМЫ $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$

Шорников С.И. (ГЕОХИ)

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

Термодинамические исследования испарения составов CAIs, представляющих собой расплавы системы $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{FeO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$, показывают, что на последних стадиях испарения состав остаточного расплава является расплавом системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$. В этой связи физико-химические свойства системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$ и ее расплавы приобретают особый интерес для понимания закономерностей испарения составов CAIs. Тройных соединений в системе $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$ не обнаружено, однако имеется значительное количество двойных соединений – алюминатов кальция (CaAl_2O_4 , CaAl_4O_7 , $\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$, $\text{Ca}_5\text{Al}_6\text{O}_{14}$, $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$) и титанатов кальция ($\text{Ca}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$, $\text{Ca}_4\text{Ti}_3\text{O}_{10}$, CaTiO_3) и алюминия (Al_2TiO_5).

Используя разработанную полуэмпирическую модель (Шорников, 2009–2016), рассчитаны величины активностей оксидов и энергий смешения в расплавах системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$ в диапазоне температур 2000–2300 К. Исходными данными для термодинамических расчетов являлись экспериментальные данные о стандартных энергиях Гиббса $\Delta G^\circ(i)$ образования простых оксидов (CaO , Al_2O_3 и TiO_2) и перечисленных двойных соединений системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$ в кристаллическом и жидком состоянии; в составе газовой фазы рассматривались следующие компоненты: Ca , CaO , Ca_2 , Al , AlO , AlO_2 , Al_2 , Al_2O , Al_2O_2 , Al_2O_3 , Ti , TiO , TiO_2 , O , O_2 , O_3 и O_4 .

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--TiO}_2$

Шорников С. И. (ГЕОХИ)

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

Система $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--TiO}_2$ является важной составной частью многокомпонентных петрологических систем, ее физико-химические свойства представляют значительный интерес для технологий производства керамики и огнеупоров. В системе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--TiO}_2$ образуется единственное соединение – тиалит (Al_2TiO_5), который конгруэнтно плавится при температуре 1840 ± 20 °С.

Используя разработанную полуэмпирическую модель (Шорников, 2009–2016), рассчитаны величины активностей оксидов и энергий смешения в алюмотитанатных расплавах в интервале температур 1600–2100 °С. Исходными данными для термодинамических расчетов являлись экспериментальные данные о стандартных энергиях Гиббса $\Delta G^\circ(l)$ образования простых оксидов (Al_2O_3 и TiO_2) и их соединения (Al_2TiO_5) в кристаллическом и жидком состоянии; в составе газовой фазы рассматривались следующие компоненты: Al, AlO, AlO₂, Al₂, Al₂O, Al₂O₂, Al₂O₃, Ti, TiO, TiO₂, O, O₂, O₃ и O₄.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ FeO–Al₂O₃

Шорников С. И. (ГЕОХИ)

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

В системе FeO–Al₂O₃ образуется одно соединение – герцинит (FeAl₂O₄), который является конечным членом шпинелидных твердых растворов, представляющих интерес в технологии огнеупоров, ферритов и в металлургических процессах, а также в природных минералах, что обуславливает интерес к физико-химическим свойствам системы FeO–Al₂O₃ и ее расплавов.

Используя разработанную полуэмпирическую модель (Шорников, 2009–2016), рассчитаны величины активностей оксидов и энергий смешения в железоалюминатных расплавах в области температур 1500–2500 К. Исходными данными для термодинамических расчетов являлись экспериментальные данные о стандартных энергиях Гиббса $\Delta G^\circ(i)$ образования простых оксидов (FeO и Al₂O₃) и герцинита в кристаллическом и жидком состоянии; в составе газовой фазы рассматривались следующие компоненты: Fe, Fe₂, FeO, FeO₂, Al, AlO, AlO₂, Al₂, Al₂O, Al₂O₂, Al₂O₃, O, O₂, O₃ и O₄.

Сопоставление результатов расчётов величин активностей оксидов и энергий смешения расплавов в системе FeO–Al₂O₃ с имеющимися в литературе данными показывает удовлетворительное соответствие.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ FeO–TiO₂

Шорников С.И. (ГЕОХИ)

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

Физико-химические свойства системы FeO–TiO₂ и ее соединений – ульвошпинели (Fe₂TiO₄), ильменита (FeTiO₃) и титаната железа (FeTi₂O₅) представляют интерес для понимания процессов природного минералообразования, а также для изучения титановых руд и металлургии титана.

