

Министерство образования и науки

Российская академия наук

Отделение наук о Земле

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Ленина и Ордена Октябрьской революции
Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского
(ГЕОХИ РАН)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт экспериментальной минералогии им. Д.С.Коржинского
(ИЭМ РАН)

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ВСЕРОССИЙСКОГО ЕЖЕГОДНОГО СЕМИНАРА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ

(ВЕСЭМПГ-2020)

Москва, 14–15 апреля 2020 г.



Москва

Председатели семинара

дгмн О.А. Луканин ГЕОХИ РАН
дгмн О.Г. Сафонов ИЭМ РАН, МГУ

Оргкомитет

дгмн А.А. Аriskин МГУ, ГЕОХИ РАН
дгмн А.В. Бобров МГУ, ГЕОХИ, ИЭМ РАН
кгмн В.А. Зайцев ГЕОХИ РАН
дгмн А.Р. Котельников ИЭМ РАН
чл-кор. О.Л. Кусков ГЕОХИ РАН
дхн. Ю.А. Литвин ИЭМ РАН
дхн Е.Г. Осадчий ИЭМ РАН
дгмн Ю.Н. Пальянов ИГМ СО РАН
-дхн Б.Н. Рыженко ГЕОХИ РАН
чл-кор. Ю.Б. Шаповалов ИЭМ РАН
кгмн О.И. Яковлев ГЕОХИ РАН

Секретари семинара

кхн Е.В. Жаркова ГЕОХИ РАН
Е.Л. Тихомирова ИЭМ РАН

ВЕСЭМПГ - 001

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАДИАЦИОННОЙ ИСТОРИИ УРЕИЛИТОВ

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

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

Работа частично поддержана Программой № 12 Президиума РАН

Приведены результаты анализа распределения радиационных возрастов и масс уреилитов в сопоставлении с таковыми для обыкновенных хондритов, а также анализ результатов трековых исследований уреилита Канне. Найденные характерные особенности в распределениях, вероятнее всего, связаны с наличием большей доли уреилитов с малыми радиационными возрастaми среди метеоритов с малыми размерами. Этот факт может быть обусловлен более быстрой доставкой на орбиты, пересекающие орбиту Земли, метеороидов малых размеров, что, в свою очередь, связано с более эффективным переводом малых тел в поясе астероидов в районы резонансов, главным образом – под действием "суточной" компоненты эффекта Ярковского.

ВЕСЭМПГ - 002

РАСТВОРЕНИЕ КВАРЦА В ВОДЯНОМ ПАРЕ И ДИСТИЛЛЯЦИЯ РАСТВОРА В СИСТЕМЕ КВАРЦ–ВОДА–ПАР ПРИ 300°C

Алексеев В.А., Бурмистров А.А., Громяк И.Н. (ГЕОХИ РАН)
alekseyev-v@geokhi.ru; тел.: 8 (917) 599 89 73

Выполнены опыты с кристаллами кварца и водой при 300°C и небольших температурных градиентах. В опытах, где кристалл располагался в паровой фазе, впервые измерена константа скорости растворения кварца для пара, которая оказалась меньше, чем для воды, в 630 раз. Расчеты показали, что время достижения равновесия кварца с водой и паром одинаково мало (2-3 сут), но последующая перекристаллизация кварца в паре на 2 порядка медленнее, чем в воде. Когда кристалл располагался и в воде, и в паре, растворение стабильного кварца в воде приводило к осаждению метастабильного опала на кварце в паре. Это необычное явление обусловлено изменением свойств флюида при уменьшении его размера, т.е. относится к области наногеохимии. В частности, оно объясняется дистилляцией, вызванной преимущественным испарением тонкого слоя раствора на кварце. Испарение усиливалось в присутствии канавок и шероховатой поверхности. Процесс шел на 3.5 порядка быстрее перекристаллизации, т.к. система находилась дальше от равновесия. Дистилляция может быть причиной асимметрии природных кристаллизационных полостей, нижние части которых растворялись, а в верхних частях осаждались минералы.

ВЕСЭМПГ - 003

**ИОННЫЙ ОБМЕН НА ДИНАМИЧЕСКИХ МЕМБРАНАХ ИЗ АМОРФНОГО Fe(OH)₃ И
ХАРАКТЕРНЫЕ ВРЕМЕНА ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ**

Алехин Ю.В., Ивлева Е.А. (геол. ф-т МГУ)

alekhin@geol.msu.ru; тел. 8 (916) 957 00 08

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ № 19-05-00519, № 19-35-90088

Адсорбция на поверхности раздела минерал - раствор в значительной степени определяет многообразные процессы, протекающие в гетерофазных системах. Экспериментальная часть работы была посвящена получению информации о скорости возникновения новых, то есть первоначально ненасыщенных ад-центров в единице объема. В качестве приемлемой и геохимически интересной модельной системы для опытов были приготовлены мембраны из рентгеноаморфного Fe(OH)₃ и кристаллического гематита и исходные растворы Cd(NO₃)₂ с концентрацией 10⁻⁴ моль/л, подкисленные HNO₃ до pH = 4. Характер полученных выводов показывает, что сопряжение на динамических мембранах процессов растворения и перекристаллизации с образованием новых ад-центров являются ведущим, а быстрые процессы адсорбции и ионного обмена лишь сопровождают и являются характеристиками (свидетельствами) более медленных процессов перекристаллизации и старения осадков при химическом переуравновешивании фаз. При фильтрации поглощение происходит как хроматографический процесс без предельного адсорбционного насыщения в силу медленности процесса возникновения кристаллической фазы FeOOH из аморфной.

ВЕСЭМПГ - 004

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФТОРСОДЕРЖАЩЕГО ГРАНИТНОГО РАСПЛАВА И КАЛЬЦИТА
КАК ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА ОБРАЗОВАНИЯ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫХ ОНГОНИТОВ**

Алферьева Я.О., Новикова А.С., Граменицкий Е.Н. (геол. ф-т МГУ)

YanaAlf@ya.ru тел.: 8 (495) 9392040

Онгониты с высоким содержанием кальция описаны в Восточном Забайкалье (массив Ары-Булак) и фторсодержащие богатые кальцием риолиты изучены в Монголии (Нилгинская депрессия). В ходе кристаллизационной дифференциации Са не накапливается в остаточном расплаве, а расходуется на образование породообразующих минералов. В магматических процессах механизм совместного накопления Са и F не известен.

В проведенной серии экспериментов моделируется контактное диффузионное взаимодействие кальцита и фторсодержащего гранитного расплава при 750°C, 100 МПа и содержании воды 10% от массы навески. Исходный состав гранитного расплава по содержанию Si, Al, F и щелочей соответствует онгонитам центральной фации массива Ары-Булак.

В полученных образцах отмечается хорошо выраженное изменение состава как в карбонатной, так и в силикатной части. Для колонки взаимодействия установлена минералогическая и геохимическая зональность.

ВЛИЯНИЕ НАТРИЯ НА ЖИДКОСТНУЮ НЕСМЕСИМОСТЬ В КАЛИЕВЫХ КАРБОНАТ–АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ P-T ПАРАМЕТРАХ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ

Арефьев А.В., Шацкий А.Ф., Степанов К.М., Подбородников И.В. (ИГМ СО РАН, НГУ), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)

arefievanton@igm.nsc.ru тел.: 8 (383) 373-05-26 (доб.824)

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №19-35-90082)

Чтобы оценить влияние Na на несмесимость карбонатной и силикатной жидкостей в области устойчивости алмаза, мы провели эксперименты в системах $KAlSi_3O_8 + CaMg(CO_3)_2 \pm NaAlSi_2O_6 \pm CaMgSi_2O_6 \pm Na_2CO_3$ при 6 ГПа и 900-1500 °С. Плавление в системе Kfs+Dol контролируется реакцией: $6KAlSi_3O_8 (Kfs) + 6CaMg(CO_3)_2 (Dol) = 2(Ca_n, Mg_{1-n})_3Al_2Si_3O_{12} (Grt) + Al_2SiO_5 (Ky) + 11SiO_2 (Coe) + 3K_2(Ca_{1-n}, Mg_n)_2(CO_3)_3 (L(C)) + 3CO_2 (F/L)$, где $n \sim 0.3-0.4$. Нагрев до 1300 °С приводит к появлению несмесимого алюмосиликатного расплава в дополнение к карбонатному расплаву по реакции $K_2CO_3 (L(C)) + Al_2SiO_5 (Ky) + 5SiO_2 (Coe) = 2KAlSi_3O_8 (L(S)) + CO_2 (F/L)$. Состав силикатного расплава напоминает $KAlSi_3O_8$ с растворенными $CaMg(CO_3)_2$ и молекулярным CO_2 . Добавление в систему омфациита ($NaAlSi_2O_6 + CaMgSi_2O_6$) принципиально ничего не меняет. Однако добавление $NaAlSi_2O_6$ сдвигает границу несмешиваемости жидкостей до 1500 °С, а Na_2CO_3 полностью исключает появление силикатного расплава по следующей реакции: $2KAlSi_3O_8 (L(S)) + Na_2CO_3 = 2NaAlSi_2O_6 (Cpx) + K_2CO_3 (L(C)) + SiO_2 (Coe)$. Таким образом, увеличение Na в системе $Na_2O-K_2O-CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2-CO_2$ поглощает Al_2O_3 и SiO_2 из силикатного расплава с образованием клинопироксена. Это смещает поле несмесимости карбонатной и силикатной жидкостей в область более высоких температур или полностью прекращает появление несмесимого силикатного расплава.

ВЕСЭМПГ - 006

СИСТЕМА K_2CO_3 - $CaCO_3$ - $MgCO_3$ ПРИ 3 И 6 ГПа

**Арефьев А.В., Шацкий А.Ф., Подбородников И.В. (ИГМ СО РАН, НГУ),
Литасов К.Д. (ИФВД РАН)**

arefievanton@igm.nsc.ru тел.: 8 (383) 373-05-26 (доб.824)

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Исследованы фазовые взаимоотношения в системе K_2CO_3 - $CaCO_3$ - $MgCO_3$ при 3 и 6 ГПа (Arefiev et al., 2019a, b). При 3 ГПа субсолидусная ассоциация представлена Ca-Mg-содержащим K_2CO_3 , $K_2Ca(CO_3)_2$ бючлиитом, $K_2Ca_2(CO_3)_3$, $K_2Mg(CO_3)_2$, арагонитом, Са-доломитом (Са#=80), доломитом (Са#=50) и магнезитом, где Са# = 100 Са/(Са + Mg). Система имеет одну эвтектику при 825 ± 25 °С, контролируемую реакцией $K_2(Mg_{0.78}Ca_{0.22})(CO_3)_2 + K_2(Ca_{0.70}Mg_{0.30})(CO_3)_2$ бючлиит + $K_{1.70}Ca_{0.23}Mg_{0.07}CO_3 \rightarrow [53K_2CO_3 \cdot 47Ca_{0.40}Mg_{0.60}CO_3]$ (эвтектический расплав). При 6 ГПа в субсолидусной области устойчивыми фазами являются K_2CO_3 , $K_8Ca_3(CO_3)_7$, $K_2Ca(CO_3)_2$ бючлиит, $K_2Ca_3(CO_3)_4$, $K_2Mg(CO_3)_2$, арагонит, доломит (Са#=50-65) и магнезит. Система имеет две эвтектики, расположенные между 1000 и 1100 °С, контролируемые реакциями: $K_2(Ca_{0.90}Mg_{0.10})_3(CO_3)_4 + K_8(Ca_{0.94}Mg_{0.07})_3(CO_3)_7 + K_2(Mg_{0.60}Ca_{0.40})(CO_3)_2 \rightarrow [40K_2CO_3 \cdot 60(Ca_{0.70}Mg_{0.30})CO_3]$ (первый эвтектический расплав) и $K_8(Ca_{0.94}Mg_{0.07})_3(CO_3)_7 + K_2CO_3 + K_2(Mg_{0.60}Ca_{0.40})(CO_3)_2 \rightarrow [62K_2CO_3 \cdot 38(Ca_{0.73}Mg_{0.27})CO_3]$ (второй эвтектический расплав). Сопоставление минимальных температур плавления с континентальными геотермами указывает на то, что К-Са-Mg карбонатные расплавы, содержащие 40–53 мол.% K_2CO_3 , устойчивы при *P-T* параметрах континентальной литосферы на глубинах 100-200 км.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА В ОЛИВИНЕ ИЗ КУМУЛАТОВ ДОВЫРЕНА (СЕВ. ПРИБАЙКАЛЬЕ) КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ КОНТАМИНАЦИИ ИСХОДНЫХ ПИКРИТОИДНЫХ МАГМ КАРБОНАТНЫМ МАТЕРИАЛОМ

Арискин А.А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Фомин И.С. (Ун-т Маквайри, Австралия), Дубинина Е.О. (ИГЕМ РАН), Николаев Г.С. (ГЕОХИ РАН)
ariskin@rambler.ru; тел.: (495)9394969

Выполнено при финансовой поддержке РНФ (гранты № 16-17-10129 и № 18-17-00126)

Для 33 монофракций оливина из плагиолерцолитов, дунитов, троктолитов и оливиновых габброноритов Йоко-Довыренского расслоенного массива получены оценки изотопного состава кислорода. Эти породы характеризуют три профиля вкрест простирания массива, удаленные на расстоянии около 19 км: 5 образцов из разреза “Школьный” в СВ замыкании интрузива, 12 представляют около 1000 м разреза в центральной части и 16 – почти полную стратиграфическую последовательность в юго-восточном окончании (разрез “Йоко”). При этом 6 образцов дунитов из центра массива несут петрологические признаки контаминации карбонатным материалом. Для “свежих” неконтаминированных пород оценки $\delta^{18}\text{O}$ попадают в интервал $+5.8\pm 0.2\%$. В случае дунитов с признаками контаминации наблюдаются более высокие значения $\delta^{18}\text{O}=+6.2\pm 0.3\%$. Показано, что подобные характеристики перекрываются с данными для рудоносных комплексов Бушвельда (Южная Африка) и Джинчуань (Китай), связанным с источником, несущим признаки вовлечения корового вещества в процессы магмогенерации и/или эволюции исходных магм (Wilson, 2012; Maier et al., 2016; Ariskin et al., 2018a; Tang et al., 2018). При помощи программы КОМАГМАТ-5, для всех пород-кумулятов оценены температуры равновесия 98% кристаллической массы с “последними” порциями остаточных расплавов (1131-1266°C, в среднем $1176\pm 34^\circ\text{C}$). Эти оценки рассматриваются как температуры закрытия кумулюсных систем относительно эффективного диффузионного обмена изотопами ^{18}O и ^{16}O между оливином и подвижным расплавом-флюидом. На основе этих данных для каждой из пород рассчитаны значения $\delta^{18}\text{O}$ в равновесных расплавах: для неконтаминированных систем $\delta^{18}\text{O}=+6.59\pm 0.18\%$; для расплавов с признаками контаминации коровым материалом $+7.12\pm 0.31\%$. Показано, что подобные соотношения отвечают незначительной (не более первых %) контаминации исходных магм карбонатами из ксенолитов вмещающих пород с $\delta^{18}\text{O}=+23$ (Кривоплясов и др., 1982).

ВЕСЭМПГ - 008

**МАРТЕНСИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ В ЖЕЛЕЗНЫХ МОНОКРИСТАЛЛАХ
МЕТЕОРИТНОГО И ЛАБОРАТОРНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Бадеха К. А. (ГЕОХИ РАН), Гроховский В.И. (УрФУ)

ksenia_uimina@mail.ru; тел.: 8(985)3344612

В работе исследовались особенности фазовых превращений в высоконивелевых атакситах с наличием эффекта полос селективного отражения - ПСО и монокристаллов, выращенных методом Бриджмена, где в шлифе присутствует селективный блеск нерегулярных областей (ОСО). Измерения проводились на электронном микроскопе ZEISS SIGMA VP с приставками EBSD и EDX. Обработка полученных Прямых Полюсных Фигур велась в программе Carine Crystellography 3.1. Показана идентичность протекания фазового превращения в псевдо-монокристаллической стали 40X и в атакситах. Ранее для псевдо-монокристаллов стали было установлено, что в речном мартенсите каждая из шести равнозначных ориентировок мартенсита удовлетворяет промежуточным ОС между ОС Курдюмова-Закса и Нишиямы-Вассермана с остаточным аустенитом. На примере метеорита Чинге (Fe-18%Ni) было показано, что в каждой ПСО имеется по 6 ориентировок зерен α -фазы, развернутых вокруг одной оси, и ориентированный близко к ОС Курдюмова-Закса с родительской γ -фазой, что соответствует строению пакетного мартенсита.

ВЕСЭМПГ - 009

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МЕТАМОРФИЧЕСКИМ ПРЕВРАЩЕНИЯМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОДНО-УГЛЕВОДОРОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ

**Балицкий В.С., Балицкая Л.В., Голунова М.А.,
Сеткова Т.В., Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН)**
balvlad@iem.ac.ru; тел.: 8(496)5225847

В докладе приводятся новые экспериментальные данные по метаморфическим превращениям синтетических водно-углеводородных включений под влиянием повышенных и высоких температур и давлений вплоть до полного преобразования углеводородов в два наиболее устойчивых соединения: газового – метана и твердого – графита. По существу, многие первичные водно-углеводородные включения, подвергнутые таким воздействиям при температурах выше 300°C, становятся вторичными, приобретая новую внешнюю морфологию, внутреннее строение и иной фазовый состав. Подобные изменения при относительно кратковременных (обычно не более нескольких часов) термометрических исследованиях остаются незамеченными. Однако после более длительных опытов, продолжительностью от нескольких до десятков и более суток, указанные изменения становятся очевидными.

Рассмотрению причин и механизмов формирования подобных метаморфических превращений водно-углеводородных включений посвящен представленный доклад.

ВЕСЭМПГ - 010

**О КУМУЛЯТИВНОМ ОБРАЗОВАНИИ НА ЛУНЕ БАСЕЙНА ЮЖНЫЙ ПОЛЮС–
ЭЙТКЕН ГАЛАКТИЧЕСКИМИ КОМЕТАМИ**

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

azary@mail.ru; тел: 8(499) 135-54-67; MichaelS1@yandex.ru; тел: 8 (843) 233-73-47

На основе ранее установленного кумулятивного механизма образования галактическими кометами крупных кратеров и морских бассейнов на безатмосферных планетах предложена гипотеза, согласно которой уникальный бассейн Южный полюс–кратер Эйткен на Луне возник в кайнозой (последние 65 млн лет) в результате четырех последних бомбардировок Солнечной системы галактическими кометами. Оценена плотность падений галактических комет на Землю и другие планеты в период пребывания Солнечной системы в струйном потоке Ориона-Лебедя. Показано, что с энергетической точки зрения бассейн Южный полюс–кратер Эйткен вполне могли создать галактические кометы, выпавшие в район южного полюса Луны. Приведены другие аргументы и факты в пользу данной гипотезы.

ВЕСЭМПГ - 011

ГАЛАКТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ (ВЕРСИЯ 5)

Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН), Титоренко А.С. (РГУ НГ, МОСКВА)

azary@mail.ru; тел.: 8(499) 135-54-67

Разработана более совершенная версия галактической модели геологической цикличности (Баренбаум, 2002, 2010, 2015), которая устанавливает тесную причинно-следственную связь циклов глобальных геологических событий на Земле и в Солнечной системе с орбитальным движением Солнца в Галактике. По сравнению с предыдущими версиями, в данной модели уточняется расстояние Солнца от галактического центра, а также более корректно учтено спиральное строение нашей Галактики. Модель позволяет построить универсальную шкалу геологического времени, которая согласует времена границ стратонов в Международной геохронологической шкале и Общей стратиграфической шкале, принятой в России, путем устранения противоречий обеих шкал в их фанерозойской и докембрийской части.

ВЕСЭМПГ - 012

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УГЛИСТЫХ МЕТЕОРИТОВ

Безмен Н.И., Горбачев П.Н. (ИЭМ РАН), Зиновьева Н.Г. (геол.ф-т МГУ)

bezmen@chgnnet.ru, p_gor@mail.ru; тел.: 8 (496) 522 31 43

Проведены эксперименты по моделированию хондритовой структуры углистых метеоритов группы С3 при температуре 950°C и давлении флюида 100 МПа системы С-О-Н-S. Исходный состав в виде смеси простейших окислов, металлической фазы, сульфида и углерода соответствовал космической распространенности элементов. Окислительно-восстановительные условия контролировались заданной мольной долей водорода и графитом. Они соответствовали их образованию углистых хондритов в протопланетном облаке и в планетозималиях. При контролируемом составе флюидной фазы в течение 5 дней структурные особенности образца соответствовали хондритам типа С3. В нем содержались редкие хондры, сильно обогащенные глиноземом амёбовидные силикатные включения и графит, характерные для метеоритов данного типа. Таким образом проведенные экспериментальные исследования наряду с предыдущими работами по моделированию форстеритовых хондритов показывают, что хондриты сформировались в результате аккреции космического вещества, а тип хондритов определяется термодинамическими параметрами их образования.

ВЕСЭМПГ - 013

ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫЕ ВОДОСОДЕРЖАЩИЕ ФАЗЫ МАНТИИ ЗЕМЛИ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В СИСТЕМЕ GLOSS-ПЕРИДОТИТ ПРИ 18, 24 ГПА И 1000-1400°C)

Бенделиани А.А. (*геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН*),
Бобров А.В. (*геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН, ИЭМ РАН*),
Бинди Л. (*ун-т Флоренции*), **Ирифуне Т.** (*ун-т Эхиме*)
garmr9@gmail.com

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 17-17-01169

Согласно экспериментальным исследованиям и природным находкам, вода может транспортироваться до середины нижней мантии Земли водосодержащими фазами в ходе погружения субдуцирующей плиты. Значительная часть магнезиальных водосодержащих фаз высокого давления имеют существенную примесь глинозема и часто образуют сложные твердые растворы с высокоглиноземистыми фазами. В последние годы активно изучаются плотные водосодержащие магнезиальные силикаты - DHMS (А, В, суперводная фаза В, D, Е, Н), а также фаза Egg и δ -AlOОН, которые наряду с номинально безводными фазами могут последовательно трансформироваться с давлением в зонах субдукции и, таким образом, играть главную роль в качестве переносчиков воды в нижнюю мантию Земли. Настоящая работа посвящена экспериментальному изучению взаимодействия модельных систем GLOSS и перидотита при 18, 14 ГПа и температурах 1000-1400°C. В качестве минералогически возможных соединений-концентраторов H₂O была синтезирована новая фаза Mg-Egg (Al_{0.63}Mg_{0.34}Cr_{0.02}Fe_{0.01})Si_{1.00}O₄H_{1.35}, где $x = 0.35$, которая может содержать более 10 мас.% H₂O, фаза D, сосуществующая с бриджманитом, содержащая до 7 мас.% H₂O и фаза δ , представляющая твердый раствор AlOОН-фаза Н, (до 5 мас.% H₂O).