Используя разработанную полуэмпирическую модель (Шорников, 2009–2016), рассчитаны величины активностей оксидов и энергий смешения в железотитанатных расплавах в области температур 1400–2200 К. Исходными данными для термодинамических расчетов являлись экспериментальные данные о стандартных энергиях Гиббса $\Delta G^\circ(i)$ образования простых оксидов (FeO и TiO₂) и соединений системы (Fe₂TiO₄, FeTiO₃ и FeTi₂O₅) в кристаллическом и жидком состоянии; в составе газовой фазы рассматривались следующие компоненты: Fe, Fe₂, FeO, FeO₂, Ti, TiO, TiO₂, O, O₂, O₃ и O₄. Полученные результаты удовлетворительно соответствуют имеющимся в литературе данным.

О ПРОИСХОЖДЕНИИ МАСКОНОВ НА ЛУНЕ

Шпекин М.И. (КФУ, Казань), Баренбаум А.А. (ИПНГ)

MichaelS1@yandex.ru; тел.: 8 (843) 292-77-97, azary@mail.ru; тел.: 8(499) 135-54-67

Масконами называются скопления под поверхностью Луны больших масс вещества более тяжелого, чем лунная кора, вызывающие положительные гравитационные аномалии. Чаще всего масконы находятся под морями, но также имеются на возвышенных участках лунной поверхности. В настоящее время масконы обнаружены на Луне, а также Марсе и Меркурии.

Происхождение масконов связывают с падениями на Луну крупных космических тел, которые создают залитые базальтами гигантские кратеры, а также вызывают под кратерами подъем к поверхности более плотного вещества мантии. Считается, что масконы возникли на раннем этапе образования Солнечной системы 4-3 млрд лет назад. Установлено, однако, что создавшие масконы космические тела имели иное распределением по размерам, чем тела современного пояса астероидов. Так что проблема образования масконов далека от своего решения.

Получен вывод, что масконы образованы не падениями астероидных тел, а циклически бомбардирующими Луну галактическими кометами. При этом подавляющее большинство масконов на Луне имеют кайнозойский возраст и возникли в результате двух-трех последних бомбардировок Солнечной системы галактическими кометами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА В МИНЕРАЛАХ КИВАККСКОГО МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВОГО РАССЛОЕННОГО ИНТРУЗИВА (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ)

Шубин И.И. (МГУ), Жаркова Е.В.(ГЕОХИ) Коптев-Дворников Е.В. (МГУ)

shubin.ivann@mail.ru

Работа посвящена изучению расслоенной интрузии Кивакского типа и определению собственной летучести кислорода (intrinsic oxygen fugacity - fO_2) минералов. Киваккский интрузив расположен в Северной Карелии на северо-западном берегу озера Пяозеро. Он входит в Олангскую группу расслоенных перидотит-габбро-норитовых интрузивов, являющуюся частью субширотной полосы базит-гипербазитовых массивов. Для эксперимента были отобраны чистые зерна оливинов (Ol), и ортопироксенов (Orx). Собственная летучесть кислорода измеренных ортопироксенов лежит в области буферного равновесия вюстит-магнетит (WM) и ниже, тогда как fO_2 оливинов при температуре 800°C лежит ниже буферного равновесия кварц-фаялит-железо (QFI), а при температуре 1100°C пересекает буферную кривую кварц-фаялит-магнетит (QFM).

**ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА РАСПЛАВА В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДНОГО ФЛЮИДА
В МОДЕЛЬНОЙ ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЕ С ФТОРОМ И ЛИТИЕМ**