СОСТАВЫ КАРБОНАТИТОВЫХ РАСПЛАВОВ В РАВНОВЕСИИ С ПРИРОДНЫМ ПЕРИДОТИТОМ И ЭКЛОГИТОМ ПРИ ДАВЛЕНИИ 6 ГПа И ТЕМПЕРАТУРАХ 1100-1200°C

Бехтенова А.Е., Шацкий А.Ф., Подбородников И.В., Арефьев А.В., Рагозин А.Л. (ИГМ СО РАН, НГУ), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)
bekhtenova@igm.nsc.ru тел.: 8 (383) 373-05-26 (доб.828)

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Мантийные карбонатитовые расплавы являются важными метасоматизирующими агентами, влияющими на минералогию и микроэлементный состав перидотитов и эклогитов. Эксперименты в простых $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-MgCO}_3$ и $\text{K}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-MgCO}_3$ системах показали, что эвтектические карбонатные расплавы, содержащие до 50 мол.% щелочных карбонатов, термодинамически устойчивы при P - T параметрах континентальной литосферы (Arefiev et al., 2019; Podborodnikov et al., 2019). Однако точный элементный состав этих расплавов в равновесии с мантийными породами (гранатовыми лерцолитами и эклогитами) неизвестен. Для решения этой проблемы проведены эксперименты в системах перидотит-карбонат и эклогит-карбонат. В качестве пород взяты ксенолиты гранатового лерцолита и эклогита из кимберлитовой трубки Удачная-Восточная (Якутия), а также их синтетические аналоги. В качестве карбонатов взяты эвтектические смеси из Na-Ca-Mg и K-Ca-Mg карбонатных систем с добавлением FeCO_3 . Эксперименты проведены в ИГМ СО РАН на многопуансонном прессе 'Discoverer-1500' в графитовых капсулах при 6 ГПа и 1100 и 1200 °C. В результате исследования установлены составы щелочных карбонатитовых расплавов, которые могут находиться в равновесии с верлитами, лерцолитами, гарцбургитами и эклогитами.

ФАЗОВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В СИСТЕМАХ 'Na-КАРБОНАТИТ' И 'K-КАРБОНАТИТ' ПРИ 3 И 6.5 ГПа

Бехтенова А.Е., Шацкий А.Ф., Подбородников И.В., Арефьев А.В. (ИГМ СО РАН, НГУ), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)

bekhtenova@igm.nsc.ru тел.: 8 (383) 373-05-26 (доб.828)

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Исследование фазовых взаимоотношений в системах, моделирующих карбонатизированные мантийные породы, связано с проблемой определения состава околосолидусных карбонатных расплавов. Одним из путей решения этой проблемы является изучение фазовых взаимоотношений в системах эквивалентных по составу составам расплавов из опытов по частичному плавлению (Sweeney 1994, Litasov et al., 2013). В настоящей работе в качестве исходных выбраны составы карбонатитовых расплавов, полученные в системах перидотит-СО₂ и эклогит-СО₂ при мантийных *P-T* параметрах. Данная работа является продолжением исследования (Litasov et al., 2013). Использование хорошо отработанной методики пробоподготовки, современного аналитического оборудования, а также данных по простым системам (КР-спектры и т.д.) (Arefiev et al., 2018, 2019; Podborodnikov et al., 2018, 2019) позволило существенным образом уточнить и расширить результаты экспериментов, проведенных ранее в системах 'Na-карбонатит' и 'K-карбонатит' при 3 и 6 ГПа и 750-1200 °С (Litasov et al., 2013). В частности было установлено, что фазовый состав карбонатов и составы расплавов из сложных систем полностью согласуются с тройными Na-Ca-Mg и K-Ca-Mg карбонатными диаграммами при 3 и 6 ГПа.

ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ БАДЖАЛЬСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА (ПРИАМУРЬЕ, РОССИЯ)

**Бортников Н.С., Аранович Л.Я., Гореликова Н.В. (ИГЕМ РАН),
Кряжев С.Г. (ЦНИГРИ), Гоневчук В.Г., Семеняк Б.И. (ДВГИ ДВО РАН),
Смирнов С.З. (ИГМ СО), Дубинина Е.О. (ИГЕМ РАН), Соколова Е.Н. (ИГМ СО РАН)**
bns@igem.ru; тел.: +7 (910) 437 8020

Проект ПРАН НИОКРТ: АААА-А18-118022090074-4;

Госзадание 0136-2018-0037; проект РФФИ № 18-05-00053

При изучении эволюции Баджальской оловоносной гидротермально-магматической системы установлена существенная роль F, Cl и H₂O при кристаллизации гранитов и генерации минералообразующего флюида от ранней магматической стадии к поздней гидротермальной. Анализ стекол расплавных включений и гранитов показывает, что Cl и F удалялись из гранитного расплава при его кристаллизации и дегазации, т.к. наблюдается увеличение концентрации F, Cl и H₂O в стеклах и газовой-жидких включениях в фенокристаллах кварца гранитов и рудных минералах. Обнаруженные различия в составе Cl, F и H₂O, по-видимому, обусловлены двумя факторами: экстракцией хлора флюидом, отделяющимся на ранних стадиях эволюции магмотогенно-флюидной системы, и гетерогенизацией первично гомогенного флюида при низком давлении. Судя по данным о содержании H₂O в гомогенизированных расплавных включениях, эволюция состава расплавов произошла в результате кристаллизационной дифференциации на двух структурных уровнях: в глубинном (около 18 км, P=5 кбар) магматическом очаге и в сравнительно малоглубинных условиях (около 4 км, P=1 кбар). Расчеты кристаллизационной дифференциации модельного расплава гранита в глубинном очаге показывают, что при выбранном валовом составе первым на ликвидусе появляется кварц - 800°C. Эта температура - максимальная, при которой могли быть захвачены расплавные включения. Установленные содержания 8.2 мас. % H₂O в стеклах включений совпадают с расчетными данными при T=760°C. Эта температура - максимальная, при которой могли быть захвачены расплавные включения. Минимальные оценки содержания H₂O в стекле (3.84 мас.%) соответствуют давлению ~ 1 кбар, т.е. при подъеме магма потеряла более 60% растворенного в ней флюида. При температуре 740°C происходила окончательная кристаллизация гранита и отделение последних порций флюида. Принимая температуру насыщения расплава флюидом в ~740°C, и экстраполируя экспериментальные данные (Aranovich et al., 2013) до давления 5 кбар, можно оценить соленость флюида, первоначально отделившегося от расплава, величиной ~50 мас. % эквивалентных NaCl при мольной доле X_{H₂O}= 0.76, что близко соответствует концентрации включений рассолов, содержащихся в кварце гранитов. Изменение состава расплавов и их внедрение на более высокий уровень коры обусловили эволюцию отделившегося флюида от рассола до позднего субкритического, зафиксированного в сосуществовании газовых и жидких включений в позднемагматическом кварце и в топазе. Таким образом, установлен прямой переход от магматической к гидротермальной стадии при кристаллизации гранитоидного расплава Баджальского оловоносного батолита и формировании связанных с ним месторождений.

ВЕСЭМПГ - 017

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ОСНОВНЫХ КАРБОНАТОВ МЕДИ В АМОНИЙНО-ХЛОРИДНЫХ СИСТЕМАХ

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

tmb@iem.ac.ru; тел.: 8(496)5225847

Исследования фазообразования в системе $\text{CuO-CO}_2\text{-H}_2\text{O-NH}_4\text{Cl}$ имеют непосредственное отношение к вопросам совершенствования технологии гидрометаллургического извлечения меди. Лучшие результаты были получены при использовании в качестве выщелачивающего реагента смеси гидроокиси аммония с солями аммония (хлорида, сульфата, карбоната). Из более двухсот медьсодержащих минералов промышленное значение имеют только 15, в том числе азурит, атакамит, тенорит и наиболее распространенный минерал в рудах оксида меди малахит. На основе термодинамических расчетов исследовано фазообразование в системе $\text{CuO-CO}_2\text{-H}_2\text{O-NH}_4\text{Cl}$ ($T = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $P = 1\text{ бар}$, концентрация хлорида аммония 1.0, 2.0, 3.0 м) и рассчитаны концентрации меди в равновесных с твердыми фазами растворах.

МИНЕРАЛЬНО-КОМПОНЕНТНАЯ МОДЕЛЬ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ СУРГУТСКОГО СВОДА (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Piaboughev@gmail.com

Бугаев И.А. (ГЕОХИ РАН), Бычков А.Ю., Калмыков Г.А., Калмыков А.Г. (МГУ)

Изучение вещественного состава пород баженовской свиты является важной задачей для решения ряда фундаментальных и прикладных задач. Это и вопросы восстановления условий образования и вторичного изменения пород в диагенезе и катагенезе, и изучение степени катагенетической преобразованности нефтематеринских пород. При рассмотрении баженовской свиты как природного резервуара возникает необходимость расчета вещественного состава пород. Такой расчет можно получить, используя не только по данным комплекса ГИС, но и использовать данные, полученные на основе минерально-компонентного состава пород по керну. Такая информация о вещественном составе пород важна при разработке залежей, в частности при выборе методов интенсификации добычи.

В основу расчета построения минерально-компонентной модели отложений баженовской свиты легли данные минеральных, геохимических, элементных исследований вещества. Расчет минерально-компонентной модели дает возможность достаточно объективной оценки соотношения основных породообразующих компонентов (кремнистой, карбонатной, глинистой составляющих и ОВ) и выявления закономерностей их распределения по разрезу, определить преимущественное концентрирование конкретного элемента в минеральной матрице породы, и возможность получить прогнозные ресурсы на исследуемой площади при разработке месторождения.

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ФЕРРОПЕРИКЛАЗА В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ

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

v.bulatov@bk.ru

Ферропериклаз – наиболее распространенный минерал среди сверхглубинных включений в алмазах, предположительно образовавшихся в нижней мантии или переходной зоне. Для проверки предположения о возможности образования ферропериклаза в верхней мантии проведены эксперименты при давлении 5–12 ГПа и 1500–1700°C. В первой серии экспериментов были определены составы карбонатно-силикатных расплавов в равновесии с оливином и ферропериклазом. Сравнение с литературными данными по составам расплавов в равновесии с оливином и ортопироксеном показало, что ферропериклаз не может быть продуктом кристаллизации расплавов, сформировавшихся при плавлении карбонатизированного перидотита. Вторая серия экспериментов моделировала восстановление карбонатных расплавов при фугитивности кислорода, буферизуемой ассоциацией Fe–FeO. В этих экспериментах наблюдалась совместная кристаллизация ферропериклаза и алмаза из карбонатно-силикатного расплава. Таким образом, показано, что включения ферропериклаза в алмазе могут образовываться при восстановлении карбонатно-силикатных расплавов в верхнемантийных условиях. Образование части включений ферропериклаза в алмазе в верхней мантии может быть одной из причин высокой доли ферропериклаза среди сверхглубинных включений в алмазе и значительного интервала магнезиальностей этого минерала.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХРОМИТ-ИЛЬМЕНИТ/РУТИЛ-
H₂O-CO₂-K₂CO₃ ПРИ РТ ПАРАМЕТРАХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ**

Бутвина В.Г. (ИЭМ РАН), Воробей С.С. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН),

Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ), Бондаренко Г.В.,

Косова С.А., Ван К.В. (ИЭМ РАН)

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

Тема АААА-А18-118020590148-3 государственного задания ИЭМ РАН на 2019–2021 гг.

В работе приводятся данные серий экспериментов по синтезу экзотических титанатов (прайдерита, имэнгита и матиасита) в результате воспроизведения метасоматических условий преобразования мантийных минералов (хромита, ильменита, рутила). Эксперименты проводились с использованием трех типов твердофазных аппаратов высокого давления, имеющих на базе ИЭМ РАН: (1) «цилиндр-поршень» ЦП-40 (опыты при 2.0 ГПа, 900-1000°C), (2) «наковальня с лункой» НЛ-40 (опыты при 3.5 ГПа, 1200°C), (3) «наковальня с лункой» НЛ-13Т с тороидальным уплотнением ячеек (опыты при 5 ГПа, 1200°C).

Опираясь на полученные экспериментальные результаты, выведены реакции мантийного метасоматоза, описывающие процесс образования К-Сг титанатов и сформулированы основные выводы: а) подтверждена принципиальная возможность образования минералов группы кричтонита и магнетоплюмбита, а также прайдерита в результате реакций хромита со щелочными водно-углекислыми жидкостями и расплавами. Такие вещества считаются основными агентами калиевого метасоматоза, которые приводят к образованию титанатов в верхней мантии (Konzett et al., 2013; Резвухин и др., 2018); б) образование этих фаз не происходит непосредственно напрямую по хромиту (например, Haggerty et al. 1983; Haggerty, 1983; Nixon, Condliffe, 1989), а требует дополнительного источника титана и железа. В качестве их источников выступают рутил и ильменит, которые сами по себе обычно являются продуктами модального метасоматоза перидотитов. Данные эксперименты демонстрируют, что образование титанатов, вероятно связано с повторяющимися стадиями метасоматоза в мантийных перидотитах.

ВЕСЭМПГ - 021

ВЕРИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕРМОБАРОМЕТРОВ-КОМПОЗИТОМЕТРОВ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ И ПРИРОДНОМ МАТЕРИАЛЕ

Бычков Д.А., Коптев-Дворников Е.В., Романова Е.С. (геол. ф-т МГУ)
dmibychkov@gmail.com; тел.: 8 (916) 965 67 19

Закончена разработка системы термобарометров – композитометров, описывающая равновесия минералы – расплав в безводных силикатных системах в широком диапазоне температур, давлений и составов расплава от коматиитов до дацитов. Выведены термобарометры-композитометры как для силикатных фаз (оливина, плагиоклаза, клинопироксена, ортопироксена, пижонита), так и для рудных минералов (магнетита, хромшпинелида, ильменита). Кроме того, выведено уравнение, описывающее сульфид силикатную ликвацию.

Выполнена совместная верификация алгоритма программы «КриМинал» и полученной системы термобарометров-композитометров на материале нескольких экспериментальных серий с разным порядком появления фаз на ликвидусе. Результаты верификации демонстрируют хорошую согласованность между экспериментальными и расчётными данными.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ВОДНОГО СУЛЬФАТА
АЛЮМИНИЯ И ЖЕЛЕЗА – АЛЮМИНОКОПИАПИТА

**Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В., Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ),
Косова Д.А., Дедушенко С.К. (хим. ф-т МГУ), Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ)**
vigasina@geol.msu.ru тел.: 8 (495) 939 13 49

Исследован образец копиапита из медно-цинкового месторождения Блява (Южный Урал, Россия). По данным рентгенодифракционного и микрозондового анализов, инфракрасной спектроскопии изученный минерал является алюминокопиапитом. При изучении термической устойчивости минерал начинает терять массу при температуре около 340 К, полное разложение заканчивается при 1090 К. ИК-спектроскопическое исследование продуктов поэтапного обезвоживания показало, что при 400 К наблюдается изменение структуры минерала и заметное уменьшение интенсивности полос поглощения валентных колебаний как ОН-групп, входящих в молекулы воды, так и свободных гидроксильных групп. Спектр образца, нагретого до 750 К, подтверждает полное обезвоживание минерала и наличие в безводном продукте сульфатов железа и алюминия и оксида железа (3⁺). Общее количество выделившейся воды равно 30.6 %. Содержание триоксида серы (40.0 %) согласуется с данными микрозондового анализа. По результатам Мёссбауровской спектроскопии трехвалентное железо занимает две октаэдрические структурно неэквивалентные позиции, чередующиеся в бесконечных цепях $[\text{Fe}_4^{3+}(\text{H}_2\text{O})_8(\text{OH})_2(\text{SO}_4)_6]$, образующих структуру минерала. На основании проведенных исследований минерал имеет формулу $(\text{Al}_{0.60}\text{Fe}_{0.07}^{3+})\text{Fe}_{4.00}^{3+}[\text{SO}_4]_{6.03}(\text{OH})_{1.95} \cdot 19.54\text{H}_2\text{O}$.

НОВЫЙ ТИП ДЕТЕКТОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ГАММА-ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Володин В.Д., Травкина А.В. (ГЕОХИ РАН)

a_travkina@mail.ru; тел.: 8 (906) 771 82 67

Гамма- спектрометрический анализ свежего облученного ядерного топлива затруднен высокой загрузкой детектора, обусловленной слабо информативной низкоэнергетической частью спектра. При этом эффективность регистрации гамма- квантов с ростом энергии стремительно падает, снижая информативность высокоэнергетической части спектра, в которой располагаются характеристические линии короткоживущих осколков деления.

Предложен детектор, основанный на регистрации электрон-позитронных пар, порождаемых гамма- квантами, эффективность регистрации которых при этом не снижается, а растет с энергией, что устраняет вышеописанные трудности, возникающие при анализе свежих осколков деления.

Предложенный детектор в простейшем варианте представляет собой комбинацию из трех сцинтилляционных кристаллов пластинчатой формы, расположенных стопкой, каждый из которых снабжен собственным ФЭУ. При рождении электронно-позитронной пары в центральном кристалле и ее аннигиляции два гамма- кванта с энергией 511 кэВ, разлетаясь под углом 180° , одновременно поглощаются в боковых пластинах, вызывая одновременно вспышки сцинтилляции во всех трех кристаллах.

Зависимость эффективности регистрации электрон-позитронных пар от толщины центрального кристалла была вычислена путем моделирования методом Монте-Карло, что позволило оценить его оптимальную толщину.

ВЕСЭМПГ - 024

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕГАЗАЦИИ ЛАВЫ ТТИ-50, ВУЛКАН ТОЛБАЧИК, КАМЧАТКА

Воропаев С.А., Севастьянов В.С., Душенко Н.В., Днестровский А.Ю., Яковлев О.И., Федулов В.С., Кузьмина Т.Г., Наймушин С.Г. (ГЕОХИ РАН)

voropaev@geokhi.ru; тел.: 8 (499) 939 19 05

Проект поддержан грантом РФФИ 19-05-00554

Рассмотрены механизмы концентрации углерода, возникающие при движении магматических флюидов, их разгрузке и термическом преобразовании первичного органического вещества. Важную информацию о происходящих процессах можно получить, изучая содержание и отношения стабильных изотопов углерода C^{12} и C^{13} в лаве и пирокластике. Объектом исследований выбрано лавовое поле ТТИ-50 эруптивного извержения вулкана Толбачик, Камчатка, как характерного объекта Тихоокеанской зоны субдукции. В полевой экспедиции 2019 г. по маршруту вулканы Ключевская Сопка - Безымянный - Толбачик, были собраны образцы лав. Разработана измерительная установка и проведен ряд экспериментальных исследований по дегазации магматических продуктов, методом газовой хроматографии измерены состав и концентрации основных летучих. Для анализа результатов привлечены данные по флюидомобильным стабильным изотомам бора и лития, полученные методом TOF-SIMS, и термодинамические расчеты.

**МЕХАНИЗМ ПЕРЕХОДА КАЛЬЦИТ–АРАГОНИТ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
МЕТАСАТБИЛЬНЫХ СТРУКТУР**

**Гаврюшкин П. Н., Сагатов Н. Е.,
Литасов К. Д. (ИГМ СО РАН, Новосибирск; ИФВД РАН, Москва)**
p.gavryushkin@igm.nsc.ru; тел.: 8 (923) 223 04 56
Работа выполнена при поддержке РФФИ (№18-35-20047)

С помощью методов эволюционной метадинамики был выполнен поиск метастабильных структур вблизи глобального энергетического минимума, соответствующего структуре кальцита. В результате была обнаружена структура, аналогичная структуре кальцита, но с шестислойной плотнейшей упаковкой атомов Са, вместо трёхслойной кальцитовой. Эта структура характеризуется гексагональной симметрией $R\bar{6}_322$ и была названа нами *гексагональным кальцитом* или *гекситом*. Энтальпия гексита ниже энтальпии арагонита при 0 ГПа, но выше, энтальпии кальцита. Расчеты энергий Гиббса показывают, что гексит не имеет поля стабильности на фазовой РТ-диаграмме. Однако, при давлении порядка 0,5 ГПа, энтальпии всё трёх модификаций, кальцита, арагонита и гексита, практически одинаковы. На основе этого мы предполагаем, что гексит и подобные многослойные структуры реализуются в качестве промежуточных фаз при превращении кальцит – арагонит. Это подтверждается результатами наших механохимических экспериментов с использованием просвечивающей электронной микроскопии.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАНТИЙНО-КОРОВОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ: ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПЕРИДОТИТ-
БАЗАЛЬТ-Mg(OH)₂ ПРИ ПАРАМЕТРАХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ.**

**Горбачев Н.С., Костюк А.В., Горбачев П.Н.,
Султанов Д.М., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)**
nastya@iem.ac.ru gor@iem.ac.ru
При поддержке гранта РФФИ 17-05-00930а

Для оценки состава базитовой и ультрабазитовой компонент субдуцированной океанической коры для условий высокотемпературной субдукции экспериментально изучена система перидотит-базальт-H₂O при T=1150°C и P=3.7 ГПа. Наблюдается зональное строение закаленных образцов, включающих перидотитовую, реакционную и базальтовую зоны. Перидотитовая зона представлена ассоциацией Per+Fo, которая сменяется дунитовой Ol+Chr зоной, слагающей основной объем исходного перидотита. В реакционной зоне дунит сменяется верлитовой Ol+Сrx ассоциацией, затем в средней части контактовой зоны исчезает Ol, сохраняется Сrx, появляются Grt, Орх. В краевой части контактовой зоны исчезает Орх, Grt вебстеритовая ассоциация Grt+Орх+Сrx сменяется эклогитовой Grt+Сrx ассоциацией, которая постепенно переходит в ассоциацию частичного плавления эклогита с наложенной гранатизацией, представленной реликтами реститового Сrx, реакционным Grt, силикатным стеклом трахидацитового состава. Экспериментальные расплавы по петрохимическим характеристикам близки к архейским породам ТТГ серии и адакитам - кислым лавам кайнозойских зон субдукции. Тем самым подтверждает существующие представления о формировании этих пород при более высоких температурах, чем температуры кайнозойских океанических плит. Наблюдаемая зональность свидетельствует о возможности использования Mg(OH)₂ в высокобарных экспериментах в качестве источника H₂O, а приуроченность закаленного флюида к периклазу, образующегося при дегидратации Mg(OH)₂ - в качестве ловушки для закаленного флюида.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ Fe-C-S ПРИ P= 0,5 ГПа,
T=1150°C: ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ**

Горбачев П.Н., Костюк А.В., Горбачев Н.С. Некрасов А.Н., Султанов Д. М. (ИЭМ РАН)
p_gor@mail.ru: тел.: 8 (496) 522 31 43

Изучены фазовые соотношения и межфазовое распределение ряда элементов в системе Fe-C-S при P = 5кбар, T = 1150°C. Матрица закаленных образцов Ms, представленная сульфидами Fe-Ni (Mss) и Fe+Cu (Iss) состава, содержит включения глобулей зональной металлической фазы, состоящей из центральной части (Me₁) и реакционной каймы (Me₂). Составы сосуществующих фаз (ат. %): Mss-Fe_{57,1} Ni_{0,3} Cu_{1,2} Pd_{0,1} Au_{0,4} S_{40,7}; Iss-Fe_{15,0} Ni_{0,1} Cu_{43,9} Au_{0,4} S_{40,6}; Me₁ (центр)-Fe_{92,7} Ni_{1,9} Cu_{1,0} Pd_{0,6} Re_{1,9} Au_{1,9}; Me₂ (кайма)-Fe_{84,6} Ni_{9,7} Cu_{1,3} Pd_{2,2} Pt_{0,2} Re_{0,4} Au_{0,9}. Величины коэффициентов распределения металлов D между Fe-металлическими глобулями и сульфидной матрицей характеризуют их сидерофильные [D >1] и халькофильные [D <1] свойства. Сидерофильные свойства возрастают в последовательности Fe-Re-Ni-W-Pd-Rh-Au-Pt, халькофильные - Ag-Mo-S. Тектурные особенности закаленных образцов свидетельствует о расслоении (ликвации) сульфидного расплава на Fe-Ni металлический и Fe-Ni-Cu сульфидные расплавы. Mss и Iss компоненты матрицы скорее всего сформировались при закалке сульфидного расплава, хотя нельзя исключить и ликвационный их генезис.

ВЕСЭМПГ - 028

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА НЕФТИ МЕТОДАМИ АЭС-ИСП И МС-ИСП

**Гребнева-Балюк О. Н., Кубракова И. В., Тютюнник О.А.,
Лапшин С.Ю., Пряжников Д.В. (ГЕОХИ РАН)**

grebneva@geokhi.ru; тел.: 8(495) 939 70 94

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ № 18-29-06044 мк

Элементный состав нефти характеризует возраст и её происхождение, исходные регионы и пути миграции; эти данные используются при поиске месторождений. Таким образом, желательно, чтобы информация о составе углеводородных систем была максимально полной. На примере нефти различного состава показана возможность детального элементного анализа методами АЭС-ИСП и МС-ИСП (с высоким разрешением) после микроволновой пробоподготовки.

Выбраны условия разложения образцов легкой и тяжелой нефти. Исследованы влияния остаточной кислотности и остаточного углерода на формирование аналитического сигнала в ИСП-методах. Показана возможность АЭС-ИСП определения 19 элементов на уровне 100п - 0,0п мкг/г и 36 элементов МС-ИСП определения на уровне 100п - 0,0п нг/г в выбранных условиях подготовки и измерения.

Изучен микроэлементный состав нефти ряда месторождений Татарстана, отражающий их геохимическую специфику.

ВЕСЭМПГ - 029

**РАЗРАБОТКА МАРСИАНСКОГО ГРУНТА-АНАЛОГА ДЛЯ БРОСКОВЫХ ИСПЫТАНИЙ
«ЭКЗОМАРС-2020»**

**Гришакина Е.А., Маковчук В.Ю., Сорокин Е.М., Дмитровский А.А.,
Уварова А.В., Слюта Е.Н., Иванов М.А. (ГЕОХИ РАН)**
orskaty@mail.ru; тел. 8 (967) 223 17 53

Для отработки бросковых испытаний «ЭкзоМарс-2020» нами создана модель марсианского грунта-аналога, имитирующего физико-механические свойства марсианского реголита в потенциальном месте посадки, Oxia Planum. Оно характеризуется десятком подразделений типов местности, каждый из которых предполагает свои геоморфологические особенности и свойства приповерхностного грунта, и как следствие, разные инженерно-геологические условия. В соответствии с распределением по поверхности компонент грунта, отличающихся по гранулометрическому составу и плотности, на основе расчетных методов были разработаны 4 варианта смеси для моделирования грунта-аналога. Для изготовления разработанной модели марсианского грунта-аналога в качестве составляющих были предложены: дробленый кварцевый песок фр. (0.5-1.2) мм, окатанный кварцевый песок фр. (0.19-0.23) мм, зола-уноса, золошлак. Компоненты марсианского грунта-аналога доступны в больших объемах по низкой стоимости, что является необходимым условием при создании грунтов-аналогов для подобных целей.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
ПРИРОДНЫХ ВОД ОЗЕР ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
КОМПЛЕКСА АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

Гришанцева Е.С., Алехин Ю.В., Дроздова О.Ю. (геол. ф-т МГУ),

Демин В.В., Завгородняя Ю.А. (ф-т почв. МГУ)

shes99@mail.ru; тел.: (499) 939 12 73

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 19-05-00519, 18-05-0016.

Органическое вещество в природных водах принимает активное участие в процессах миграции микроэлементов, играя определяющую роль в биогеохимических циклах микроэлементов. В работе обсуждаются результаты исследования органического вещества природных вод озер Владимирской области, полученные с применением комплекса аналитических методов. В качестве объектов исследования выбраны репрезентативные водоемы с различным уровнем первичной продуктивности: эвтрофное озеро Ершевик, дистрофное озеро Игнатково. Предложенный комплекс аналитических методов для определения содержания, состава и форм нахождения органического вещества и связанных с ним микроэлементов, включает определение содержания РОУ и N на жидкостном элементном анализаторе LiquiTOC trace, Elementar; изучение молекулярно-массового распределения ОВ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в варианте гель-проникающей хроматографии; изучение форм нахождения органического вещества и микроэлементов методом каскадной фильтрации с выделением размерных фракций; спектрофотометрическое измерение плотности вод на спектрофотометре Specord 50 (ANALYTIK JENA) и 511 UV/Vis (Portlab) для исследования спектров поглощения проб в УФ и видимой областях спектра с последующим расчетом показателей, характеризующих РОВ, степень его гумификации, долю автохтонного и аллохтонного ОВ.

ВЕСЭМПГ - 031

АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРОНЦИЯ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ АТОМИЗАЦИИ

Гуляева У.А., Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Данилова В.Н. (ГЕОХИ РАН)

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

Грант РФФИ 19-05-00054

Проведено ААС определение Sr в режиме электротермической атомизации на приборе КВАНТ.З ООО «КОРТЭК». Образцы эталонных почв минерализовали смесью HF, HClO₄ и HNO₃. Исследования показали, что полученные данные по содержанию стронция в почвах были близки к аттестованным значениям. Отклонения от стандартных значений: от -7,1 до 8,3% при содержании Sr в почвах от 68 до 310 мг/кг. Методика была применена для оценки содержания стронция в почвах Восточного Забайкалья, эндемичных по урсовской болезни. Среднее содержание стронция по 110 образцам почв эндемического района составило 600±345 мг/кг. А в 105 пробах почв контрольных территорий – 326±111 мг/кг. В укосах луговых растений содержание Sr составило 72,8±31,6 мг/кг (эндемический район) и 36,6±15,7 мг/кг (контрольные территории) Повышенное содержание Sr в почвах и растениях эндемического района расценивается как фактор экологического риска.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НОВОГО
ОРТОФОСФАТА ЛИТИЯ АЛЛЮМИНИЯ МЕДИ И ЖЕЛЕЗА

**Гурбанова О.А., Евдокимов А.И. (геол.ф-т МГУ),
Антипин А.М. (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника»), Волков А.С. (геол.ф-т МГУ),
Хасанова С. (филиал МГУ, г. Душанбе), Димитрова О.В. (геол.ф-т МГУ)**
gur_o@mail.ru; тел.: 8 903 7932961

Методом гидротермального синтеза в многокомпонентной системе $\text{Li}_3(\text{PO}_4)\text{-AlCl}_3\text{-CuCl}_2\text{-FeCl}_2\text{-NiCl}_2$ получен новый ортофосфат лития алюминия меди и железа, $\text{Li}_{3,95}\text{CuFe}_2\text{Al}_{0,65}\text{Ni}_{0,05}(\text{PO}_4)_4$, структура определена рентгенодифракционным методом, $a=4,881(1)$, $b=7.819(1)$, $c=8.390(2)\text{\AA}$, $\alpha=69.267(5)^\circ$, $\beta=89.962(8)^\circ$, $\gamma=75.448(3)^\circ$, пр.гр. P-1, Z=1, $V=288,5(5)\text{\AA}^3$, проведен сравнительный кристаллохимический анализ с изотипными соединениями с общей формулой $\text{Li}_5\text{Cu}_2\text{M}(\text{PO}_4)_4$, где M = Fe, Al, рассмотрены топологические связи близкородственных соединений.

**ДЕГИДРАТАЦИЯ ВОДОСОДЕРЖАЩЕГО АЛЬБИТОВОГО РАСПЛАВА ПОД
ДЕЙСТВИЕМ CO₂ ПРИ P_{FL}=200 МПа ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ**

**Девятова В.Н. (ИЭМ РАН), Симакин А.Г. (ИЭМ РАН, ИФЗ РАН),
Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)**
simakin@iem.ac.ru

При попадании CO₂ в риолитовую магму в магматической камере происходит ее дегидратация и кристаллизация. Этот процесс был промоделирован экспериментально на водосодержащем альбитовом расплаве при T=950°C, давлении P_н=2 Кбар. Исходной содержание воды в стекле составляло H₂O= 5.1 мас.%. Альбитовое стекло использовалось в виде порошка с размером зерен 100-200 мкм. Источником CO₂ являлся AgC₂O₄, ампулы перед завариванием продувались осушенным CO₂. При 950°C ликвидус альбита достигается при C_{H₂O}=4 мас.%. При выбранных условиях: примерное исходное отношение при наплавлении m_{CO₂}/m_{H₂O}=6, исходное расстояние между пузырями около 2 радиусов — содержание воды падает ниже 4 мас.% за несколько часов и начинается кристаллизация альбита. Доля твердой фазы достигает за 210 мин - 20-30 об.%, за 240 мин 70-80 об.%. Содержание воды в остаточном стекле, оцененное с ЕМРА по суммарному кислороду, составляет 3.3-3.7 мас.%. В длительном опыте появляются микропузыри флюида (CO₂-H₂O), вызванные кристаллизацией.

ВЕСЭМПГ - 034

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ Fe-Ni МЕТАЛЛА ЛУННОЙ ПОЛЕВОШПАТОВОЙ РЕГОЛИТОВОЙ БРЕКЧИИ NWA 11828.

**Демидова С.И., Бадюков Д.Д., Бадеха К.А., Рязанцев К.М. (ГЕОХИ РАН),
Зиновьева Н.Г. (МГУ), Кононкова Н.Н. (ГЕОХИ РАН)**
demidova.si@yandex.ru; тел. 8 (495) 939 70 19

Металлическое железо, редко встречающееся в земных породах, является типичной аксессуарной фазой лунных пород, что связано прежде всего с низкой фугитивностью кислорода как лунных магм, так и ударных расплавов. Большая часть Fe-Ni металла лунных брекчий имеет метеоритный состав и несет информацию о составе ударника. Особенности химического состава и структуры металлических включений лунной полевошпатовой брекчий NWA 11828 свидетельствуют о ее сложной многостадийной истории и возможном присутствии двух различных ударников.

ВЕСЭМПГ - 035

ПЕРВАЯ МЕЖЗВЕЗДНАЯ КОМЕТА 2I/BORISOV: ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН)

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

30 августа 2019 была открыта первая межзвездная комета, получившая наименование по имени своего первооткрывателя российского астронома Геннадия Борисова 2I/Borisov и уже через 10 дней началось ее изучение как наземными, так и космическими телескопами, включая телескоп им. Хаббла. Помимо параметров орбиты, оценены размер ядра кометы (0.3-0.5 км), доля льда воды в нем (~25 мас. %), а также интенсивность газовой выделенности основных компоненты комы – H₂O, CN, O₂, C₂ в зависимости от гелиоцентрического расстояния. Интерес к первой межзвездной комете огромен: к настоящему времени опубликовано ~ 30-ти научных статей, посвященных результатам ее исследований. Они имеют своей целью не только оценить физико-химические параметры образования кометы в экзопланетной системе и сравнить их с условиями в Солнечной системе, но и проверить гипотезу о возможности переноса веществ, необходимых для зарождения биологической жизни, в пределах нашей Галактики.

В докладе будут проанализированы основные результаты изучения первой межзвездной кометы 2I/Borisov.

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КОМПОНЕНТАХ ЭКСОСИСТЕМЫ ОЗЕРА
ЦИПРИНГА (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ)

**Дроздова О.Ю., Декунова Е.М., Николаева И.Ю. (геол. ф-т МГУ),
Карпунин М.М. (ООО «МСЮ-лаб»), Лапицкий С.А. (геол. ф-т МГУ)**

lapitsky@geol.msu.ru; тел.: 8(495) 939 29 61

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00162_a

Изучены содержания и распределение микроэлементов в компонентах экосистемы озера Ципринга: лишайниках, подземных и поверхностных водах, донных отложениях и водной растительности. Низкие концентрации в эпифитных лишайниках *Usnea sp.* указывают на то, что исследуемая экосистема не испытывает значимой аэральной нагрузки. Компоненты экосистемы характеризуются низкими содержаниями таких микроэлементов, как Ni, Sr, V, Zn, Cr и Cu в донных отложениях (от 6,7 до 190,2 мг/кг). Концентрации микроэлементов в водах не высокие и согласуются с содержаниями в поверхностных водах таежного региона. Соотношение микроэлементов в донных отложениях схоже с их соотношением в исследованных породах (габбро-норитах) территории. Содержания располагаются в ряду по убыванию в породах: Sr > Cr > V > Zn > Cu > Ni; в донных отложениях: Sr > V ≥ Cr > Zn > Ni > Cu. Водная растительность экосистемы (*Potamogeton sp.*, *Fontinalis antipyretica*, *Batrachium sp.*) не склонна к накоплению Ni, Sr, V и Zn, коэффициенты биологического поглощения <1. В исследованных макрофитах наблюдалась аккумуляция Cu, а в водяном мхе (*Fontinalis antipyretica*) - Cr.

ЧИСЛА ЛЯВА В МОДЕЛЯХ ЧАСТИЧНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ТИТАНА

Дунаева А.Н., Кронрод В.А., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН), Гудкова Т.В. (ИФЗ РАН)
dunaeva.an@gmail.com; тел.: 8-916-705-6405

*Работа выполнена в рамках госзадания ГЕОХИ РАН № 0137-2020-0004,
при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00685*

Одним из источников информации о внутреннем строении Титана являются данные о гравитационном поле спутника, полученные в ходе многолетней работы КА «Кассини» на орбите Сатурна. Проведенные исследования гравитационного потенциала Титана позволили рассчитать величину его момента инерции и приливные характеристики – динамические числа Лява k_2 (Iess et al., 2010, 2012; Durante et al., 2019). Результаты расчетов свидетельствуют о наличии в недрах Титана жидкого океана, однако не дают однозначной информации о составе океана и о внутренней структуре спутника в целом.

В работе произведены расчеты приливных деформаций Титана и оценены приливные числа Лява (k_2 , h_2) для модели частично дифференцированного спутника. Полученные решения сопоставлены с результатами космических наблюдений. Обсуждаются параметры структурных оболочек Титана: толщина и состав внешней ледяной коры (лед I_h , клатраты метана), глубина, плотность и предположительный состав внутреннего океана, а также ограничения на тепловой поток спутника, приводящие к наилучшему соответствию расчетных и экспериментальных данных.

ВЕСЭМПГ - 038

РАСТВОРИМОСТЬ СЕРЕБРА В КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРАХ ХЛОРИДА НАТРИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ПРОЦЕССА

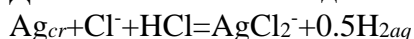
Дягилева Д.Р., Трофимов Н.Д. (*геол. ф-т МГУ, ИГЕМ РАН*), Зотов А.В. (*ИГЕМ РАН*)

andrdr2@gmail.com; тел.: 8 (951) 959 20 12

Грант РФФИ № 19-05-00604

Проведено экспериментальное исследование с целью оценки возможности применения уравнения Дебая-Хюккеля для расчёта термодинамических равновесий в концентрированных водно-солевых растворах в условиях высокотемпературного гидротермального процесса.

Для этого в системе вода – хлорид натрия – серебро реализована реакция:



Равновесное количество растворённого серебра определено по потере массы. Результаты эксперимента обработаны в программе OptimA с использованием опубликованных термодинамических данных.

В эксперименте получено три изотермы, для которых показана зависимость равновесных концентраций растворённого серебра от моляльности хлорид-иона для всего интервала концентраций NaCl – от 0,1 до 18 м.

Полученные данные согласуются с принятой теоретической моделью, а также подтверждаются в эксперименте по растворимости хлораргирита. Сделан вывод о возможности успешного применения принятого способа термодинамического описания водных растворов в заданных условиях.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОДАЛИТОВ ИЗ
КАРЕЛО-КОЛЬСКОЙ И МАЙМЕЧЕ-КОТУЙСКОЙ ЩЕЛОЧНЫХ ПРОВИНЦИЙ

**Ерёмина Е.Н., Ряховская С.К., Мельчакова Л.В.,
Гриценко Ю.Д., Вигасина М.Ф. (геол. ф-т МГУ)**
evgenia1998e@mail.ru тел.: 8 (495) 939 13 49

Содалит – типичный минерал пород высокой щелочности, основу структуры которого составляет алюмосиликатный каркас с большими полостями, которые могут заселяться ионами и нейтральными молекулами. Изучены три образца содалита из Карело-Кольской (образцы I и II) и Маймече-Котуйской щелочных провинций (образец III) (Россия). По данным микронзондового, рентгendifракционного и термогравиметрического анализов образцы относятся к собственно содалиту с различным содержанием входящей в полости воды: обр. I – 2.8мас.%(100-700°C, $t_{\max} \sim 150$ и 400°C), обр. II – 0.4мас.%(200-700°C, $t_{\max} \sim 300$ °C), обр. III – 1.1мас.%(120-700°C, $t_{\max} \sim 330$ °C). ИК-спектры согласуются с результатами термического анализа: в спектре обр. I зарегистрированы две интенсивные полосы поглощения (~ 3550 и $\sim 3610 \text{ см}^{-1}$), соответствующие двум типам воды; в спектре обр. III – слабо интенсивная широкая полоса при $\sim 3450 \text{ см}^{-1}$; в спектре обр. II полоса, приписываемая валентным колебаниям ОН-групп, не обнаружена. Спектры комбинационного рассеяния также отражают количественное содержание воды: обр. I – узкая интенсивная линия при 3550 см^{-1} , обр. III – широкая слабоинтенсивная линия при 3540 см^{-1} , обр. II – линия воды не регистрируется.

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ЭГИРИНОВОГО И ЛОПАРИТОВОГО КОНЦЕНТРАТОВ РУДНИКА КАРНАСУРТ (ЛОВОЗЁРСКИЙ МАССИВ, КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

**Ермолаева В.Н. (ИЭМ РАН, ГЕОХИ РАН), Бычкова Я.В. (геол. ф-т МГУ),
Когарко Л.Н., Михайлова А.В. (ГЕОХИ РАН)**
cvera@mail.ru; тел.: 8(916)3442595

Для изучения эффективности извлечения Th, U и REE в настоящей работе проведены эксперименты по их выщелачиванию из эгиринового и лопаритового концентратов рудника Карнасурт (Ловозёрский массив, Кольский полуостров). В качестве реагентов использовались 4% раствор HCl, а также смеси 4% раствора HCl с 2% растворами оксалата аммония, дифторида аммония и трилона Б. Для проведения опытов по выщелачиванию образцы перетирали до пудры, отбирали навеску массой 100 мг, заливали 20 мл реагента (по 3 опыта с каждым реагентом) и оставляли при комнатной температуре в закрытых пластиковых пробирках на 30 дней. Затем смесь отфильтровывали, отбирали аликвоту 50 мкл, разводили до 1 мл и анализировали методом ICP MS. Из лопаритового (до 3%) и эгиринового (до 56%) концентратов извлечение происходит гораздо менее эффективно, чем из эвдиалитового концентрата (до 100%, Ермолаева и др., 2019), что может объясняться нахождением этих элементов в лопаритовом и эгириновом концентратах в более трудноизвлекаемой форме (в виде порообразующих силикатов, а также в виде аксессуарных оксидов – лопарита и пирохлора), тогда как в эвдиалитовом концентрате, видимо, большая часть этих элементов входит в состав аксессуарных силикатов (торит, ловозерит), силикофосфатов (стенstrupин, карнасуртит), фосфатов (монацит, рабдофан), в том числе подвергшихся гидротермальному изменению, в более легкоизвлекаемой форме. В случае эгиринового концентрата наблюдается более эффективное по сравнению с лопаритовым концентратом извлечение REE, Th и U (7.0-56.4%), причём наиболее эффективная степень извлечения наблюдается для тяжёлых REE и U.

ВЕСЭМПГ - 041

**АНОМАЛИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДАХ
И ИХ ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ В СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

Жариков А.В. (ИГЕМ РАН), Лебедев Е.Б. (ГЕОХИ РАН), Родкин М.В. (ИТПЗ РАН)
vil@igem.ru; (факс: +7(495)9511587, тел.: +7(499)2308440)

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-05-00466

Экспериментальные исследования упругих и транспортных свойств при высоких температурах и давлениях как в «сухих» условиях, так и в условиях насыщения водными флюидами показали их существенную изменчивость. При этом, для температурных трендов кварцсодержащих пород характерны инверсии, приуроченные к PT -параметрам \square перехода в кварце. Показательно, что физические свойства пород изменялись намного значительней, чем можно было бы ожидать, исходя из изменений свойств отдельного зерна кварца и содержания минерала в породах. В частности можно предположить, что образование микротрещин на границах зерен кварца может приводить к появлению флюидопроводящих кластеров в породе и, как следствие, к резкому, пороговому росту проницаемости. Таким образом, фазовый переход в кварце в данном случае может иметь триггерный эффект, инициируя резкое возрастание скоростей перемещения волн флюидов, с которыми связаны сейсмостектонические процессы. Близкие по характеру процессы могут иметь место и при других, менее исследованных, фазовых превращениях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДОКС СОСТОЯНИЯ ИМПАКТИТОВ ИЗ УДАРНЫХ КРАТЕРОВ
ЭЛЬГЫГЫТГЫН И ЖАМАНШИН ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Жаркова Е.В., Луканин О.А., Цехоня Т.И., Сенин В.Г. (ГЕОХИ РАН)

zharkova@geokhi.ru; тел.: 8(495)9397078

*Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ № 17-05-00713 и
по государственному заданию ГЕОХИ РАН № 0137-2019-0017*

Изучение состава и окислительно-восстановительного состояния продуктов импактного плавления имеет важное значение для понимания роли высокоскоростных ударных событий в формировании и дифференциации вещества планетных тел.

Приведены результаты измерений собственной летучести кислорода (fO_2) для шести образцов импактитов из бомб различного размера из кратера Эльгыгытгын и трех образцов иргизитов из кратера Жаманшин на высокотемпературной установке с двумя твердыми электролитными ячейками в интервале температур от 800°C до 1100°C и нормальном давлении. Электрохимические определения fO_2 импактитов из кратера Эльгыгытгын лежат в области между буферными равновесиями вюстит-магнетит (WM)- железо-вюстит (IW). Они свидетельствуют о существенно более восстановленном характере этих образцов импактитов по сравнению с типичными магматическими расплавами корового и мантийного происхождения. Собственная летучесть кислорода иргизитов варьирует в более широких пределах: значения fO_2 для одного образца располагаются в области буферных равновесий WM-IW, тогда как fO_2 для двух других образцов попадают в область более высоких значений fO_2 между буферными равновесиями WM-QFM (кварц-фаялит-магнетит). Полученные данные сопоставляются с оценками редокс состояния тектитовых стекол и различных типов метеоритов.

ВЕСЭМПГ - 043

РОСТ МАЛОАЗОТНЫХ АЛМАЗОВ В СИСТЕМЕ Fe-C-S ПРИ ВЫСОКИХ P-T ПАРАМЕТРАХ

Жимулев Е.И., Бабич А.В., Карпович З.А., Чепуров А.И., (ИГМ СО РАН)

ezhimulev@igm.nsc.ru; тел.: 8(383)3066403

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 17-17-01154

Вопрос о генезисе природных алмазов типа IIa к настоящему моменту остается открытым и на обсуждение выносятся достаточно противоречивые предположения. Ранее, было установлено, введение в систему Fe-C элементарной серы в количестве 5 мас.% приводит к получению малоазотных кристаллов алмаза. Определено, что введение серы в ростовую систему Fe-C также приводит к увеличению количества азотсодержащих углеводородов (по номенклатуре).

В настоящем исследовании приводятся данные о кристаллизации малоазотных алмазов (содержание азота около 30 ppm в неагрегированной форме) в системе Fe-S-C с содержанием элементарной серы в количестве 1 мас.%. Изучен фазовый состав ростовой среды, установлены следующие фазы: карбиды, сульфид, и железоуглеродный сплав.

Сделано предположение, что генезис природных безазотных алмазов типа IIa имеет связь с высоко-восстановительными условиями, которые могут создаваться такими химически активными элементами как, например, сера.

ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ МАГНЕТИТА ТЕРМОФИЛЬНЫМИ БАКТЕРИЯМИ
(ОСТВАЛЬДОВО КИНЕТИЧЕСКОЕ УПОРЯДОЧЕНИЕ ФАЗ ИЛИ ВОЛНОВОЙ ПРОЦЕСС
В ЖИВЫХ КЛЕТКАХ ЖЕЛЕЗО-РЕДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ?)