**Щекина Т.И., Алферьева Я.О., Русак А.А., Котельников А.Р.,
Граменицкий Е.Н., Зиновьева Н. Г. (МГУ, ИЭМ РАН)**

t-shchekina@mail.ru тел.:(495)9392040

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

Проведены три серии экспериментов в модельной гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H с одним и тем же опорным составом в отношении главных компонентов, но при различных Т-Р параметрах и содержаниях воды: 1) Т=800°C, Р=1кбар, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40 мас.% H₂O от массы шихты опорного состава; 2) Т=800°C, Р=2 кбар, 2, 5, 10, 15 мас.% H₂O; 3) Т=1000°C, Р=1кбар, 2, 5, 10, 15 мас.% H₂O. В исследуемой системе при температуре 800°C, давлении 1-2 кбар и валовом содержании воды 2-30 мас.% стабильно воспроизводится фазовое равновесие алюмосиликатного (L) и алюмофторидного солевого (LF) расплавов. Обнаружено, что увеличение содержания воды в системе приводит к уменьшению содержания Si, увеличению F и росту отношения Na/K. Из этих данных следует, что вода способствует увеличению растворимости равновесной фторидной фазы LF, вплоть до полного ее растворения в алюмосиликатном расплаве. В экспериментах при 800°C, 1 кбар при добавлении 40% воды, и в экспериментах при Т=1000°C, 1 кбар фаза LF не была обнаружена, что позволяет предполагать замыкание области несмесимости в данной системе.

НАХОДКА ХОНДРИТА В ПРИМОРЬЕ

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

Valery.yurkovets@gmail.com; тел.: 8 (921) 407 13 79

В адрес академии ДНК-генеалогии поступил образец из Приморского края, предварительное исследование которого показало, что его можно отнести к хондритам 2 типа. Образец имеет корку плавления и признаки (трещины и зону закалки), указывающие на быстрое остывание, вероятно, в водной среде. На шлифовке хорошо различимы хондры размером до одного мм и матрица, включающая частицы рудного минерала. Часть рудной компоненты присутствует в составе хондр. В настоящее время ведётся оптическое и химическое исследование образца, результаты которых будут готовы к ВЕСЭМПГ-2017.

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ИСПАРЕНИЮ ОЛИВИНА

Яковлев О. И., Шорников С. И. (ГЕОХИ)

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

Высокая степень распространенности оливина в хондритах объясняет постоянный интерес исследователей к вопросам его первичной конденсации из газовой фазы, а также вопросам его испарения на этапе небулярной эволюции. В последние годы в зарубежной литературе появились новые экспериментальные данные по высокотемпературному испарению оливина. При этом все авторы как прошлых, так и современных экспериментальных работ полагают, что форстерит испаряется конгруэнтно, то есть без изменения состава. Испарение же оливина, как фазы переменного состава, происходит таким образом, что между веществом в конденсированном состоянии (жидком или твердом) и газом может быть различие в железистости состава, тогда как «оливиновая» стехиометрия $[(Mg + Fe) / Si = 2]$ остается без изменения.

Критический анализ практически всех экспериментальных данных как отечественных, так и зарубежных, показал, что на самом деле процесс испарения из твердой фазы (сублимация) действительно близок к конгруэнтному, тогда как испарение из жидкой фазы носит явно инконгруэнтный характер. Кроме того, как показали наши исследования, испарение оливина зависит от кинетики процесса. В режиме импульсного испарения отношение элементов Mg / Si в паре было близко к 1, что никак не соответствует стехиометрии оливина и, следовательно, конгруэнтному характеру его испарения.

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР СИЛИЦИДОВ НИОБИЯ, СОДЕРЖАЩИХ ПРИМЕСИ УГЛЕРОДА И БОРА ПО ДАННЫМ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ РАСЧЕТОВ.

Якушев Д.А. (МГУ), Кузьмина Н.А. (ВИАМ), Еремин Н.Н., Марченко Е.И. (МГУ).

marchenko-ekaterina@bk.ru; тел.: 495-939-38-75

РФФИ № 15-05-04575.

Силициды ниобия являются перспективными материалами в авиаконструировании, что связано с их прочностными характеристиками, которые во многом определяются позициями и типом примесных элементов в их кристаллических структурах. В этой связи построение количественных энергетических моделей вхождения примесей сильно упрощает экспериментальные исследования. Методом атомистического компьютерного моделирования разработана согласованная модель потенциалов межатомного взаимодействия, позволившая воспроизвести кристаллические структуры трех полиморфных модификаций силицида ниобия (α -Nb₅Si₃, β -Nb₅Si₃, γ -Nb₅Si₃ – аналога природного минерала мавляновита) - с ошибкой не более 0,6%, а также рассчитать их некоторые физические свойства. Для оценки энергетики вхождения примесных атомов углерода в структуры были дополнительно разработаны парные потенциалы межатомного взаимодействия Si-C, Nb-C, C-C, Si-B, Nb-B, B-B. Двумя независимыми методами (Мотта-Литтлтона и методом моделирования в сверхъядерках) определены энергетически наиболее выгодные позиции для примесных атомов углерода в исследуемых структурах.