Заварзина Д.Г. (*Ин-т микробиологии РАН*), Алехин Ю.В. (*геол. ф-т МГУ*)

alekhin@geol.msu.ru; тел. 8 (903) 287 35 45

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ № 19-05-00519, 19-35-90088

В контролируемых лабораторных условиях было проведено исследование особенностей восстановления аморфной гидроокиси железа с образованием магнетита анаэробной ацетат-окисляющей термофильной восстанавливающей железо бактерией. В ходе опытов контролировались изменения Red-Ох-потенциала и рН, которые дополнялись сведениями об изменении численности клеток, потреблении ацетата и восстановлении аморфной гидроокиси железа. Для получения максимально точных характеристик твердых фаз, образующихся в процессе жизнедеятельности бактерии, применялся мессбауэровский фазовый анализ. Условно проведено разделение процесса восстановления железа (III) на две фазы: биогенную, обусловленную размножением бактериального железоредуктора, с быстрым восстановлением аморфной гидроокиси железа в не полностью упорядоченный магнетит, и условно постбиогенную, характеризующуюся структурными перестройками магнетита, приводящими к упорядочению его кристаллической решетки, и к большим, но знакопеременным флуктуациям Red-Ох-потенциала, характерным для класса особых состояний в системах, не отвечающих полному термодинамическому равновесию, - то есть к образованию вполне устойчивого во времени предельного стационарного «цикла», в терминах работ И. Пригожина, П. Гленсдорфа и Г. Николиса. Обычно железо-редукция / железо-окисление представляет один из энергетически выгодных анаэробных / аэробных процессов, в ходе которого бактерии способны осуществлять как полную деструкцию ОВ, в том числе органического вещества аэробных микробных сообществ, так и синтезировать клетки при восстановлении гидроокислов и окислов Fe (III), с помощью ацетата, ключевого соединения, накапливающегося в большинстве анаэробных микробных процессов, то есть за счет энергии восстановления гидроокислов и окислов железа. Несмотря на то, что железоредукторы восстанавливают труднорастворимые окислы железа, они легко выигрывают конкуренцию за субстрат у двух вторичных анаэробов – метаногенов и сульфатредукторов – за счет высокого сродства к субстратам, что позволяет им окислять как водород, так и ацетат. Интерес к этой группе микроорганизмов объясняется способностью легко восстанавливать окислы железа и образовывать магнетит и сидерит, что заставляет предполагать их высокую роль в процессе возникновения протерозойских формаций железистых кварцитов в эпоху глобального перехода к более окислительным условиям в атмосфере и Мировом океане. Магнетит как одна из основных фаз железистых кварцитов, и стратифицированное (по существу локальное во времени, возможно, даже сезонное) переслаивание магнетит - гематитовых и кварцевых слоев вызывает много дискуссий в проблеме их совместного генезиса. Роль бактерий очевидна.

КОЭФФИЦИЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЧЕРМИГИТ/ВОДНЫЙ РАСТВОР В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗАДАЧЕ РАЗРАБОТКИ БИСУЛЬФАТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НЕФЕЛИНА

**Зайцев В.А. Груздева А.Н. Аносова М.О. Фокина О.В. (ООО «Новая Химия»),
Хамизов Р.Х. (ГЕОХИ РАН)
alkaline@geokhi.ru; 8(495)9397063**

Чермимит – додекагидрат двойного сульфата аммония и алюминия – редкий минерал и важный химический реактив. Кристаллизация аммоний-алюминиевых квасцов – важная стадия в аммонийно-сульфатных сульфатных методах переработки алюминиевого сырья. Мы экспериментально изучали его кристаллизацию при охлаждении первичного фильтрата и промывочных растворов в случае разложения нефелинового концентрата 40% раствором бисульфата аммония. Методами ICP-MS и ICP-AS были определены концентрации главных примесных компонентов и рассчитаны коэффициенты распределения элементов между твёрдой и жидкой фазами при комнатной температуре и их зависимость от концентрации.

Коэффициенты распределения алюминия и, в меньшей степени, галлия - увеличиваются с ростом концентрации растворов, тогда как для Fe, In, и Sr наблюдается обратная тенденция. Для щелочных металлов коэффициенты распределения уменьшаются в ряду Cs-Rb-K-Na, коэффициенты сокристаллизации Cs/Rb и Rb/K увеличиваются при разбавлении растворов. В концентрированных растворах К преимущественно концентрируется в жидкой, а в разбавленных – в твёрдой фазе.

Редкоземельные элементы, иттрий и стронций концентрируются в осадке, кристаллизующемся из первичного фильтрата, тогда как осадки, полученные из промывочных растворов - их практически не содержат. Из этого можно заключить, что в данном случае совместно с квасцами осаждается двойной сульфат РЗМ с Na или NH₄.

Полученные результаты показывают, что при построении бисульфатной технологии нефелина целесообразна отдельная кристаллизация первичного фильтрата и промывочных растворов, поскольку в этом случае более эффективно отделение Al от Fe, имеется перспектива попутного выделения редкоземельных элементов, Rb и Cs.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ СТАДИИ
ОБРАЗОВАНИЯ ПРЕДБИОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПРИ АБИОГЕНЕЗЕ**

**Иванов А.А., Севастьянов В.С., Шныкин Б.А., Долгоносов А.А., Кривенко А.П.,
Приймак С.В., Галимов Э.М. (ГЕОХИ РАН)**
aiva@geokhi.ru; тел.: 8 (967) 250 61 71

Любое преобразование органического вещества имеет свой формат энергии, обеспечивающей синтез, деструкцию, или структурообразование, что для каждого процесса требует индивидуальных источников силовых причин.

В проблеме абиогенеза, классически рассматриваемые источники энергии, такие как атмосферные электрические разряды, радиоактивное и космическое излучения, метеоритные и кометные удары, вулканические извержения и другие геотермальные источники, больше подходят для первичного синтеза низкомолекулярных органических соединений. Поэтому для стадии последующего образования из них предбиологических структур, эти источники энергии - малоэффективны. Причина такой оценки - в их нерегулярности и не локальности, в недостаточной кратковременности и периодичности действия, в энергетической избыточности, или недостаточности. Вероятно, для образования предбиологических структур и формирования из них протобионтов, необходим особый рельеф места с условиями мягкого энергообеспечения процесса, который ко всему, должен быть защищён от губительного влияния вышеуказанных источников энергии на протяжении геологически-длительного периода времени.

Всем этим требованиям отвечают абразивные берега, в кавернах которых во время прибою возникал пневмоудар, регулярно накачивающий энергией многофазную пузырьковую среду, образующуюся в них из низкомолекулярных соединений органического бульона.

ВЕСЭМПГ - 047

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМ $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ И $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{CaCl}_2$ ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 20 кбар. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ

Иванов М.В. (ИГГД РАН)

m.v.ivanov@ipgg.ru

Исследование по теме НИР Лаборатории флюидных процессов ИГГД РАН

На основе уравнения для избыточной свободной энергии Гиббса созданы основанные на экспериментальных данных термодинамические модели тройных флюидных систем $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ и $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{CaCl}_2$. Модели позволяют определять фазовое состояние флюидной системы (гомогенное или гетерофазное), активности компонентов, их концентрации в сосуществующих фазах, плотности, сжимаемости и мольные объемы фаз для давлений 1-20 кбар и температур 500-1400°C. Фазовое поведение рассмотренных систем при высоких давлениях существенно различается. Для системы $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{CaCl}_2$ при давлениях 1-20 кбар область гетерогенного флюида существует при всех температурах от 500°C до 1400°C. В системе $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ с ростом давления происходит значительное сужение этой области. При давлении 20 кбар гетерогенная область имеется лишь для $T \geq 700^\circ\text{C}$. Сравнение моделей позволяет полагать, что возможность фазового распада водно-углекислотно-солевого флюида в PT условиях нижней коры и верхней мантии существенно зависит от химического состава солевой компоненты.

ВЕСЭМПГ - 048

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ ТРОФНОСТИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА НЕПРЕРЫВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ**

Ивлева Е.А., Алехин Ю.В. (геол. ф-т МГУ)

lendrover@list.ru тел.: 8 (916) 957 00 08

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ № 19-35-90088 и № 19-05-00519

Целью работы было исследование химического состава поверхностных вод двух объектов различной трофности с целью определения соотношений микроэлементов во взвешенных и растворенных фракциях. Для изучения распределения органического вещества и микроэлементов применяли метод непрерывной фильтрации (без замены мембраны) с последующим анализом содержания большого числа микроэлементов в узких выделенных фракциях природных вод методом ИСП-МС и органического углерода методом каталитического сжигания. В качестве мембранного материала была использована ядерная трековая мембрана из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) с диаметром пор 0,45 мкм. Показано, что в обоих объектах, не зависимо от трофности, большая часть элементов в различной степени связана с коллоидами, однако в эвтрофном водоеме доля элементов, мигрирующих в виде коллоидов больше, нежели в дистрофном. Органическое вещество в объектах представлено фракцией меньше 0,45 мкм и не осаждается на фильтре.

ВЕРОЯТНОСТИ СТОЛКНОВЕНИЙ ОКОЛОЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ С ЗЕМЛЕЙ

Ипатов С.И. (ГЕОХИ РАН)

siipatov@hotmail.com; тел.: 8 (926) 379 28 10

Работа выполнена в рамках госзадания ГЕОХИ РАН

В ряде публикаций (Werner, Ivanov, 2015; Емельяненко, Нароенков, 2015; Granvik и др., 2018; Morbidelli и др., 2020,) вероятность p_E столкновения 1-км объекта, пересекающего орбиту Земли, (ОПОЗ) с Землей за год считалась близкой к $(2-4) \cdot 10^{-9}$. Эти оценки были сделаны в рамках изучения проблемы астероидной опасности в настоящее время. В (Bottke и др., 1994; Ипатов, 2000; Ipatov, Mather, 2004) вероятность p_E для 1-км ОПОЗ близка к 10^{-8} . Значение $p_E=10^{-8}$ лучше, чем большие значения p_E , согласуется с современными данными о вероятностях выпадений крупных болидов (Brown и др., 2013) и с ожидаемой частотой выпадений на Землю объектов типа Тунгусского явления. По-нашему мнению, при рассмотрении вероятностей столкновений 1-км ОПОЗ с Землей в течение миллионов лет значение p_E может быть близко к 10^{-8} , так как их распределение по элементам орбит может включать такие же элементы орбит, как и для некоторых современных меньших ОПОЗ, при которых вероятности столкновений с Землей больше, чем для современных орбит 1-км ОПОЗ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФАЗ СО СТРУКТУРОЙ КАЛЬЦИОФЕРРИТА В СИСТЕМЕ Mg-AL-CR-O В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ И НИЖНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

Искрина А.В. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН), Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН, ИЭМ РАН), Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Ерёмин Н.Н., Марченко Е.И. (геол. ф-т МГУ), Дубровинский Л.С. (Баварский Геоинститут, г. Байройт)

grigoryeva_av888@mail.ru; тел.: 89163395175

Поддержка: РФФ грант № 17-17-01169

Различные исследователи высказывают предположение о том, что алюминаты являются возможными фазами-концентраторами алюминия в условиях переходной зоны и нижней мантии Земли. К ним относятся Са-алюминаты, в которые могут входить различные катионы - Fe, Mg, Na, Cr, оказывающие влияние на фазовые отношения в системе СаО–Al₂O₃. Было начато изучение системы Mg-Al-Cr-O. В качестве крайних членов взяты соответственно MgAl₂O₄ и MgCr₂O₄. При давлениях 12, 14, 18 и 22 ГПа и температуре 1600°С были синтезированы фазы Mg(Al,Cr)₂O₄ и Mg(Cr,Al)₂O₄. Определены их точные составы и получены спектры комбинационного рассеяния. С помощью монокристаллической рентгеновской дифракции установлены структуры фаз. Фаза Mg(Al,Cr)₂O₄ имеет структуру кальциферрита (CF), а фаза Mg(Cr,Al)₂O₄ – структуру кальцититаната CaTi₂O₄ (CT). В фазе с соотношением компонентов (MgAl₂O₄)₅₀(MgCr₂O₄)₅₀ будет наблюдаться либо структура кальциферрита, близкая к структурному переходу, либо переходный тип структуры (CF→CT). Уточнение конкретных параметров структурного перехода с использованием метода монокристаллической рентгеновской дифракции будет проведено в дальнейшем.

ВЕСЭМПГ - 051

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСТМАГМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
ТИКШЕОЗЕРСКОГО МАССИВА (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ)**

Ковальская Т.Н., Варламов Д.А., Калинин Г.М., Шаповалов Ю.Б. (ИЭМ РАН)
tatiana76@iem.ac.ru; тел.: 8 (49652) 25857

В работе экспериментально изучено образование минеральных ассоциаций, соответствующих постмагматическим изменениям в породах Тикшеозерского массива. при петрологическом изучении пород, слагающих массив, было обнаружено образование вторичных щелочных амфиболов, по составу соответствующих рихтерит-катафориту (Ковальская и др., 2019) и заметное количество более низкотемпературных минералов – содалитов и канкринита. В связи с этим были предприняты попытки проведения экспериментов с различными флюидами (1M Na₂SO₄ + 1M K₂SO₄; 1M NaCl + 1M KCl, 1M Na₂SO₄ + 1M NaCl) и постепенной сменой температурного режима: плавление реакционной смеси при 1100 °С, выдержка при этой температуре в течение трех часов, затем изобарическое охлаждение до 850 °С, выдержка в течение 5 суток, затем изобарическое охлаждение до 500 °С и выдержка еще 5 суток. Общая длительность опытов составила 11 суток. В продуктах опытов обнаружены новообразованные амфиболы и содалиты, по составу отвечающие природным.

СИНТЕЗ ЭВДИАЛИТА ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ ПЕГМАТИТОВ. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

**Ковальская Т.Н., Ермолаева В.Н., Варламов Д.А.,
Калинин Г.М. (ИЭМ РАН), Ковальский Г.А. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН)**
tatiana76@iem.ac.ru; тел.: 8 (49652) 25857

С целью воссоздания условий минералогенеза щелочных пегматитов, а также изучения распределения катионов была предпринята попытка синтеза эвдиалита. Синтез проводился гелевой и стекольной методикам. Эксперименты проводились в платиновых ампулах на установке высокого газового давления при температуре 600°C и давлении 2 кбар, что близко к условиям образования пегматитов Ловозерского массива (Кольский п-ов). Длительность опытов составила 10 суток. В качестве исходных материалов использовались стехиометричные гели и стекла эвдиалитового состава. Несколько опытов проводились с использованием затравки перемолотого природного эвдиалита из Ловозерского массива (Северный карьер Умбозерского рудника). Количество затравки варьировалось от 3 до 1 % от массы навески. Были поставлены три разных эксперимента с флюидами разного состава: 1М раствор NaCl (100 и 150 мкл) и 1М раствор NaF (100 мкл).

В результате экспериментов наблюдалось нарастание синтетического эвдиалита на затравку с незначительным перераспределением компонентов затравки в синтетический эвдиалит, а также образование в интерстициях между зернами эвдиалита эгирина. Полученная минеральная ассоциация соответствует ассоциации щелочных пегматитов Ловозерского массива.

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ИЗВЕСТКОВО-ЩЕЛОЧНЫХ ФОСФАТОВ ИЗ МАГМАТИЧЕСКОГО РАСПЛАВА

Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН)

kogarko@geokhi.ru; тел.:8(495)137 31 16

Работа выполнена по государственному заданию ГЕОХИ РАН № 0137-2019-0014

Апатит является практически единственным фосфатным минералом магматических горных пород. В то же время известны многочисленные высокотемпературные фосфатные минералы более сложного состава – силикофосфаты (силиковрнотит $\text{Ca}_5\text{P}_2\text{SiO}_{12}$, нагельшмидтит – $\text{Ca}_7\text{P}_2\text{Si}_2\text{O}_{16}$ и др.), наблюдаемые в основных фтористых металлургических шкалах [1], а также двойные фосфаты систем ренанит (CaNaPO_4) – ортофосфат кальция ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), встречающиеся в продуктах высокотемпературной твердофазовой переработки апатита с карбонатом натрия [2, 3].

Мы экспериментально исследовали диаграмму плавкости NaAlSiO_4 (нефелин) – апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$ – диоксид $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$. В разрезе апатит-нефелин мы обнаружили двойной фосфат NaCaPO_4 , который стабилен в высокотемпературной области. Наиболее близким природным аналогом минерала является арктит $\text{Ca}_4\text{Na}_2(\text{PO}_4)_3$.

Главной причиной отсутствия двойного фосфата в природных магматических горных породах, вероятно, является то, что он кристаллизуется только при достаточно больших содержаниях фосфора в расплаве (>6 мас. % P_2O_5), которые не достигаются в магмах в области температур устойчивости этого минерала.

ВЕСЭМПГ - 054

**ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЩЕЛОЧНО-АЛЮМО-БОРОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА В
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Коноплева И.В., Катасонова О.Н. (ГЕОХИ РАН), Собина Е.П. (ФГУП УНИИМ)
konopleva@geokhi.ru; тел.: +7(499)137 5949

Изучался процесс выщелачивания водой и паром щелочно-алюмо-боросиликатного стекла при повышенных давлении и температуре. Опыт проводился в автоклаве, частично заполненным водой. Нижняя часть стекла находилась в контакте с водой, а верхняя часть - с паром. Автоклав помещался в печь. После изотермической выдержки в течение 1-7 суток стекло извлекалось из автоклава, разрезалось поперек по границе раздела вода–пар. Стекломатериал, образованный в результате гидротермобарического воздействия, утратил прозрачность и увеличился в объеме. Методами сканирующей электронной микроскопии и ртутной порометрии установлено, что образованный стекломатериал имеет в своем в объеме сеть мельчайших сквозных пор макроразмера. Показано, что распределение пор по размерам и пористость образованного стекломатериала определяется выбором выщелачивающего агента (воды или пара) и продолжительностью воздействия.

ОРТОПИРОКСЕНОВЫЙ ЛИКВИДУСНЫЙ ТЕРМОБАРОМЕТР-КОМПОЗИТОМЕТР ДЛЯ ДИАПАЗОНА СОСТАВОВ РАСПЛАВОВ ОТ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ БАЗИТОВ ДО ДАЦИТОВ

Коптев-Дворников Е.В., Романова Е. С., Бычков Д.А. (геол. ф-т МГУ)
ekoptev@geol.msu.ru тел.: 8 (915) 168 74 39

Из базы данных ИНФОРЕКС извлечены результаты 354 «сухих» закалочных опытов (из них 201 высокобарный до 23 кбар), характеризующих составы сосуществующих ортопироксенов и расплавов. Составы ортопироксенов были пересчитаны на 9 минералов: MgSiO₃ (En – энстатит), FeSiO₃ (Fs – ферросилит), CaSiO₃ (Wo – волластонит), FeAlO₃ (FeAl – феррал), AlAlO₃ (AlAl – алал), Na_{0.5}Al_{0.5}SiO₃ (NAlSi – налси), MgTiO₃ (MgTi – магти), MnSiO₃ (Rdn – родонит), CrSiO₃ (CrSiO₃ – хромпироксен). Ортопироксеновый ликвидусный композитометр представляет систему из 9 уравнений, например, для En:

$$X^{En} = \exp\left(A/T + \beta P/T + B + D \lg f_{O_2} + \sum J_i X_i + \ln a_{MgO}^l + \ln a_{SiO_2}^l\right), \quad (1)$$

где P – давление в кбар, T – абсолютная температура, f_{O_2} – летучесть кислорода, X_i – мольная доля i -ого компонента расплава, A , β , D , J_i – коэффициенты при соответствующих переменных, B – константа, a_i^l – активности исходных компонентов в расплаве согласно двухрешёточной модели силикатной жидкости Нильсена с соавторами.

В диапазоне температур от 1050 до 1500° С с вероятностью 95% расчётное значение температуры ликвидуса ортопироксена отличается от неизвестного истинного на величину, не превышающую ±5 градусов.

ВЕСЭМПГ - 056

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА Ag-Au ПРИ ВЫСОКИХ СОДЕРЖАНИЯХ СЕРЕБРА ($0.9 < x < 1$ Ag_xAu_{1-x})

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

yakoff@iem.ac.ru; тел.: 8-49652-2-58-49

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ № 18-35-00302

В предыдущем исследовании на примере одного состава, был показан факт, что коэффициент активности (γ) серебра в области составов близкой к чистому Ag ($0.9 < x < 1$ Ag_xAu_{1-x}) $\gamma > 1$, а для остальной области состава Ag ($0.9 < x < 1$ Ag_xAu_{1-x}) $\gamma > 1$. Для исключения возможности экспериментальной ошибки в области составов близких к чистому серебру были дополнительно синтезированы 2 образца: Ag_{0.97}Au_{0.03} и Ag_{0.92}Au_{0.08}. Результаты полученные при помощи цифрового сканирующего микроскопа (анализ состава поверхности образца) и ЭДС измерения в электрохимической ячейке (А) подтвердили положительное отклонение от закона Рауля в области $0.9 < x < 1$ Ag_xAu_{1-x}.

(-) C (graphite)|Ag|Ag β -alumina|Ag_xAu_{1-x}| C (graphite) (+) (A)

ВЕСЭМПГ - 057

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕДЕНИЕ Та И Nb ПРИ РАСТВОРЕНИИ ПИРОХЛОРА, ТАНТАЛИТА, Ta₂O₅ И Nb₂O₅ В РАСТВОРАХ (HF+HCl)

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

vkog@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)₂O₆(O, OH) и танталита (Mn, Fe)(Ta,Nb)₂O₆ в смешанных флюидах (HF+HCl). Полученные данные позволили оценить равновесные содержания ниобия и тантала в растворах (HF+HCl) при T = 300 - 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. Установлено влияние температуры на растворимость оксидов Ta и Nb, а также минералов пирохлора и танталита. Проведен сравнительный анализ равновесных содержаний металлов Nb и Ta.

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНОГО ВОДНОГО СУЛЬФАТА МАГНИЯ И НАТРИЯ – БЛЁДИТА $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

**Косова Д.А. (хим. ф-т МГУ), Мельчакова Л.В., Гриценко Ю.Д.,
Вигасина М.Ф., Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ)**
dakosova@gmail.com тел.: 8 (495) 939 13 49

Проведено изучение термического поведения бледита (астраханита) из отложений соленого озера Бай-Шагыр (Астрахань, Россия) от комнатной температуры до $T = 670$ К на термовесах «NETZSCH TG 209 F1» (Германия) и дифференциальном сканирующем калориметре «NETZSCH DSC 204 F1» (Германия) в потоке азота (40 мл/мин) со скоростью нагревания 10 К/мин. Для интерпретации полученных результатов проведены ИК- и КР-спектроскопические и рентгенографические исследования продуктов поэтапного термического разложения минерала. Удаление первых двух молекул воды в интервале температур 390-460К привело к образованию лёвеита $\text{Na}_{12}\text{Mg}_7(\text{SO}_4)_{13} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$, наличие которого подтверждено данными ИК- и КР-спектроскопии. Обнаруженный на кривой ДСК эндотермический эффект при $T = 520$ К связан с обратимым полиморфным превращением орторомбического сульфата натрия в гексагональную модификацию. ИК-спектр полностью обезвоженного образца ($T = 650$ К) показал наличие хорошо окристаллизованной безводной сульфатной фазы, рентгендифракционный спектр которой позволил диагностировать продукт разложения блёдиты как соединение состава $\text{Na}_2\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_3$. Второй продукт разложения блёдиты нам охарактеризовать не удалось, однако в литературных источниках он диагностируется как вантгоффит.

ТЕРМИЧЕСКОЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ВОДНОГО СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ И АЛЮМИНИЯ – ЭТТРИНГИТА $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$

**Косова Д.А. (хим. ф-т МГУ), Мельчакова Л.В., Гриценко Ю.Д.,
Вигасина М.Ф., Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ)
dakosova@gmail.com; тел.: 8 (495) 939 13 49**

Этtringит (Калахари, ЮАР) изучен методами ИК- и КР-спектроскопии. В ИК-спектре зарегистрированы полосы поглощения, соответствующие двум кристаллографическим позициям воды: широкая при $\sim 3418\text{cm}^{-1}$ и узкая при 3636cm^{-1} (область валентных колебаний ОН-групп), интенсивная узкая полоса при 1675cm^{-1} и плечом при $\sim 1637\text{cm}^{-1}$ (область деформационных колебаний H_2O). КР-спектр демонстрирует три линии рассеяния: широкая слабо интенсивная при 2914cm^{-1} , интенсивная уширенная при 3461cm^{-1} и интенсивная узкая при 3642cm^{-1} (валентные колебания ОН-групп); линии рассеяния при $\sim 1618\text{cm}^{-1}$ и $\sim 1694\text{cm}^{-1}$ (деформационные колебания H_2O на уровне шумов). Термическое изучение выполнено на «NETZSCH TG 209 F1» и ДСК «NETZSCH DSC 204 F1» (Германия) в сухом азоте со скоростью нагревания $10^\circ\text{C}/\text{мин}$. Удаление воды происходит в интервале $50\text{--}400^\circ\text{C}$ в три этапа: при $50\text{--}205^\circ\text{C}$ потеря составляет 35.0%, что соответствует $\sim 24\text{ H}_2\text{O}$; при $205\text{--}331^\circ\text{C}$ удаляется 7.0% ($\sim 5\text{ H}_2\text{O}$); при $331\text{--}400^\circ\text{C}$ уходит 3.8% ($\sim 3\text{H}_2\text{O}$). На DSC измерены тепловые эффекты удаления воды: 959.6 Дж/г, 102.4 Дж/г и 18.34 Дж/г соответственно на первом, втором и третьем этапах дегидратации.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАНТИЙНО-КОРОВОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ: ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПЕРИДОТИТ-
БАЗАЛЬТ-Н₂О ПРИ ПАРАМЕТРАХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ**

**Костюк А.В., Горбачев Н.С., Некрасов А.Н.,
Горбачев П.Н., Султанов Д.М. (ИЭМ РАН)**
nastya@iem.ac.ru gog@iem.ac.ru
При поддержке гранта РФФИ 17-05-00930а

Для оценки состава базитовой и ультрабазитовой компонент субдуцированной океанической коры для условий высокотемпературной субдукции экспериментально изучена система перидотит-базальт-Н₂О при T=1150°C и P=3.7 ГПа. Сохранялась структура исходного образца, представленная базальтовой (I), реакционной (контактной) (II) и перидотитовой (III) и зонами. Особенности текстуры и фазового состава свидетельствуют о частичном плавлении эклогитизированного базальта с реликтами зонального Сrx в рестите, реакционного Vt и K-Amp и силикатного расплава трахиандезитового состава (I). Ближе к контакту образуется гранатит, представленный россыпью гранатов и Сrx. Контактная область (II), сложного строения - реликты Сrx, микрокристаллы Grt и Phl, сопровождаются формированием пироксенитовой минералогической зональности переходной зоны от мономинеральной Сrx зоны, в дву-минеральную вебстеритовую Сrx+Orx зону. Перидотитовая часть представлена верлитом (Ol + Сrx). Экспериментальные расплавы по петрохимическим характеристикам близки к архейским породам ТТГ серии и кислым лавам – адакитам зон субдукции, что подтверждает существующие представления об их формировании при более высоких температурах, чем температуры кайнозойских океанических плит.

ВЕСЭМПГ - 061

ФЛЮИДЫ В РАВНОВЕСИИ С СИЛИКАТНЫМ ВЕЩЕСТВОМ И ПРОБЛЕМЫ РУДОГЕНЕЗИСА

Котельников А.Р., Сук Н.И. (ИЭМ РАН),

Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН), Коржинская В.С. (ИЭМ РАН)

kotelnik@iem.ac.ru; тел. +7(496)52-25857

Работа выполнена при поддержке программы АААА-А18-118020590151-3;

и гранта РФФИ № 15-05-03393

Подробно рассматриваются фазовые диаграммы водно-солевых систем I-го и II-го типов. Экспериментально показано взаимодействие силикатного вещества с растворами солей при 650-850°C и давлении 1 кбар. Изменение рН, химического состава раствора трактуется с позиции гетерогенизации водно-солевых систем по типу: (1) гомогенный флюид → пар + жидкость и (2) гомогенный флюид → жидкость 1 + жидкость 2. За счет гидролиза по реакции типа: $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NaOH}\downarrow + \text{HCl}\uparrow$ образуются щелочные и кислотные компоненты. Одновременно происходит межфазовое распределение кислотных и щелочных продуктов гидролиза, при этом щелочные компоненты обогащают более плотную фазу, в то время как кислотные уходят в менее плотную фазу, например в паровую в равновесии флюид → пар + жидкость. За счет подщелачивания плотная фаза реагирует с силикатным веществом, вызывая его плавление по механизму «метасоматоза как магматического замещения» по Д.С.Коржинскому. При этом возникают щелочные силикатные расплавы, обогащенные водой и солевыми компонентами. В природных условиях подобный механизм реализуется при внедрении и дифференциации гранитов с отделением сателлитов Li-F гранитных тел. Образующиеся при гетерогенизации флюидов щелочные силикатные расплавы могут экстрагировать рудные элементы (Ta, Nb) из вмещающих пород и транспортировать их в апикальные части тел литий-фтористых гранитов. При кристаллизации данные расплавы образуют парагенезисы полевой шпат – кварц – рудный минерал (тантало-ниобат). Предложенная нами модель постмагматического процесса с участием гетерогенизирующегося флюида позволяет понять образование рудных разностей гранитных пород – апогранитов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТВОРИМОСТИ ЦИРКОНА И
ГАФНОНА В СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ**

Котельников А.Р., Коржинская В.С., Сук Н.И., Ван К.В. (ИЭМ РАН)

kotelnik@iem.ac.ru; тел.: +7(496)52-25857

Работа выполнена при поддержке программы АААА-А18-118020590151-3

Продолжены исследования изучения растворимости циркона и гафнона в алюмосиликатном расплаве при температурах 800 и 1000°C, $P=2000$ бар в присутствии воды или раствора 1М KF. Продолжительность экспериментов составляла 5 суток для 1000°C и 14 суток – для 800°C. В опытах использовали синтезированные нами в гидротермальных условиях циркон ($ZrSiO_4$), гафнон ($HfSiO_4$) и гранит (месторождение Орловка, скв. 42) следующего состава (мас%): SiO_2 – 72.10%; TiO_2 – 0.01%; Al_2O_3 – 16.14%; Fe_2O_3 – 0.68%; MnO – 0.09%; CaO – 0.30%; MgO – 0.01%; Na_2O – 5.17%; K_2O – 4.28%; P_2O_5 – 0.02%; F – 0.32%; H_2O – 0.18%, который предварительно плавил при атмосферном давлении и температуре 980°C. Также были подготовлены предварительно наплавленные алюмосиликатные стекла с различным коэффициентом агпаитности: $K_{агр} = (Na+K)/Al$: от 0.80 до 2.5. Установлено влияние агпаитности на растворимость циркона и гафнона в алюмосиликатном расплаве в присутствии воды: с ростом $K_{агр}$ от 0.8 до 2.08 содержание ZrO_2 в стекле возрастает в среднем от 0.2 мас.% до 6.54 мас.%. Для гафнона с ростом агпаитности (от 1.04 до 1.86) содержание HfO_2 в стекле возрастает в среднем от 2.04 до 6.72 мас.%. Отмечено, что агпаитность расплава оказывает более сильное влияние на растворимость циркона и гафнона, чем температура и присутствие фтора.

ВЕСЭМПГ - 063

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТВОРИМОСТИ ФЕНАКИТА В СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ

**Котельников А.Р., Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Дамдинов Б. Б.,
Дамдинова Л. Б., Хубанов В.Б. (ГИН СО РАН)**

sukni@iem.ac.ru; kotelnik@iem.ac.ru; тел.: +7(496)52-25857

Работа выполнена при поддержке программы АААА-А18-118020590151-3

Растворимость фенакита в алюмосиликатных расплавах различного состава экспериментально изучалась при $T=1000^{\circ}\text{C}$ и $P=1$ кбар в сухих условиях и в присутствии 10 мас.% H_2O . Эксперименты проводились на установке высокого газового давления. Продолжительность опытов составляла 5 суток. Исходным материалом служили предварительно наплавленные стекла гранитного состава с различной алгаитностью (1-1.5), а также природный фенакит. Составы образцов после экспериментов определялись методом электронно-зондового рентгеноспектрального анализа, содержания бериллия определяли методом лазерной абляции.

Установлено, что растворимость фенакита зависит от состава алюмосиликатного расплава, возрастая с увеличением его алгаитности $((\text{Na}+\text{K})/\text{Al})$.

ВЕСЭМПГ - 064

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В КВАРЦЕ: ПРОВЕРКА НА АДЕКВАТНОСТЬ ЗАХВАТА РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Дамдинов Б. Б., Дамдинова Л. Б. (ГИН СО РАН), Брянский Н.В. (ИГХ СО РАН), Ахмеджанова Г.М., Сук Н.И. (ИЭМ РАН)

kotelnik@iem.ac.ru; тел.: +7(496)52-25857

Работа выполнена при поддержке программы АААА-А18-118020590151-3

Проведен синтез флюидных включений в кварце в гидротермальных условиях при 650°C и давлении 2 кбар. РТ-параметры подбирали так, чтобы флюид в процессе опыта находился в гомогенном состоянии. Опыты проводили методом захвата флюидной фазы при залечивании трещин в специально подготовленных столбиках кварца. Исходный состав растворов задавали смесями $1\text{M KCl} \pm (1\text{M NaCl}) \pm (0.1\text{M CuSO}_4) \pm (0.1\text{M ZnCl}_2) \pm (0.1\text{M Ni(NO}_3)_2) \pm (0.1\text{M Zn(NO}_3)_2)$, взятых в определенных количествах. В исходных растворах отношения Cu/K , Zn/K , Ni/K варьировали от 0.017 до 0.019. Опыты проводили в золотых ампулах диаметром 5 мм, с толщиной стенок 0.2 мм. В ампулы добавляли аморфный SiO_2 в количестве 10 мас.% от массы кварцевых столбиков. Продолжительность опытов составляла до 20 суток. После опытов столбики кварца полировали и исследовали методами микротермометрии на установке "Linkam". Показано, что плотность включений соответствует РТ-параметрам проведения опытов. Состав включений изучался методом лазерной абляции с последующим анализом паровой фазы на масс-спектрометре. Также выполняли анализ конечных растворов (после опытов) на содержания Na , K , Cu , Zn , Ni методом атомной абсорбции на приборе «Квант».

По предварительным данным анализа синтетических флюидных включений методом лазерной абляции показано, что соотношение Cu/K , Zn/K , Ni/K в захваченных порциях флюида варьировали от 0.015 до 0.024, что близко к заданным в исходных растворах.

ВЕСЭМПГ - 065

ОЦЕНКИ ЭНЕРГИИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛЬДА (СОЛИДИФИКАЦИИ ОКЕНА) ДЛЯ МОДЕЛИ ЧАСТИЧНО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ТИТАНА

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

va_kronrod@mail.ru

Работа выполнена в рамках госзадания ГЕОХИ РАН № 0137-2020-0004 при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (проект 18-05-00685).

Проведены оценки энерговыделения в результате процесса кристаллизации льда в океане вследствие охлаждения Титана. Рассматриваются квазистационарные модели Титана для двух значений времени. Модели должны быть максимально идентичны по составу, размерам железоканниого ядра и каменно-ледяной мантии; отличаются в основном только строением водно-ледяной оболочки. Итерационно решаются балансовые уравнения для поверхностных потоков. Энерговыделение процессов кристаллизации льда в настоящее время определяется по изменению объема океана (увеличению объема льда) на рассматриваемом интервале времени и оценивается $Q_{ст} \sim 6.3 \cdot 10^{10}$ Вт. Соответствующий вклад кристаллизации в поверхностный тепловой поток $F_c \sim 0.76$ мВт/м².

ОЦЕНКА РАЗМЕРОВ ЯДРА И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МАНТИИ ЛУНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В МАНТИИ И МОЩНОСТИ КОРЫ

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

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

Работа выполнена в рамках госзадания ГЕОХИ РАН № 0137-2020-0004 при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00225

Исследовано влияние распределения температуры в мантии Луны на химический состав мантии и размеры Fe-S ядра Луны. Задача решалась совместной инверсией сейсмических (скорости P- и S-волн по данным «Аполлон») и гравитационных (масса и момент инерции) данных с применением метода минимизации свободной энергии Гиббса для расчета фазовых равновесий. Получено, что вне независимо от распределения температуры, концентрации FeO составляют ~11-14 мас.%, значения магнезиального числа MG# 80-83 примерно одинаковы в верхней, средней и нижней мантии Луны, но значительно отличаются от значений для валового состава силикатной Земли (FeO ~ 8% и MG# 89). Оценки содержания Al₂O₃ в мантии существенно зависят от распределения температуры. Для «холодных» моделей валовая распространенность оксида алюминия в Луне составляет Al₂O₃ ~ 1-1.2 × BSE, для «горячих» моделей – 1.3–1.7 × BSE. При средней плотности ядра 7.1 г/см³ и содержанием серы 3.5-6 мас.% радиус Fe-S ядра составляет 50-350 км с наиболее вероятным значением около 300 км и довольно слабо зависят от теплового режима Луны.

ФЛЮИДНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Кузин А.М. (ИПНГ РАН)

amkouzin@ya.ru; тел.: 8 (916) 9075314

Статья является продолжением изучения флюидной зональности земной коры. В предыдущих исследованиях в коре докембрийских платформ помимо петрологической, реологической и сейсмической зональности типа зональности коры был установлен флюидный тип зональности. Флюидная зональность имеет фундаментальное значение для объяснения процессов эволюции земной коры.

В статье рассматриваются результаты сейсмических наблюдений, выполненные в складчатых районах с различным геологическим возрастом. Выделены вертикальные и горизонтальные зоны с различным фазовым составом флюида. В складчатых областях флюидная зональность по волновой картине подобна флюидной зональности докембрийских, но имеет свои особенности. Вертикальные зоны интенсивной сейсмической записи прослеживаются в верхнюю мантию, горизонтальные зоны слабоинтенсивной записи расположены на нескольких глубинных уровнях. В верхней части коры зоны слабоинтенсивной записи на поднятиях коррелируются с повышенными значениями скорости, в прогибах зоны интенсивной записи коррелируются с пониженными значениями скорости.

Предложен новый подход к глубинному прогнозированию рудной минерализации на основе комплексирования данных сейсморазведки геохимической съемки и оценки глубин химической активации гидротермальных процессов ниже подошвы осадочного чехла.

ВЕСЭМПГ - 068

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРОКСИДА КАЛЬЦИЯ ПРИ
ОЧИСТКЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОД ПОЛИГОНОВ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

Кулешова М.Л., Дроздова О.Ю., (геол. ф-т МГУ)

rita5715@ mail.ru; тел.: 8 916 684 73 83

Фильтрат полигонов твердых бытовых отходов (ТБО, ПТБО), характеризующийся сложным многокомпонентным составом органических соединений и высокими содержаниями токсичных металлов, является опасным фактором негативного воздействия на подземные и поверхностные воды. Проблема обращения с бытовыми отходами в настоящее время требует разработку новых эффективных технологий, позволяющих оптимальным образом обеспечить очистку полигонного фильтрата до уровней приемлемых для окружающей среды. Возможность применения для этой цели пероксида кальция (ПК) определяется рядом его свойств (стабильность, возможность создания определенных концентраций H_2O_2 , простота использования, низкая себестоимость и т.д.). Были проведены лабораторные исследования использования ПК для очистки фильтрационных вод одного из полигонов ПТБО, в которых оценивалась эффективность реагента в зависимости от его массовых добавок (при соотношении ПК/фильтрат - 1/100, 1/50, 1/10) и продолжительности его контакта с фильтратом. Получены данные по изменению показателей загрязнения: снижение концентрации тяжелых металлов, неорганических анионов, ХПК и др. Исследования показали перспективность использования ПК на одном из этапов комплексной очистки фильтрационных вод полигонов.

РАСТВОРИМОСТЬ ВОДЫ В СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ, РАВНОВЕСНЫХ С ЖИДКИМИ СПЛАВАМИ ЖЕЛЕЗА ПРИ 1.5 ГПа, 1400°C, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛЕТУЧЕСТИ ВОДОРОДА.

Куровская Н.А., Луканин О.А., Крюкова Е.Б. (ГЕОХИ РАН)

Kurum46@mail.ru тел.: 8 (495) 939 70 05

Работа выполнена по госзаданию 0137-2019-0017 при поддержке РФФИ № 17-05-00713

Обобщены экспериментальные данные по влиянию летучести водорода (f_{H_2}) и кислорода (f_{O_2}) на растворимость воды в расплавах Fe–базальтового состава и модельной системы $SiO_2-Al_2O_3-FeO-Na_2O$, равновесных с жидкими сплавами железа и графитом при 1.5 ГПа, 1400°C. f_{H_2} в системе регулировалась кислородными буферами Fe-FeO, W-WO₂, Co-CoO и Ni-NiO с добавками воды, используя метод двухкамерной Pt капсулы (Кадик и др., 2013; Куровская и др., 2018, 2019). Летучесть кислорода в опытах определялась по отношению к буферу Fe-FeO (IW) на основании распределения Fe между силикатной и металлической фазами. Содержание воды в закалочных стеклах после опытов определялось методом Фурье ИК-спектроскопии. Увеличение I_{gfH_2} от 1.75 (буфер Ni-NiO) до 3.69 (буфер Fe-FeO) приводит к уменьшению $\Delta I_{gfO_2}(IW)$ от -1.2 до -1.4 и от -1.8 до -2.0 соответственно в системах с модельными ($SiO_2-Al_2O_3-FeO-Na_2O$) и базальтовыми расплавами. Общее содержание воды (в виде OH⁻ групп и молекул H₂O) в модельных и базальтовых расплавах, определяемое на ИК спектрах по полосе 3550 см⁻¹, уменьшается по мере их восстановления от 7.47 до 4.58 мас.% и от 4.31 до 2.05 мас.% соответственно. Содержание молекулярной воды, определяемое по полосе 1630 см⁻¹, уменьшается с восстановлением модельных и базальтовых расплавов от 2.74 до 1.67 мас. % и от 0.88 до 0.32 мас. % соответственно. Полученные данные свидетельствуют о возможности формирования водосодержащих силикатных расплавов при плавлении ранней восстановленной мантии Земли в присутствии металлической фазы железа.

ВЕСЭМПГ - 070

**ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ
МЕТАМОРФИЗМА УГЛИСТЫХ ХОНДРИТОВ СО И СV**

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

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

Работа частично поддержана Программой № 12 Президиума РАН

Приведены результаты термолюминесцентных исследований 12 образцов углистых хондритов классов СО и СV из коллекции метеоритов ГЕОХИ РАН.

Выполнены измерения естественной и наведенной рентгеновским излучением в лабораторных условиях термолюминесценции относительно хондрита Dhajala НЗ.8. Определены температуры максимума термолюминесцентного свечения для изучаемых метеоритов. По площади под кривой свечения рассчитана интенсивность естественной и наведенной рентгеновским излучением в лабораторных условиях термолюминесценции. Кривые свечения наведенной рентгеновским излучением термолюминесценции углистых хондритов имеют сложную форму с пиком в области температур 100-130°C. У некоторых образцов фиксируются менее выраженные пики при температурах выше 150°C.

Установлено, что высота низкотемпературного пика (100-130°C) коррелирует со степенью метаморфизма углистых хондритов. Рассчитанные нами величины подтипов хорошо согласуются с данными других исследователей.

ВЕСЭМПГ - 071

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ РОДИТЕЛЬСКИХ ТЕЛ ПАЛЛАСИТОВ: ОБ ОСОБЕННОСТЯХ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА МИНЕРАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПАЛЛАСИТА ОМОЛОН

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

lavza@mail.ru; тел: 8-496-52-2-19-88.

Обсуждаются результаты распространенностей микроэлементов в мономинеральных фракциях и фрагментах из палласита Омолон с целью получения дополнительной информации о петрогенезисе этого метеорита. Полученные данные свидетельствуют о сложной картине фракционирования элементов в этих фракциях. Присутствие тридимита в оливиновых зернах необычно, фаза кремнезема и форстерита - несовместимые минералы, которые не образуются в присутствии друг друга. Распределения сидерофильных элементов в акцессорных троилите и добреелите свидетельствуют о том, что эти минералы формировались в разных условиях. Необычный химический состав и высокая степень фракционирования РЗЭ во фрагментах свидетельствуют об образовании этих объектов при высоких температурах. Такое распределение элементов в веществе палласита Омолон трудно объяснить с позиции наиболее признанной модели образования палласитов на границе ядромантии. Интерпретация полученных нами данных в комплексе с литературными сведениями по распределениям второстепенных и редких элементов в минеральных составляющих палласита Омолон позволила предположить, что палласиты могли быть образованы как ударно - брекчированная смесь материала ядра и материала мантии.

ВЕСЭМПГ - 072

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ИЗВЕСТНЯКОВ МОРСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

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

olga@iem.ac.ru; тел.: +7(496) 5225854

Продолжено изучение влияния органического вещества, содержащегося на поверхности природных мелов, на их перекристаллизацию. В работе был использован порошок кальцита (CaCO_3 , sigma) и образцы мела маастрихтского возраста, отобранные из водонасыщенных и газонасыщенных отложений северного моря, а также из ольборгского карьера, дания. Для каждого образца был измерен индукционный период гомогенной нуклеации пересыщенного раствора CaHCO_3 , полученного при растворении образцов мела при $P_{\text{CO}_2} = 1$ атм, в процессе переуравновешивания до атмосферного давления углекислоты. проведена корреляция кристаллизационной способности мела с содержанием полисахаридов и циклических углеводов.

Показано, что период индукции гомогенной нуклеации для всех образцов хорошо коррелирует с поверхностной концентрацией связей С-О, то есть с концентрацией полисахаридов на поверхности образцов. Для образцов мела из бассейна северного моря индукционный период намного больше, чем для чистого кальцита или мела ольборга, что объясняется значительно более высокой поверхностной концентрацией полисахаридов, на поверхности этих образцов.

ВЕСЭМПГ - 073

Р-V-T – СВОЙСТВА СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНО-УГЛЕКИСЛОТНЫХ ФЛЮИДОВ ПО ДАННЫМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Лаптев Ю.В. (ИГМ СО РАН)

laptev@igm.nsc.ru; тел.: 8 (903) 904 6345

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Сульфатсодержащие хлоридно-углекислотные флюиды представляют особый интерес в геохимии гидротермального сульфидообразования (в том числе и с участием золота) из-за возможности интенсивной миграции в них металлов. Показана эффективная возможность прогнозирования их Р-V-T свойств в сложных для экспериментального изучения системах посредством современных средств компьютерного моделирования, в частности, программного блока HCh – Uniterm (версия 4.4). Для газовой фазы была принята ее реальное состояние по модели Peng-Robinson. Первое систематическое сопоставление данных компьютерного расчета и экспериментальных результатов по Р-T параметрам флюида выбранного состава (22 мас. % Na_2SO_4 + 2.2 мас. % NaCl , мольная доля углекислоты $X_{\text{CO}_2} = 0 \div 0.22$) показало возможность достижения их адекватного соответствия в области 290 – 400°C при давлениях до 600 бар. В отсутствие CO_2 флюид отвечал гомогенному состоянию с высокой удельной плотностью ($d = 0,97 \text{ г/см}^3$), а в присутствии CO_2 создавались условия для его гетерогенизации при более низкой «валовой» удельной плотности ($d = 0.67 \text{ г/см}^3$). В целом для концентрированных сульфатно-хлоридно-углекислотных флюидов при умеренной валовой плотности (0,6 – 0,8 г/см^3) в диапазоне температур 300 - 400 °C наиболее характерным должно быть их гетерогенное состояние.

ВЕСЭМПГ - 074

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД И МАГМАТИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ

Лебедев Е.Б. (ГЕОХИ РАН)

leb@geokhi.ru; тел.: 8 (495) 939 78 40

Один из геохимических подходов к изучению природы сейсмической неоднородности литосферы связан с выявлением роли летучих компонентов в изменении ее вещественного состава, фазового и физического состояния пород. Как показали экспериментальные исследования, структурные изменения пород должны оказывать существенное влияние на их геофизические свойства.

Два различных прибора высокого давления были использованы для экспериментов: шестипуансонный пресс и газовый аппарат с внутренним нагревом.

Скорости продольных и поперечных волн были измерены в сухих условиях в шестипуансонном аппарате (при 600 МПа и температурах до 700оС) и в газовом аппарате с внутренним нагревом в сухих и водусодержащих условиях (при 300 МПа и температурах до 900°С) при различном эффективном давлении.

В результате экспериментальных и теоретических исследований и сравнения методик показано, что водные флюиды могут существенно влиять на физическое состояние глубинных пород и проявляться в их структурном изменении.

ВЕСЭМПГ - 075

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ К-РИХТЕРИТА ПРИ 3 И 5 ГПА.

Лиманов Е.В., Бутвина В.Г., Сафонов О.Г, Ван К.В. (ИЭМ РАН)

limanov.ev@iem.ac.ru; тел.:+7(925) 383-61-31

К-рихтерит является одной из тех фаз, которая определяет максимальную интенсивность модального метасоматоза перидотитов верхней мантии с ростом активности К и Na в широком интервале давлений и температур. С целью изучения реакции $8En + Di + [1/2K_2O + 1/2Na_2O + H_2O] = KRich + 2Fo$, определяющей образования рихтерита, проведено экспериментальное исследование системы энстатит-диопсид в присутствии флюида состава $K_2CO_3-Na_2CO_3-CO_2-H_2O$ при температурах 700-1000°C и давлении 3 и 5 ГПа. Образование амфибола оказалось возможным при отношении $K_2CO_3-Na_2CO_3$ к CO_2-H_2O в пропорции 30/70 по массе. О протекании вышеуказанной реакции свидетельствует присутствие наряду с амфиболом среди продуктов экспериментов пироксенов и новообразованного оливина. С увеличением содержания $K_2CO_3+Na_2CO_3$ во флюиде содержание тремолитовой составляющей в амфиболах уменьшается, а их составы смещаются в сторону рихтерита. Это сопровождается изменением кальциевости обоих пироксенов. Также, при высоких содержаниях $K_2CO_3+Na_2CO_3$ во флюиде, среди продуктов экспериментов были отмечены щелочной и магнезиальный карбонаты. Изучение закономерностей изменения компонентного состава рихтеритовых амфиболов важно для оценки активности щелочных компонентов во флюиде и давления в процессах модального мантийного метасоматоза перидотитов верхней мантии.

ВЕСЭМПГ - 076

**КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ СУБКАЛЬЦИЕВЫХ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ПИРОПОВ,
СОДЕРЖАЩИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
Лин В.В., Чепуров А.А., Ишутин И.А. (ИГМ СО РАН)**

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

В работе представлены результаты экспериментального исследования кристаллизации субкальциевых высокохромистых пиропов в модельной ультраосновной системе при участии флюида водного состава и Са-карбонатита, содержащего редкоземельные элементы (РЗЭ). Эксперименты выполнены на многопуансонном аппарате высокого давления “разрезная сфера” (БАРС) при давлении 5 ГПа и температуре 1300 °С. После опытов состав фаз в образцах был близок к природным дунит-гарцбургитам: высокомагнезиальный оливин, ортопироксен и хром-шпинель. Гранат, кристаллизующийся в экспериментах, по составу близок к наиболее распространенным включениям хром-пиропов гарцбургитового парагенезиса в природных алмазах. Во всех проанализированных зернах граната из опытов, содержание “средних” РЗЭ и “тяжелых” РЗЭ резко преобладало над “легкими” РЗЭ. Исследование показало, что кривые распределения нормированных на состав хондрита REE в гранате имеют пологую форму с положительным наклоном в сторону HREE, что отражает высокую степень фракционирования РЗЭ между флюидом и гранатом. Полученные экспериментальные результаты показали важную роль карбонатита как возможного источника РЗЭ при кристаллизации пироповых гранатов, по составу типичных для включений гарцбургитового парагенезиса в природных алмазах.

**РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ
МИНЕРАЛОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В L6 ХОНДРИТЕ NWA 5011**

Литасов К.Д. (ИФВД РАН), Бадюков Д.Д. (ГЕОХИ РАН),

Каги Х. (Токийский Университет, Токио, Япония)

litasov@hpi.troitsk.ru тел.: 8 (495) 851 00 11

Исследован образец L6 хондрита NWA 5011, который состоит из непрозрачных пересекающихся ударно-расплавных жил (УЖ) с отдельными участками первичного хондрита. Жилы состоят из мелкозернистого агрегата, представленного мэйджоритом, рингвудитом, Fe-Ni-металлом, троилитом, а также содержат крупные обломки первичных минералов, полностью преобразованных в высокобарические фазы (за исключением хромита). Первичные минералы основной массы хондрита, вмещающей УЖ, представлены оливином, ортопироксеном, клинопироксеном, стеклом плагиоклазового состава (маскелинитом), хромитом, фосфатами (хлорапатит и мерриллит), троилитом и камасит-тэнитовыми включениями.

Ранее хондрит NWA 5011 был исследован методами рамановской спектроскопии (Литасов, Бадюков, 2019). В данной работе участки УЖ с мэйджоритом, акимотоитом и крупными выделениями витрифицированного стекла были исследованы методами микрофокусной рентгеновской дифрактометрии в отраженном и в проходящем режиме. Участок каждой съемки составлял около 100 мкм. Было снято более 100 дифракционных спектров, каждый с выдержкой около 60 мин. К сожалению, ни в одном спектре не удалось выделить четкой дифракции от бриджманита. Большинство спектров содержат смесь акимотоита и мэйджорита с примесью камасита или окислов железа. Тем не менее, некоторые спектры имеют более выраженные характеристики бриджманита, чем те, которые приведены в работе (Tschauner et al., 2014). В этой работе, где был охарактеризован бриджманит из L6 хондрита Tenham (и дано название минерала), доказательства его присутствия весьма спорны. В любом случае, наличие витрифицированных участков стекла в ударно-метаморфизованных зернах ортопироксенового состава всегда указывает на первоначальное формирование бриджманита.

Минеральные ассоциации хондрита NWA 5011 свидетельствуют о высоких пиковых параметрах ударного воздействия в УЖ в области стабильности бриджманита (>25 ГПа и >2500 К). Кристаллизация мэйджорита и бриджманита из ударного расплава свидетельствует о температурах не менее 2600 К. Образование контактовых ассоциаций минералов, отвечающих разным давлениям (например, рингвудит и лингунит, рингвудит и бриджманитовое стекло) связано с разными термоупругими и реологическими свойствами кристаллов и границ зерен, поэтому в результате ударного события может формироваться огромный градиент давлений и температур на малых расстояниях в образце.

СИСТЕМАТИКА МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ И ПРОБЛЕМА ПРОИСХОЖДЕНИЯ АЛМАЗА В ОФИОЛИТОВЫХ ПЕРИДОТИТАХ И ХРОМИТИТАХ

Литасов К.Д. (ИФВД РАН), Беккер Т.Б. (ИГМ СО РАН, НГУ),

Каги Х., Хирата Т. (Токийский Университет, Япония)

litasov@hppi.troitsk.ru тел.: 8 (495) 851 00 11

Недавно было опубликовано несколько детальных исследований кубоктаэдрических алмазов типа Ib с низкой агрегацией азота в офиолитовых перидотитах и хромититах (напр., Xu et al., 2015; Yang et al., 2015). Найденные алмазы явно указывают на рост при высоких *PT*-параметрах в области стабильности алмаза. Напротив, вмещающие офиолитовые породы не показывают каких-либо отклонений от нормальных островодужных ассоциаций, формировавшихся в области стабильности шпинельного перидотита. В данной работе мы провели исследования микроэлементного состава ряда синтетических алмазов и показали их явное сходство с алмазами, обнаруженными в офиолитах. Данные были получены с помощью масс-спектрометрии индуктивно-связанной плазмы с лазерной абляцией. В одном из наборов изученных алмазов установлены средние соотношения содержаний Ni: Mn: Co = 67 : 28 : 5 мас.%. Два алмаза из этого набора имеют другой состав, соответствующий сплавам Ni-Fe-Co. Измеренные составы в точности соответствуют составу Ni-Mn-Co включений в алмазах из офиолитов (Howell et al., 2015), а также составу наиболее используемого катализатора для синтеза алмазов в Китае – Ni₇₅Mn₂₀Co₅. Ростовая среда состава Ni-Mn-Co неизвестна и скорее всего невозможна для природных алмазов, учитывая известные составы мантийных пород. Также, эти характеристики не могут быть региональной особенностью, так как алмазы с подобными Ni-Mn-Co включениями были зарегистрированы в Тибете, на Полярном Урале, Турции, Албании. Таким образом, мы считаем, что необходимо пересмотреть взгляды на природное происхождение алмазов из офиолитов, так как большинство из них являются результатом антропогенного загрязнения.

ВЛИЯНИЕ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА И С–О–Н ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СИДЕРОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (Ni, Co, P) МЕЖДУ ЖИДКИМ СПЛАВОМ ЖЕЛЕЗА И СИЛИКАТНЫМ РАСПЛАВОМ ПРИ ВЫСОКИХ РТ-ПАРАМЕТРАХ (4 ГПа, 1550°C)

Луканин О.А., Цехоня Т.И. (ГЕОХИ РАН), Колташев В.В. (ГЕОХИ РАН, ИЦВО РАН), Кононкова Н.Н. (ГЕОХИ РАН)

lukanin@geokhi.ru

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00713 и

Программы 16 Президиума РАН

Современные модели формирования ядра Земли и других планетных тел в результате сегрегации железной металлической фазы в условиях существования магматического океана предполагают присутствие в силикатных расплавах воды и других летучих компонентов, которые могли входить во время аккреции в состав планетного вещества. Хотя экспериментальному определению коэффициентов распределения металл/силикат сидерофильных элементов ($D(\text{Me})^{\text{met/sil}}$) при высоких РТ параметрах посвящено множество работ, влияние присутствия летучих компонентов на $D(\text{Me})^{\text{met/sil}}$ при низких летучестях кислорода ($f\text{O}_2$), характерных для процессов глобального плавления ранней Земли, остается мало изученным (Righter, 2015; Clesi et al., 2016).

В данном сообщении приведены результаты сравнения экспериментальных данных, полученных по распределению металл/силикат Ni, Co, P в модельной системе силикатный расплав – жидкий сплав Fe – графит – (С–О–Н) при 4 ГПа, 1550°C и $f\text{O}_2$ на 0.5 – 3 лог.ед. ниже буфера железо-вюстит (IW-0.5 - IW-3), с имеющимися данными для «сухих» систем. Показано, что в восстановительной области (при $f\text{O}_2 \leq \text{IW}-2$) экспериментальные значения $D(\text{Me})^{\text{met/sil}}$, а также коэффициенты обменного распределения Me (Ni, Co, P) – Fe для равновесий металлической фазы с расплавами, содержащими летучие компоненты (главным образом, в виде ОН-групп, CH_4 и H_2), становятся ниже ожидаемых расчетных значений для «сухих» систем при аналогичных T , P и $f\text{O}_2$. Предполагается, что уменьшение степени сидерофильности этих элементов связано с изменениями структуры силикатных расплавов, содержащих С–О–Н летучие, и формированием в них соединений со связями типа Me–С и Me–Н.

ВЕСЭМПГ - 080

**О ВЛИЯНИИ ТЕРМАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА НА СОДЕРЖАНИЕ
СИДЕРОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТАХ ОБЫКНОВЕННЫХ
ХОНДРИТОВ Н-ГРУППЫ**

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

ajull@mail.ru; тел.: 8 (496)522 1988

Для оценки степени влияния термального метаморфизма на состав основных компонентов обыкновенных хондритов рассмотрены данные по содержанию сидерофильных элементов в хондрах, тонкозернистой фракции и металле Н-хондритов различных петрологических типов. Установлено, что содержание сидерофильных элементов в хондрах практически не зависит от петрологического типа метеоритов. Однако с возрастанием степени метаморфизма наблюдается гомогенизация содержания данных элементов в хондрах метеоритов, о чем свидетельствует уменьшение величины стандартного отклонения от их среднего состава. Наблюдаемые различия в распространенности сидерофильных элементов в металле и тонкозернистой фракции хондритов являются следствием процесса фракционирования металл-силикат, тогда как метаморфизм и хондрообразование не оказали существенного влияния на состав основных компонентов хондритов Н-группы.

ВЕСЭМПГ - 081

**ИМИТАТОРЫ ЛУННОГО ГРУНТА ДЛЯ ШИРОКОМАСШТАБНЫХ НАТУРНЫХ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

Маковчук В.Ю., Гришакина Е.А., Слюта Е.Н. (ГЕОХИ РАН)

Маковчук.vladislav@yandex.ru; тел.: +7 (910)4947670

Практически невозможно создать на основе земных горных пород полный аналог лунного реголита, соответствующий всем основным свойствам – физико-механическим, теплофизическим, электромагнитным, химическому и минеральному составу. В зависимости от задач исследований и требуемых объемов грунта-аналога применяемые компоненты и технологии его изготовления могут существенно различаться.

При выборе компонентов грунта-аналога для широкомасштабных натуральных экспериментов учитывалось несколько основных требований: а) модель лунного грунта должна имитировать только основные физико-механические свойства; б) составляющие грунта-аналога должны обладать относительно низкой стоимостью и легкой промышленной доступностью; в) изготовление грунта-аналога и его укладка должна проводиться с помощью доступных промышленных методов и инструментов.

В качестве испытываемых свойств компонентов определялись следующие физико-механические характеристики: гранулометрический состав, объемный вес, удельный вес, пористость, влажность, модуль общей деформации, статический и динамический модули упругости, коэффициент Пуассона, модуль сдвига, несущая способность, угол внутреннего трения, сцепление, прочность на одноосное сжатие.

ВЕСЭМПГ - 082

ДИФФУЗИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАО В ГЛИНЯНЫХ ЗАЩИТНЫХ БАРЬЕРАХ

Мартынов К.В., Коневник Ю.В., Захарова Е.В. (ИФХЭ РАН)

mark0s@mail.ru; тел.: 8 (985) 777 59 43

Одной из функций глиняных защитных барьеров радиационно-опасных объектов является противодействие фильтрации и сведение механизмов миграции радионуклидов к диффузионному способу. Это позволяет не только уменьшить скорость распространения загрязнения, но и обеспечить сорбционную эффективность барьерных материалов, реализуя тем самым их противомиграционную защитную функцию. В экспериментальной ячейке методом сквозной диффузии при комнатной температуре изучены процессы диффузии и сорбции радионуклидов и компонентов модельных растворов в водонасыщенных уплотненных образцах различных глинистых материалов. Определены эффективные и действительные коэффициенты диффузии, коэффициенты сорбционного распределения и сорбционной емкости глинистых материалов для компонентов с различной сорбционной способностью в разных фоновых растворах.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ И НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СЖИМАЕМОСТИ ДВУХ Na-КЛИНОПИРОКСЕНОВ

Матросова Е.А. (ГЕОХИ РАН), Исмаилова Л.С. (Сколковский ин-т науки и технологий), Бобров А.В. (ГЕОХИ РАН, геол. ф-т МГУ), Бинди Л. (ун-т Флоренции), Пуцаровский Д.Ю. (геол. ф-т МГУ), Дубровинский Л. С. (ун-т Байройта)
ekaterina.a.sirotkina@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 0137-2019-0014

Проведено структурное изучение натриевых пироксенов с составами $(\text{Na}_{0.886}\text{Fe}_{0.03}\text{Mg}_{0.085})(\text{Fe}_{0.168}\text{Mg}_{0.39}\text{Si}_{0.442})\text{Si}_2\text{O}_6$ и $(\text{Na}_{0.86}\text{Mg}_{0.14})(\text{Mg}_{0.57}\text{Ti}_{0.43})\text{Si}_2\text{O}_6$, а также определение их упругих свойств в алмазных наковальнях с использованием синхротронного излучения. Данные фазы уникальны: первая представляет собой высокобарический Na-пироксен с кремнием в октаэдрической позиции (синтезирована при давлении 15 ГПа и температуре 1500°C), а вторая фаза является Na-Mg пироксеном с высоким содержанием Ti^{4+} (синтезирована при давлении 7 ГПа и температуре 1700°C). Для обеих фаз была установлена моноклинная сингония, пространственная группа $C2/c$ и величины модуля упругости $K\text{T}_0$ 106.8(2) и 121.8(4) ГПа, соответственно. Na-Ti-пироксен характеризуется существенно более высокой сжимаемостью, из-за того, что в составе Na-Mg-Si пироксена присутствует железо, для которого при высоком давлении октаэдры FeO_6 значительно более упруги по сравнению с полиэдрами MgO_6 . Показано, что образование богатых натрием пироксенов на мантийных глубинах связано с кристаллизацией карбонатно-силикатных расплавов малых степеней плавления в ходе мантийно-корового взаимодействия при погружении океанической плиты в мантию Земли и ее стагнации в переходной зоне.

ВЕСЭМПГ - 084

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГИДРАТАЦИИ И ДЕКАРБОНАТИЗАЦИИ ПОРОД ЗЕЛЕНОКАМЕННЫХ ПОЯСОВ

Митяев А.С., Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ), Варламов Д.А. (ИЭМ РАН)

Classic_ten@mail.ru; тел.: 8 (985) 787 38 08

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 18-17-00206

С целью воссоздания условий метаморфизма пород зеленокаменных поясов проведены эксперименты по дегидратации и декарбонатизации хлорит-амфибол-карбонатного сланца и карбонатсодержащего метапелита из зеленокаменного пояса Гияни, ЮАР. Эксперименты со сланцем проводились при температурах 600, 700 и 800°C при давлении 7 кбар. Содержание магниальной составляющей карбоната заметно снижается с ростом температуры. Активное выделение водно-углекислого флюида происходит между 700 и 800°C, что проявлено практически в полном разложении карбоната и образовании орто- и клинопироксенов на контактах зерен карбоната с амфиболом и хлоритом. В продуктах опыта предварительного эксперимента с карбонатсодержащим метапелитом (Vt+Pl+Qz+Cal) при температуре 850°C и давлении 10 кбар на границах между биотитом, плагиоклазом и кварцем возникают тонкие пленки расплава трахитового-тефритового состава. Они являются первыми порциями, образованными при частичном плавлении породы при участии карбонатной составляющей. При увеличении степени плавления, эти расплавы все больше приближаются к риолитовым.

ВЕСЭМПГ - 085

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗОЛОТО-ИЛЬМЕНИТОВЫХ РОССЫПЕЙ СИХОТЭ-АЛИНЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ПИРО-ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ

Молчанов В.П. (ДВГИ ДВО РАН), Медков М.А., Юдаков А.А. (ИХ ДВО РАН)

urmol@mail.ru; тел.: 8 914 734 63 65

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-05-00525.

При исследовании возможностей пиро-гидрометаллургических методов обогащения в качестве исходного продукта использовался материал магнитной и немагнитной фракции гравитационного концентрата золото-ильменитовых россыпей Ариадненского массива ультрабазитов (Приморье). В процессе извлечения TiO_2 из ильменита магнитной фракции традиционным сернокислотным методом жидкий сульфатизирующий реагент был заменен твердым сульфатом аммония. Водное выщелачивание при температуре $360^{\circ}C$ позволило перевести весь титан и основную массу железа в виде хорошо растворимых в воде двойных солей. При извлечении золота из немагнитной фракции вместо цианидов применялись выщелачивающие тиокарбомидно- тиосульфатные растворы (степень извлечения металла составила 89-90%). Проведенные исследования позволили разработать основы технологии переработки золото-ильменитовых россыпей с использованием методов гравитации, электромагнитной сепарации, пиро-гидрометаллургии с соблюдением принципов рационального природопользования и экологической безопасности.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ СТЕКОЛ СИСТЕМЫ $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{GeO}_2$

Неволина Л.А., Королева О.Н. (ИМин ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН)

nevolina@mineralogy.ru

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00079.

Методом спектроскопии комбинационного рассеяния исследованы стекла системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{GeO}_2$ с постоянным соотношением $\text{Na}_2\text{O}/\text{B}_2\text{O}_3=1$ и уменьшением доли GeO_2 от 90 до 30 мол.%. Для спектров КР было выполнено разложение на суперпозицию полос Гауссовой формы, согласно принятой модели, с использованием программы PeakFit v4.11. Полосы интерпретированы в соответствии с имеющимися литературными данными. Анализ зависимости концентрации структурных единиц от состава показал, что при увеличении содержания Na_2O и B_2O_3 , происходит постепенное увеличение доли высокоординированного бора, в то время как концентрация высокоординированного германия достигает максимального значения в стекле состава $25\text{Na}_2\text{O}\cdot 25\text{B}_2\text{O}_3\cdot 50\text{GeO}_2$, после чего начинает уменьшаться. Второй механизм преобразования структурных единиц выражается в формировании немостиковых атомов кислорода. Согласно полученным данным, доля германиевокислородных тетраэдров с немостиковыми атомами кислорода растет при увеличении количества Na_2O и B_2O_3 . Образование концевых атомов кислорода в боратных треугольниках отмечается при содержаниях Na_2O и B_2O_3 более 25 мол.%.

**ОСОБЕННОСТИ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ ЗЕМНЫХ АНАЛОГОВ КОМПОНЕНТ
ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ ПРИ ОБЪЕМНОМ СЖАТИИ**

**Никитин С.М. (ЛП ООО «ЛС-КАМ), Горбацевич Ф.Ф. (ГИ КНЦ РАН),
Скрипник А.Я. (ГЕОХИ РАН), Бельтюков Н.А. (ГИ УрО РАН),
Морозов И.А. (ГИ УрО РАН)
archont@mail.ru**

На основе системного анализа проявлений признаков механических ударных воздействий обоснован выбор земных горных пород, рассматриваемых в качестве аналогов минералого-геохимических структурных элементов, определяющих условия деформации и разрушения каменных метеоритов. В сравнении с данными по физико-механическим свойствам метеорита Царев рассматриваются новые результаты определения прочности и деформируемости при объемном сжатии образцов габбро, диабаз, обсидиана и кварцевого стекла (схема Кармана в режиме 5, 15, 25, 35 и 45 МПа боковой нагрузки). Хрупкость и прочность геоматериала контролируется аномалиями нагрузочно-деформационных характеристик, которые отвечают процессам ударного разрушения в разных стадиях деформирования образцов. Изменение состояния вещества параллельно контролируется методами оптической фрактографии и электронной микроскопии.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ И СВЯЗЬ С ФРОНТАМИ
МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ПОГРУЖАЮЩИХСЯ ПЛИТАХ**

**Никитина М. А. (ИТПЗ РАН), Родкин М. В. (ИТПЗ РАН; ИМГиГ ДВО РАН),
Шмаков И. Г. (ИТПЗ РАН)**

margarita@mitp.ru

Работа выполнена в рамках государственного задания Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН АААА-А19-119011490129-0 и Института морской геологии и геофизики ДВО РАН АААА-А18-118012290125-2.2, при частичной поддержке РФФИ № 19-05-00466

Проведена статистическая обработка данных по среднеглубинным землетрясениям в зонах субдукции Северного острова Новой Зеландии, Алеутского желоба, Юго-западной Японии, Северо-восточной Японии, Филиппин и северной части острова Суматра. По этим регионам в литературе имеются достаточно подробные сейсмотомографические данные и расчеты глубинных температур, а также геологические данные о характере вулканизма. Наличие подробных сейсмотомографических данных позволило построить детальную модель верхней поверхности погружающихся плит и рассматривать расположение гипоцентров в координатах глубина-расстояние до верхней границы погружающейся плиты. В результате такого рассмотрения были выявлены квазипланарные структуры высокой плотности гипоцентров среднеглубинных землетрясений. Положение этих сейсмоактивных структур отвечает определенным регрессионным соотношениям между давлением и температурой, что дает основание предположить их соответствие некоторым фронтам метаморфизма или подплавления в зонах субдукции. Тем самым, удастся предположительно выявить связь между распределением глубоких землетрясений и положением фронтов метаморфических превращений в зонах субдукции. Исходя из полученных Р-Т зависимостей, предположительно выделяются несколько типов развития реакций метаморфизма в погружающихся плитах, предположительно связанных со скоростями погружения, исходной мощностью и температурным и флюидным режимом погружающихся плит.

ВЕСЭМПГ - 089

ИНФИЛЬТРАЦИЯ ИНТЕРКУМУЛЯТИВНОГО РАСПЛАВА - ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ПЕРЕНОСА СУЛЬФИДНОГО ВЕЩЕСТВА

Николаев Г.С. (ГЕОХИ РАН)

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

Работа выполнена в рамках госзадания ГЕОХИ им. В.И. Вернадского РАН.

На основе анализа данных по содержанию меди в породах Бураковско-Аганозерского плутона (более 10 000 проб из 160 скважин) установлено два типа геохимической структуры малосульфидной минерализации. Разрезы структуры первого типа характеризуются минерализацией всей мощности нижней пачки дупироксеновых кумулатов и практически отсутствием сульфидов в вышележащих толщах. Второй тип - медная минерализация приурочена к верхней части нижней пачки дупироксеновых кумулатов, а выше по разрезу среди пород зоны дупироксен-плагиоклазовых кумулатов наблюдаются интенсивно минерализованные интервалы.

Проведен физико-химический анализ и численное моделирование влияния петрогенных компонентов расплава на растворимость сульфидной фазы. Показана важная роль кальция и магния в процессе ликвации/растворения сульфидной фазы.

Предложена модель формирования малосульфидной минерализации плутона: появление на ликвидусе клинопироксена привело к сульфидной ликвации и формированию разрезов первого типа; процессы инфильтрации интеркумулятивного расплава при компактизации кумулятивных толщ привели к растворению и переносу на сотни метров вверх сульфидного вещества, с формированием разрезов второго типа.

ВЕСЭМПГ - 090

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В ПОРОДАХ ПРИКОНТАКТОВЫХ ФАЦИЙ СЫРОСТАНСКОГО ГРАНИТНОГО МАССИВА ПРИ ДАВЛЕНИИ 1 КБАР И ТЕМПЕРАТУРАХ 900 И 850 °С.

Новикова А.С., Алферьева Я.О., Граменицкий Е.Н. (геол. ф-т МГУ)
novikova-a-s@yandex.ru тел.: 8 (495) 9392040

По результатам исследования пород приконтактной части Сыростанского гранитного массива выделены 6 разновидностей пород: кварц-актинолит-хлоритовый сланец, диорит, биотит-амфиболовый тоналит, амфибол-биотитовый тоналит, биотитовый гранит, двуслюдяной гранит. С ними поставлены две серии экспериментов при $T_1=900$ °С и $T_2=850$ °С, давлении 1 кбар и содержании воды 10 масс. %.

При параметрах эксперимента все породы приконтактных зон массива, кроме гранита, достигли условий субликвидуса. В полученных образцах состав плагиоклаза смещается в сторону увеличения содержания An компонента, а состав амфиболов изменяется от тремолитового ряда в сторону эденит-паргаситового ряда. Также были получены фазы, отсутствующие в природных образцах: в тоналитах при 900 °С появился оливин и пироксен, а в биотитовом граните – амфибол. Состав новообразованного расплава более кислый, чем валовый состав пород.

ВЕСЭМПГ - 091

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЛЁДИТА $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ И ЛЕОНИТА $\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

**Огородова Л.П., Гриценко Ю.Д., Вигасина М.Ф.,
Мельчакова Л.В., Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ)**
logor@geol.msu.ru тел.: 8 (495) 939 13 49

Характерными минералами солевых морских отложений на Земле являются блёдит (астраханит) и леонит. Среди двойных сульфатных солей с катионами К, Na и Mg они считаются важными представителями сульфатных минералов других планет с высоким содержанием серы. Изучен образец блёдита из отложений соленого озера Бай-Шагыр (Астрахань, Россия), диагностированный рентгенографическим, микронзондовым, ИК- и КР-спектроскопическими методами. Определение энтальпии образования блёдита проведено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «SETARAM» (Франция) с использованием термохимического цикла, включающего растворение минерала и составляющих его компонентов - оксидов и гидроксидов. Леонит является калиевым гомологом блёдита с близкой кристаллической структурой. Энтальпия образования леонита оценена на основании результатов растворения изученного блёдита. Оценку значений стандартных энтропий проводили с учетом усредненных значений энтропий, приходящихся на катионы и анионы в твердых веществах, и энтропийного вклада гидратной воды. С использованием величин $S^0(298.15 \text{ K})$ и полученных в настоящей работе энтальпий образования были рассчитаны значения $\Delta_f G_{\text{el}}^0(298.15 \text{ K})$ блёдита ($-3385 \pm 13 \text{ кДж/моль}$) и леонита ($-3466 \pm 13 \text{ кДж/моль}$).

ВЕСЭМПГ - 092

ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЭТТРИНГИТА $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$

Огородова Л.П., Гриценко Ю.Д., Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ)
logor@geol.msu.ru тел.: 8 (495) 939 13 49

Образование этtringита в цементном камне – основном компоненте бетона, определяющем его долговечность, применение этtringита для анионной иммобилизации тяжелых металлов при очистке сточных вод, а также качестве накопителя тепловой энергии стимулируют изучение физико-химических, в том числе термодинамических, свойств этого минерала. Образец этtringита (Куруман, ЮАР) был исследован методами рентгеноспектрального, рентгенографического и термического анализов, инфракрасной спектроскопии поглощения и спектроскопии комбинационного рассеяния. Полученные результаты подтвердили соответствие изучаемого образца этtringиту состава $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$. Калориметрическое исследование было выполнено на микрокалориметре Тиана-Кальве методом высокотемпературной калориметрии растворения в расплаве $2\text{PbO}\cdot\text{V}_2\text{O}_5$ при $T=973$ К. Полученное значение энтальпии образования, равное -17548 ± 49 кДж/моль, согласуется с результатами единственной работы Р.Б. Перкинса и С.В. Палмера 1999 года, полученными из данных изучения растворимости синтетического аналога этtringита.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ КОПИАПИТА

Огородова Л.П., Гриценко Ю.Д., Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ)
logor@geol.msu.ru тел.: 8 (495) 939 13 49

Проведена оценка значений энтропий, энтальпий и энергий Гиббса образования минералов копиапитовой группы: купрокопиапита $\text{Cu}_{1.00}\text{Fe}_{4.00}^{3+}[\text{SO}_4]_{6.00}(\text{OH})_{2.00}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$, феррикопиапита $\text{Fe}_{0.67}^{3+}\text{Fe}_{4.00}^{3+}[\text{SO}_4]_{6.00}(\text{OH})_{2.00}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$, цинкокопиатита $\text{Zn}_{1.00}\text{Fe}_{4.00}^{3+}[\text{SO}_4]_{6.00}(\text{OH})_{2.00}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$, собственно копиапита (феррокопиапита) $\text{Fe}_{1.00}^{2+}\text{Fe}_{4.00}^{3+}[\text{SO}_4]_{6.00}(\text{OH})_{2.00}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$, алюминокопиапита $\text{Al}_{0.67}\text{Fe}_{4.00}^{3+}[\text{SO}_4]_{6.00}(\text{OH})_{2.00}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$, магнизокопиапита $\text{Mg}_{1.00}\text{Fe}_{4.00}^{3+}[\text{SO}_4]_{6.00}(\text{OH})_{2.00}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$ и кальциокопиапита $\text{Ca}_{1.00}\text{Fe}_{4.00}^{3+}[\text{SO}_4]_{6.00}(\text{OH})_{2.00}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$. Величины $\Delta_f H_{\text{el}}^0(298.15 \text{ K})$ были получены путем пересчета экспериментальных данных по растворению природного образца алюминокопиапита $\text{Al}_{0.60}\text{Fe}_{4.07}^{3+}[\text{SO}_4]_{6.03}(\text{OH})_{1.95}\cdot 19.54\text{H}_2\text{O}$ на молекулярные массы копиапитов теоретических составов. Оценка стандартных энтропий проводили по методу Латимера с использованием усредненных значений энтропий, приходящихся на катионы и анионы в твердых веществах, и энтропийного вклада воды. Наиболее термодинамически устойчивым в группе является кальциокопиапит, обладающий наиболее отрицательным значением энергии Гиббса образования из элементов ($\Delta_f G_{\text{el}}^0(298.15 \text{ K}) = -10194 \pm 58 \text{ кДж/моль}$); наименее устойчивым является купрокопиапиг ($\Delta_f G_{\text{el}}^0(298.15 \text{ K}) = -9657 \pm 59 \text{ кДж/моль}$).

ВЕСЭМПГ - 094

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ Cd, Mn И Se МЕЖДУ
ГАЛЕНИТОМ И СФАЛЕРИТОМ**

Осадчий В.О., Чареев Д.А., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН),

Ивлев Б.А. (геол. ф-т. МГУ), Фокина С.И. (ГУ «Дубна»)

v.osadchii@iem.ac.ru; тел.: 8(49652)25849

Выполнено при финансовой поддержке РФФ №19-77-00087

С целью изучения влияния температуры и фугитивности серы на распределение и растворимость примесных компонентов в рудных минералах нами были синтезированы сростки кристаллов галенита и сфалерита при 780°C в расплавах солей галогенидов (NaCl/KCl). В качестве источника примесей в шихту добавлялись CdS, MnS или PbSe. Полученные кристаллы анализировались на сканирующем электронном микроскопе с волнодисперсионным спектрометром INCA Wave 700. Получены следующие значения констант распределения сфалерит-галенит: $K_D^{CdS} = 3.62$, $K_D^{MnS} = 6.94$ и $K_D^{Se} = 0.033$. Эти значения хорошо согласуются с величинами, определенными на образцах, полученных другими исследователями «сухим» синтезом и синтезированным гидротермально.

СИНТЕЗ МЕТАСТАБИЛЬНОЙ ФАЗЫ AgTe_3 И ЕЕ УСТОЙЧИВОСТЬ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Осадчий Е.Г., Поляков В.Б., Осадчий В.О. (ИЭМ РАН)

euo@iem.ac.ru; тел.: 8(49652) 2 58 49

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 18-35-00302

Теллурид серебра AgTe_3 (новый минерал lingbaoite) был синтезирован из элементов, в сосуде высокого газового давления (Ar) отжигом при температуре 473К, давлении 0.65 ГПа и экспозицией 10 суток. Структурные параметры были определены методом полнопрофильного анализа (метод Ритвельда): $a=8.6528\text{\AA}$, $c=5.2783\text{\AA}$, $V=342.240\text{\AA}^3$. Пространственная группа $R\bar{3}m(H)$, структурный тип α -полоний. Также методом Ритвельда было установлено, что AgTe_3 , находившийся в герметичной емкости в течение трех месяцев частично разлагается на Ag_5Te_3 (stützite) и элементарный теллур.

Двухфазная механическая смесь AgTe_3+Te (мольное отношение 1:1) использовалась в качестве положительного электрода (система образца) в твердотельной электрохимической ячейке

(-)Pt|Ag|RbAg₄I₅| AgTe_3 , Te|Pt(+) с RbAg₄I₅ твердым электролитом с Ag^+ -селективной проводимостью. В качестве отрицательного электрода (система сравнения) использовалось чистое серебро. ЭДС электрохимической ячейки непосредственно связана с виртуальной химической реакцией $\text{Ag}+3\text{Te}=\text{AgTe}_3$ и является функцией температуры и давления.

Электрохимические измерения при высоком давлении проводились методом изотермических сечений – при заданной температуре ступенчато изменялось давление аргона. Из полученных $E(T,p)$ данных определена энергия Гиббса образования AgTe_3 как функция температуры (Кельвин) и давления (бар) и рассчитаны стандартная энтропия и энтальпия:

$$\Delta_{f,r}G_{T,p} \text{AgTe}_3 / \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} = -21469 + 132.98 \cdot T - 21.958 \cdot \ln(T) + 1.775 \cdot p$$

$$S^0(\text{AgTe}_3, 298.15 \text{ K}) = 177.09 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^0(\text{AgTe}_3, 298.15 \text{ K}) = -14973 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

При нормальных условиях AgTe_3 является термодинамически метастабильной фазой.

ВЕСЭМПГ - 096

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ БАЗАЛЬТОВОГО РАСПЛАВА ПРИ УМЕРЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ ВОДОРОДА (ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ).

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

persikov@iem.ac.ru; тел.:8 (49652) 25058

Работа выполнена в рамках темы № 2 НИР ИЭМ РАН при финансовой поддержке Программы № 8 Президиума РАН.

Важные проблемы дифференциации магм, формирование самородных металлов и процессы рудообразования в земной коре, все чаще связываются с активным участием водорода. В настоящей работе получены новые экспериментальные данные по кристаллизации базальтовых расплавов при высоких температурах (1100-1250 °С) и давлениях водорода (10-100 МПа), которые проясняют возможную роль водорода в процессах, протекающих в базальтовых расплавах в земной коре и при вулканизме в сильно восстановительных условиях ($f(\text{O}_2) = 10^{-14}$). В кристаллизационных экспериментах установлено, что составы кристаллов (оливинов, клинопироксенов и плагиоклазов), образующихся в эксперименте по кристаллизации расплава магнезиального базальта под давлением водорода, близко соответствуют составам кристаллов лавовых потоков Северного прорыва вулкана Толбачик на Камчатке. Этот результат можно рассматривать как экспериментальное подтверждение участия водорода в вулканическом процессе.

ВЕСЭМПГ - 097

СИСТЕМА $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-MgCO}_3$ ПРИ 3 И 6 ГПа

**Подбородников И.В., Шацкий А.Ф., Арефьев А.В. (ИГМ СО РАН, НГУ),
Литасов К.Д. (ИФВД РАН)**

podborodnikov@igm.nsc.ru тел.: тел.: 8 (383) 373-05-26 (доб.826)

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 20-05-00811)

Система $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-CaCO}_3\text{-MgCO}_3$ исследована при 3 и 6 ГПа с использованием многопуансонной техники. При 3 ГПа система имеет восемь промежуточных соединений: Mg-содержащий $\text{Na}_2\text{Ca}_4(\text{CO}_3)_5$ бурбанкит, $\text{Na}_2\text{Ca}_3(\text{CO}_3)_4$, Mg-шортит $\text{Na}_2\text{Ca}_2(\text{CO}_3)_3$, $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ ниеререит, $\text{Na}_4\text{Ca}(\text{CO}_3)_3$, $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ эйтелит, доломит и обогащенный Ca доломит. Система имеет пять тройных перитектических точек и один минимум плавления, расположенный при 850 °С и $52\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 48(\text{Ca}_{0.62}\text{Mg}_{0.38})\text{CO}_3$. Минимум плавления представлен эвтектикой, которая контролируется реакцией, при которой охлаждение расплава приводит к образованию шортита, Na_2CO_3 и эйтелита. При 6 ГПа система имеет пять промежуточных соединений: $\text{Na}_2\text{Ca}_4(\text{CO}_3)_5$ бурбанкит, $\text{Na}_2\text{Ca}_3(\text{CO}_3)_4$, $\text{Na}_4\text{Ca}(\text{CO}_3)_3$, $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ эйтелит и доломит. Система имеет пять тройных перитектик и одну эвтектику, расположенную при 1050 °С и $48\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 52(\text{Ca}_{0.75}\text{Mg}_{0.25})\text{CO}_3$. Эвтектика контролируется реакцией, при которой охлаждение расплава приводит к образованию $\text{Na}_2\text{Ca}_3(\text{CO}_3)_4$, $\text{Na}_4\text{Ca}(\text{CO}_3)_3$ и эйтелита. Наличие только одной эвтектики при 3 и 6 ГПа, указывает на возможность фракционной кристаллизации низкощелочного доломитового расплава в сторону натродоломитового расплава.

**ВЛИЯНИЕ Na И K НА РЕАКЦИЮ КЛИНОПИРОКСЕНА С МАГНЕЗИАЛЬНЫМ
КАРБОНАТОМ ПРИ 3 И 6 ГПа ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЛАВЛЕНИЮ СИСТЕМЫ
ПЕРИДОТИТ-CO₂**

**Подбородников И.В., Шацкий А.Ф., Арефьев А.В. (ИГМ СО РАН, НГУ),
Литасов К.Д. (ИФВД РАН)**

podborodnikov@igm.nsc.ru тел.: 8 (383) 373-05-26 (доб.826)

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Плавление лерцолита в упрощенной системе CMAS-CO₂ контролируется реакцией $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ (Cpx) + 2MgCO_3 (Mgs) = $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (L) + $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (Opx). Данная реакция обеспечивает перераспределение CaO из силикатной части системы в карбонатную, что приводит к образованию доломитового расплава при $T \geq 1350$ °C. Исследование более сложных систем показало, что присутствие Na₂O и K₂O может понижать температуры солидусов карбонатизированного лерцолита на 200-300 °C. Однако субсолидусные фазы и конкретные реакции, контролирующие плавление, остаются неизученными. Ранее мы приступили к изучению данной проблемы путем исследования реакций клинопироксена с магнезиальными карбонатами при 6 ГПа (Shatskiy et al., 2017). В настоящей работе мы продолжили это исследование при 3 ГПа. Результаты показали, что при соотношениях Na/Al и K/Al > 1 плавление контролируется соответствующими эвтектиками в системах Na₂CO₃-CaCO₃-MgCO₃ и K₂CO₃-CaCO₃-MgCO₃ (Podborodnikov et al., 2019a,b; Arefiev et al., 2019a,b). При Na/Al < 1 Na₂O концентрируется в омфациите и не оказывает столь существенного влияния на температуру солидуса.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНОРТОЗИТОВ ИЗ ЗОНЫ МАЛОСУЛЬФИДНОЙ ЭПГ-МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ЙОКО-ДОВЫРЕНСКОМ МАССИВЕ

Пшеницын И.В., Арискин А.А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Корост Д.В.,

Хомяк А.Н. (геол. ф-т МГУ), Рязанцев К.М. (ГЕОХИ РАН)

lotecsi@gmail.com; тел.: +7(916)9765141

Выполнено при финансовой поддержке РФФ № 16-17-10129

С помощью рентгеновской компьютерной томографии (КТ) был изучен анортозит из Главного ЭПГ-рифа Довырена. Первичные исследования проводились на сканере РКТ - 180; на основании этих данных были намечены зоны для более мелкомасштабного изучения, которые были отсняты на микротомографе SkyScan-1172 с разрешением 3,1 и 4,4 мкм. Крупномасштабная съемка позволила выявить обогащенные сульфидами участки, а также, впервые для подобных анортозитов, - каплеобразную сульфидную глобулу. Результаты КТ использовались для анализа распределения сульфида, а также выделения отдельных включений, идентифицированных как вкрапления минералов платиноидов (МПГ). В результате анализа данных КТ для этих образцов установлена слабая связанность сульфидного вещества (13.7%), максимальная (~18%) в образце с сульфидной каплей. Для этого же образца характерно большее количество размер зерен МПГ. Анализ КТ-изображений показал, что в большинстве случаев они приурочены к ребрам сульфидов, а также располагаются по периферии сульфидной глобулы, имеющей диаметр около 4 мм. Эта глобула была распилена на 6 частей, из которых были изготовлены шашки, и отсняты их панорамы в отраженном свете. Дальнейшая обработка фотографий позволила оценить пропорции основных сульфидных фаз: троилит - 35%, кубанит - 39%, пентландит - 21% и халькопирит ~5%. Используя микрозондовые анализы для данных фаз, была получена оценка валового состава всей сульфидной глобулы (мас.%): S – 35%, Fe – 47%, Co – 0.4%, Ni – 6.5%, Cu – 11%. Такой состав сульфида отвечает высокомедистым сульфидным растворам стабильным при температурах ниже 900°C (Tsuji-mura, Kitakaze, 2004). Это подтверждают минералогические наблюдения: для капли типичны структуры распада сульфидного твердого раствора, в виде ламелей, сложенных кубанитом, пентландитом и халькопиритом, находящихся в троилитовой матрице. Подобно результатам КТ? при микрозондовых исследованиях - установлено, что сульфидное обособление ассоциирует с крупным кристаллом клинопироксена, который представляет относительно позднюю интерстициальную фазу. По результатам наблюдений можно сделать вывод, что формирование относительно крупных субизометричных глобул происходило при заполнении сульфидной жидкостью порового пространства адкумулусных анаортозитов -на поздней стадии их кристаллизации, а не при миграции сульфидных капель в силикатном расплаве, как установлено в низах довыренской камеры (Пшеницын и др., 2018). Об этом свидетельствует низкотемпературная сульфидная ассоциация и тесная ассоциация сульфидов с клинопироксеном - продуктом кристаллизации остаточного силикатного расплава.

ВЕСЭМПГ - 100

ФОСФАТ-КАРБОНАТНАЯ СИСТЕМА С ФТОРОМ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.

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

rass@igem.ru; тел.: 8 (499) 230 84 22

Грант РФФИ № 20-05-00008 а

Проведены две серии опытов в газостате при 500 МПа и 1000°C. Одна – с переменным отношением NaPO_3 и CaCO_3 и постоянным количеством NaF . Продукты опытов из смесей с отношением $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CaO}(\text{CO}_2) > 1.7$ состоят из Na-фосфатного стекла, с высокими концентрациями ZrO_2 , TiO_2 , Nb_2O_5 и кристаллов апатита, обогащенных REE. Во второй серии использованы 2 состава из первой, с отношением $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CaO}(\text{CO}_2)$ в исходных смесях 0.25-0.40, с получением закаленного Ca-карбонатно-фосфатного расплава с высокими концентрациями REE, и чисто содовых обособлений с ZrO_2 , TiO_2 , Nb_2O_5 , без REE, что выходит за рамки эвтектики сода–двойной карбонат. Возможно, это результат выпадения избытка соды из остаточного расплава. Эта серия была проведена при тех же параметрах с переменным количеством NaF . Продукты опытов при $\text{NaF} = 40\text{-}56$ мг состоят из видимо несмесимых содового и Na-Ca-карбонатно-фосфатного расплавов. При меньшем количестве NaF в исходных смесях образовались закаленный Na-фосфатно-существенно карбонатный расплав и фазы Na-Ca фосфата. Во всех ампулах присутствуют пустоты, указывающие на наличие свободного CO_2 . Зависимости влияния F на наличие редких элементов в закаленных расплавах нет.

ВАЛЕНТНОСТЬ ВОЛЬФРАМА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ ПО
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ И РАСЧЕТНЫМ ДАННЫМ

Редькин А.Ф. (ИЭМ РАН)

redkin@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 522 58 52

Грант РФФИ № 20-05-00307 и ГЗ № АААА-А18-118020590151-3

Экспериментально исследована растворимость синтетического ферберита FeWO_4 при 400-500°C, давлении 20, 25, 40, 50 и 100 МПа, f_{O_2} , соответствующей Ni-NiO (NNO), Fe_3O_4 - Fe_2O_3 (НМ) буферам, в растворах, содержащих 0.7 ÷ 8.9 $m\text{KCl}$, и кислотности, контролируемой кварц-микроклин-мусковитовым буфером. Установлено, что $m\text{W}$ зависит от $m\text{Cl}$, T и f_{O_2} и изменяется от $1 \cdot 10^{-4}$ -0.05 моль·кг⁻¹ H_2O в 0.7 $m\text{KCl}$ до 0.01-0.15 моль·кг⁻¹ в 8.9 $m\text{KCl}$.

Термодинамические вычисления, выполненные при $P=100$ МПа, показали, что преобладающими частицами вольфрама в растворах KCl-HCl и $f_{\text{O}_2}=f_{\text{O}_2}$ (NNO) могли быть частицы W (V, VI): WO_3^- , HWO_4^- , $\text{H}_2\text{W}_2\text{O}_7^-$ при 500°C и HWO_4^- , $\text{W}_5\text{O}_{16}^{3-}$ при 400°C. Расчеты показывают, что осаждение вольфрама из гидротермальных растворов происходит в результате их взаимодействия с вмещающими породами, содержащими полевые шпаты и оксиды железа, а также при их охлаждении.

**КОРРЕЛИРОВАННОСТЬ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НАФТИДОВ И
КАУСТОБИОЛИТОВ С ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ РАЗЛИЧНЫХ ГОРИЗОНТОВ
ЗЕМНОЙ КОРЫ И БИОТЫ**

Родкин М.В. (ИТПЗ РАН, ИПНГ РАН)

rodkin@mitp.ru; тел.: 8 (926) 324 95 75

Грант РФФИ № 19-05-00466

По данным об микроэлементном (МЭ) содержании различных нафтидов и каустобиолитов проведен анализ корреляции их МЭ состава со средним химическим составом верхней, средней и нижней континентальной коры и биоты. Выявлено единообразие характера коррелированности МЭ состава глин, углей, горючих и черных сланцев и рассеянного органического вещества (РОВ). Для этой группы характерна более высокая связь с химическим составом органического вещества и более тесная корреляция с составом верхней континентальной коры. Другую группу составляют асфальты, битумы, смолисто-асфальтеновые компоненты нефти; отчасти также кериты. Для этой группы характерны наиболее высокая связь с химическим составом нижней континентальной коры и более слабая корреляция с составом органического вещества. Промежуточное положение между этими группами, со значительным разбросом параметров, занимают нефти. Полученные взаимосвязи хорошо согласуются с ранее предложенной автором моделью, что условием преобразования РОВ в нефть является переработка осадочных толщ восходящим потоком глубинных флюидов. Вывод о высокой роли восходящих флюидных потоков согласуется с результатами интерпретации сейсмического режима в обобщенной окрестности сильного землетрясения.

ПИЖОНИТОВЫЙ ЛИКВИДУСНЫЙ ТЕРМОБАРОМЕТР-КОМПОЗИТОМЕТР ДЛЯ ДИАПАЗОНА СОСТАВОВ РАСПЛАВОВ ОТ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ БАЗИТОВ ДО ДАЦИТОВ

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

Katrin.s.romanova@gmail.com; тел.: 8 (495) 939 49 16

К настоящему времени разработаны термодинамические, полуэмпирические и эмпирических модели, позволяющие предсказывать кристаллизацию оливина, прагиоклаза, авгита, ортопироксена и рудных минералов (сульфиды, хромшпинелиды, магнетит и ильменит). Для моделирования равновесия в базит – гипербазитовых системах осталось вывести термобарометр-композитометр для пижонита.

Из базы данных Lemp 3.0 и ИНФОРЕКС было извлечено 250 “сухих” закалочных опытов (из них 51 высокобарный до 40 кбар), характеризующих составы сосуществующих пижонитов и расплавов.

В результате проделанной работы, была разработана система уравнений пижонитового термобарометра, с высокой точностью описывающего равновесие с силикатным расплавом в широком диапазоне составов, температур, давлений и летучести кислорода.

Полученные ликвидусные термобарометры впервые позволяют предсказывать содержания в составе пижонитов не только главных оксидов, но и второстепенных компонентов (TiO_2 , Al_2O_3 , MnO , Na_2O , Cr_2O_3).

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ФАЗ В ВЫСОКОФТОРИСТОЙ МОДЕЛЬНОЙ ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ ПОНИЖЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ 700 ДО 400 °С И ДАВЛЕНИИ 1 КБАР

Русак А.А. (ГЕОХИ РАН), Щекина Т.И., Алферьева Я.О., Граменицкий Е.Н., Зиновьева Н.Г. (МГУ), Хвостиков В.А. (ИПТМ РАН), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)
aleks7975@yandex.ru, t-shchekina@mail.ru; тел.: +7 (495) 939-20-40

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

Проведена серия экспериментов в высокофтористой модельной гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H при температуре 700, 600, 550, 500 и 400 °С и давлении 1 кбар. Опыты проводились на установке высокого газового давления (УВГД) в институте экспериментальной минералогии РАН им. Д.С. Коржинского. Показано, что при понижении температуры изменяются фазовые отношения в системе. При T=800 °С и P=1 и 2 кбар равновесными фазами являются алюмосиликатный (L) и алюмофторидный солевой (LF) расплавы и водный флюид (Fl) при содержании воды ~10 мас.%. При понижении температуры до 700 °С происходит частичная кристаллизация солевого расплава с образованием крупных кристаллов алюмофторидов (криолита - CrI и криолитионита), которые, практически, не содержат РЗЭ. При T=600 °С и P=1 кбар из алюмосиликатного расплава кристаллизуется кварц (Qtz) и равновесие становится следующего вида: L+LF+CrI+Qtz. Остаточный солевой расплав, концентрировавший большинство РЗЭ, сохраняется вплоть до T=500 °С и P=1 кбар. При T=500 °С и P=1 кбар из алюмосиликатного расплава кристаллизуются кварц и фторсодержащий алюмосиликат, который по внешним признакам и химическому составу сопоставим с протолитионитом. Также были поставлены опыты при 400 °С и 1 кбар. По предварительным данным в продуктах опытов еще сохраняется алюмосиликатное стекло, которое, по-видимому, находится в метастабильном состоянии.

ПЕРВОПРИНЦИПНЫЕ РАСЧЕТЫ ФАЗОВЫХ СООТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ Fe-P ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

**Сагатов Н.Е., Банаев М.В., Гаврюшкин П.Н., Инербаев Т.М. (ИГМ СО РАН),
Литасов К.Д. (ИФВД РАН)**

sagatinho23@gmail.com; тел.: 8 (952) 940 32 47

Работа выполнена при поддержке РФФ №17-17-01177

На основе первопринципных расчетов в рамках теории функционала плотности и алгоритмов предсказания кристаллических структур были определены возможные фазы фосфидов железа, стабильные при *PT*-условиях ядра Земли. Предсказана новая модификация FeP-*P2₁/c*, стабильная выше ~ 75 ГПа. Установлено, что Fe₂P со структурой аллабогданита является стабильной фазой в области низких температур при атмосферном давлении. При 750 К она превращается в структуру баррингерита. Переход от Fe₃P со структурой шрейберзита к Fe₃P-*Стст* наблюдался при 27 ГПа, а граница фазового перехода почти изобарическая, что также согласуется с экспериментальными данными. Согласно полученным результатам, Fe₂P и FeP термодинамически стабильны при давлениях внутреннего ядра Земли и 0 К, тогда как Fe₃P стабилизируется в отношении разложения Fe₃P → Fe + Fe₂P при температурах выше ~ 3200 К.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОРТОКАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ПРИ *PT*-
ПАРАМЕТРАХ МАНТИИ ЗЕМЛИ

**Сагатова Д.Н., Сагатов Н.Е., Гаврюшкин П.Н.,
Шацкий А.Ф. (ИГМ СО РАН, Новосибирск), Литасов К.Д. (ИФВД РАН, Москва)**

d.sagatova1729@gmail.com; тел.: 8 (961) 871 17 84

Работа выполнена при поддержке РФФИ №20-03-00774

В рамках теории функционала плотности с помощью метода случайной выборки проведен поиск структур ортокарбоната кальция, Ca_2CO_4 . При давлении 10 ГПа обнаружена новая структура Ca_2CO_4 -*Pnma*, энергетически выгодная относительно ранее предсказанной Ca_2CO_4 -*P2₁/m*. Атомы углерода в найденной нами структуре Ca_2CO_4 -*Pnma* окружены четырьмя атомами кислорода и образуют изолированные группы CO_4^{4-} -тетраэдров. Ca_2CO_4 -*Pnma* стабилизируется относительно изохимической смеси $\text{Ca}_3\text{CO}_5 + \text{CaCO}_3$ выше 13 ГПа по крайней мере до 100 ГПа и сохраняет свою стабильность в интервале температур 0-2000 К. Согласно проведенным расчетам фононных дисперсионных кривых, новая фаза ортокарбоната кальция динамически стабильна при давлениях выше 10 ГПа и не закаливается при сбросе давления до атмосферного при низких температурах.

**СОРБЦИЯ КАРБОНИЛА ПЛАТИНЫ НА УГЛЕРОДЕ КАК ФАКТОР
РУДООБРАЗОВАНИЯ**

**Салова Т.П. (ИЭМ РАН), Симакин А.Г. (ИЭМ РАН, ИФЗ РАН),
Шапошникова О.Ю. (ИЭМ РАН), Тютюнник О.А. (ГЕОХИ РАН)**
salova@iem.ac.ru

Растворимость платины во флюиде СО-СО₂ при P=200 МПа и T=950°C увеличивается с ростом содержания СО от примерно 15 ppm при X_{СО}=6-10 мол.% до 150 ppm при X_{СО}=20-30 мол.%. В экспериментах с источником флюида MgC₂O₄ начальное содержание СО составляет 50 мол.%, что много больше равновесной концентрации, контролируемой буфером ССО. В результате диспропорционирования СО образуется стеклоуглерод. Валовое содержание платины после опыта в периклазовой матрице, покрытой углеродом, составляет тысячи ppm. В эти значения вносят вклад переотложившаяся в ходе эксперимента платина, а также загрязнение за счет механической контаминации. Установлено, что при быстрой изобарической закалке карбонил платины частично сохраняется как закалочная фаза. Содержание закалочной платины в периклаз-углеродной матрице, растворимой в ацетоне, составляет 2000-3000 ppm, что отвечает коэффициенту обогащения не менее 20 (30). В соответствии с этим значением при содержании платины во флюиде порядка 5 ppm в углеродной (графитовой) матрице ее будет около 0.1 ppm.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ТОРФА
МЕТОДАМИ ОКСИТЕРМОГРАФИИ И ИК-СПЕКТРОСКОПИИ**

**Сараева А.Е., Михайлова А.В., Погонин В.И., Зуев Б.К. (ГЕОХИ РАН),
Фадеекина И. Н. (ГУ «Дубна»)**
saraeva.88@inbox.ru; тел.: 8(905)760-53-09

Содержание природных и техногенных органических веществ в торфе и почвах – один из основных показателей окружающей среды. Необходимо проведение многочисленных анализов на содержание органических веществ, прежде всего гуминовых. Это становится возможным при использовании высокоэффективных, быстрых и надежных методов, таких как ИК-спектроскопия и окситермография. Методом окситермографии определяют содержание органического углерода, как основного элемента органических веществ. ИК-спектроскопия – надежный метод идентификации веществ и материалов. Применение этих двух методов позволяет получить дополнительную информацию о веществах и улучшить аналитические возможности окситермографии в плане практического применения для анализа твердых образцов сложной природы (торф, почва) без пробоподготовки. На примере исследования химического состава низинного торфа ранее осушенного болота (Рязанская область) и его сравнения с составом препарата гуминовых веществ идентифицированы функциональные группы органической части торфа и определено содержание органического углерода.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИЕНИТИЗАЦИИ ТТГ
ГНЕЙСОВ НА ПРИМЕРЕ МАССИВА МАДИАПАЛА, КОМПЛЕКС ЛИМПОПО, ЮАР**

Селютин Н.Е. (геол. ф-т МГУ), Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН)

Nata-me98@mail.ru; тел.: 8 (916) 818 97 77

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-05-00266

Массив Мадиапала имеет возраст 2,01 млрд. лет, располагается в Центральной зоне Комплекса Лимпопо, в толще ТТГ гнейсов Олдейз. Цель работы – исследовать условия образования сиенитов этого массива в ходе процесса сиенитизации, схожим с гранитизацией, но с иным составом солевой компоненты флюида. Термодинамическое моделирование с помощью программного комплекса PERPLE_X позволило установить условия формирования сиенитов (температуры 800-850°C и давления 5-8 кбар), а так же доказать, что ведущую роль при формировании из гнейсовой ассоциации в сиенитовую играет активность калиевой составляющей во флюиде. Данные геохимии показали генетическую взаимосвязь между гнейсами и сиенитами. Была поставлена серия экспериментов на УВД с внутренним нагревом в ИЭМ РАН при $p=6$ кбар, $T=850^{\circ}\text{C}$ на 10 суток, в качестве исходных материалов использовались цилиндрические фрагменты гнейсов и смеси щавелевой кислоты с KCl и NaCl для задания флюида. В результате экспериментов удалось воспроизвести ассоциацию клинопироксен + титанит в ходе реакций титансодержащего биотита с кварцем и плагиоклазом, инициированных флюидом.

ГЛОБАЛЬНЫЙ СУБДУКЦИОННЫЙ ОСАДОК (GLOSS): ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ В ЗАКРЫТЫХ И ОТКРЫТЫХ АМПУЛАХ

Сердюк А.А. (ИЭМ РАН), Перчук А.Л., Зиновьева Н.Г., Шур М.Ю. (геол. ф-т МГУ)
almor@iem.ac.ru; 8(496) 522-5853

Работа была выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 16-05-00495

Состав среднестатистического субдукционного осадка (Global Subducting Sediment, GLOSS) широко используется в геохимии, экспериментальной петрологии и в петролого-термомеханическом моделировании. В данной работе проводилось сравнительное изучение порошков GLOSS при $T=750-900^{\circ}\text{C}$ и $P=2.9$ ГПа в открытых и закрытых ампулах. Полученные экспериментальные данные сравнивались с результатами термодинамического моделирования фазовых равновесий, выполненного с помощью программного комплекса PerpleX для того же химического состава.

В продуктах опытов обеих серий отмечается хорошее согласование P-T условий плавления, присутствие граната, карбоната, кианита, фазы SiO_2 и фенгита. Во всех опытах с открытыми ампулами широко развит омфациит, а в закрытых только в опыте при 750°C . Термодинамическое моделирование для GLOSS, в условиях закрытой системы, хорошо воспроизводит экспериментальные данные по водному солидусу и стабильности большинства минералов, показывая сокращение содержания омфациита при появлении расплава. Именно этот эффект, связанный с повышенным давлением водного флюида в закрытой системе, наблюдается в закрытых ампулах. Термодинамическое моделирование предсказывает также полное разложение карбонатов в слэбе при условиях "горячей" субдукции, но это не подтверждается полученными экспериментальными данными.

КР-СПЕКТРОСКОПИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО Ga, Ge-СОДЕРЖАЩЕГО ТУРМАЛИНА ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 20 ГПА

**Сеткова Т.В., Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Нестерова В.А. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН),
Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН), Пушаровский Д.Ю. (геол. ф-т МГУ),
Балицкий В.С., Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН)**
setkova@iem.ac.ru; тел.: 8(496)5225847

Синтетический турмалин с содержанием 9,4 мас.% Ga₂O₃ и 10,1 мас.% GeO₂ исследовали при давлении до 20 ГПа методом КР-спектроскопии. Давление создавалось аппаратом с алмазными наковальнями (среда NaCl). В результате, обработки спектров, выделены наиболее интенсивные пики и построены тренды их смещения в зависимости от давления. Наблюдается общая зависимость сдвига колебаний в сторону больших частот при повышении давления. Для колебаний в области 700 см⁻¹, при переходе от давления 15,12 ГПа к 17,64 ГПа направление тренда меняется с положительного на отрицательный, что может свидетельствовать о структурном переходе в структуре Ga, Ge-содержащего турмалина в этом диапазоне давлений.

ВЕСЭМПГ - 112

РАСЧЕТ СЕРПЕНТИНИЗАЦИИ ОЛИВИНА. ВЕРИФИКАЦИЯ РАВНОВЕСНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Сидкина Е.С., Мироненко М.В. (ГЕОХИ РАН), Поляков В.Б. (ИЭМ РАН)

SidkinaES@geokhi.ru; тел.: 8(499) 1375040

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00865

На основе баз данных и программ GEOCHEQ_M и GEOCHEQ_Isotope выполнены расчеты протекания химических взаимодействий во времени в закрытой системе «водный раствор 0.495 М NaCl и 0.0194 М NaHCO₃ + оливин (Fo91)» для 200 и 320°C и давления 350 бар. Соотношение масс раствора и породы, выбранные температуры и давление, состав и размер зерен оливина, состав водного раствора, а также длительность взаимодействий соответствуют экспериментам, описанным в (McCullom et al., 2016; McCullom, 2016). Результаты расчетов сопоставлены с результатами экспериментов. Новообразованная минеральная ассоциация, как и в экспериментах, представлена высокомагнезиальными серпентином и бруситом, магнетитом и при 200°C подчиненным количеством магнезита. Рассчитанная скорость серпентинизации оливина близка к экспериментальной.

КРБОНИЛЫ ПЛАТИНЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ P=200 МПа И T=950°C, ПО ДАННЫМ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Симакин А.Г. (ИЭМ РАН, ИФЗ РАН), Салова Т.П., Бондаренко Г.В. (ИЭМ РАН), Исаенко С.И. (ИГ УрО РАН), Шапошникова О.Ю. (ИЭМ РАН)
simakin@iem.ac.ru

Платина реагирует при T=950°C и P=200 МПа с СО с образованием карбонила. Содержание карбонила во флюиде меньше величины его летучести экстраполированной до T=950°C, поэтому при высоких РТ параметрах карбонил как фаза отсутствует. Часть его сорбируется на углеродной и оксидной матрицах, образующихся в ходе эксперимента. При быстрой закалке карбонил частично сохраняется при термическом разложении при понижающемся давлении, что подтверждает закалочная фаза с платиной растворимая в ацетоне. Нами изучены Рамановские спектры карбонильных комплексов платины, сорбированных на MgO и стеклоуглероде. По степени зависимости растворимости платины в СО-СО₂ от давления, а также согласно многочисленным исследованиям карбонила платины при атмосферном давлении этот комплекс предположительно имеет состав Pt₃(СО)₆²⁻. Рамановские спектры соединений, сорбированных на углероде, через несколько дней прибывания в контакте с атмосферой, указывают на процессы окисления, линия СО отвечает его химсорбции на платине. В комплексах на MgO (съемка сразу после опыта) присутствует линия концевой СО со величиной сдвига как в Pt₃(СО)₆²⁻, но отсутствует линия мостиковой СО.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ ОЛИВИНА ИЗ ДУНИТОВОЙ СЕКЦИИ ЙОКО-ДОВЫРЕНА ПО РАЗМЕРАМ: СВЯЗЬ С ГЕОХИМИЕЙ И ВОЗМОЖНОЙ ДИНАМИКОЙ КУМУЛУСНОЙ КАШИ

Соболев С.Н. (геол. ф-т МГУ), Бухарев А.Ю., Арискин А.А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Тарквини С. (Ун-т Пизы, Италия)

ssn_collection@bk.ru; тел.: +79104693347

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-17-10129)

Представлены результаты количественного изучения распределения кристаллов оливина по размерам из дунитовой секции Йоко-Довыренского массива. (Ariskin et al., 2018) определили в нижних 500 м разреза (включающих низы дунитовой секции) присутствие двух типов геохимически родственных начальных магм записанное в FeO-MgO трендах. Они отвечают равновесию с Fo88 и Fo86 и температурам 1290°C~1200°C. Показано, что отличия пород производных от продвинутой и примитивной магм можно наблюдать и в количественных характеристиках структуры. В нижней части дунитовой секции наклон лог-линейных участков функции распределения кристаллов оливина более пологий для более продвинутой магмы. При этом, обе популяции представляют собой распределение характерное для интрателлурических вкрапленников. На высоте 200м от основания разреза на распределении начинают сказываться эффекты пребывания в Довыренской камере - укрупнение и изменения формы распределения, появление характерного «горба». Начиная с 350-400м эти эффекты проявляются во всей вышележащей толще дунитов. Исключение составляет узкая зона 500-550м, где наблюдается бимодальное распределение, которое записало акт внедрения более горячей порции магмы в относительно холодную кумулульную кашу.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БРЕЙИТА

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

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

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 19-77-00031

Фаза CaSiO_3 со структурой вальстромита (минерал брейит согласно IMA; Brenker et al., 2018) впервые была обнаружена в виде микровключения в природном алмазе в работе [Joswig et al., 1999]. Равновесие волластонит–брейит исследовалось многими авторами [Essene, 1974, Gasparik et al., 1994; Akaogi et al., 2004; и др.], однако несмотря на схожесть структур двух полиморфных модификаций CaSiO_3 , их относительная стабильность до сих пор не определена. Таким образом, надежное описание термодинамических свойств брейита, как одной из устойчивых фаз CaSiO_3 в области давлений до 12 ГПа и температур до 1600 К, имеет большое значение для глубинной минералогии. В рамках термодинамической модели из наших работ [Дорогокупец и др., 2015; Sokolova et al., 2018] на основе свободной энергии Гельмгольца было построено уравнение состояния брейита и рассчитаны его термодинамические свойства при заданных P - T параметрах. Рассчитанные параметры уравнения состояния следующие $U_0 = -1651.4$ кДжмоль⁻¹, $V_0 = 37.8$ см³моль⁻¹, $K_0 = 79$ ГПа, $K' = 4$, $k = 5$, $\Theta_{01} = 952$ К, $\Theta_{02} = 280$ К, $m_1 = m_2 = 7.5$, $\gamma_0 = 0.745$, $\beta = 1$, $\gamma_\infty = 0$, $a_0 = 20.8 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹, $m = 1$. В докладе будут обсуждаться детали расчета и фазовые соотношения в системе CaSiO_3 .

**ВКЛЮЧЕНИЯ ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ ПСЕВДОМОРФОЗ ПО АМФИБОЛУ В ОЛИВИНЕ
УЛЬТРАОСНОВНЫХ ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОРОД (УИТКОМСТ, ЮАР)**

Соловова И.П., Юдовская М.А. (ИГЕМ РАН)

solovova@igem.ru

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00291,

аналитические исследования частично проведены за счет средств темы 0136-2019 0014

В оливине ультрамафитов массива Уиткомст (ЮАР, Бушвельд) изучены полиминеральные включения, размер которых достигает половины размера минерала-хозяина. Включения идиоморфны, имеют форму вытянутых ромбов и характеризуются специфической структурой. На границе с оливином располагается столбчатая кайма, сложенная прорастанием мелкокристаллических ортопироксена и оливина. На внутреннюю поверхность каймы нарастали идиоморфные зерна амфибола и, реже, ортопироксена. Амфибол отвечает паргаситу, ядра обогащены TiO₂. Центральные участки образований заполнены зональным флогопитом, альбитом, пектолитом, содалитом, цеолитом, карбонатом, Cl-апатитом, сульфидами. В одном случае определен Cu+Ni сплав. Оцененный валовый состав характеризуется высокими концентрациями MgO, CaO, щелочей и летучих компонентов. Морфология включений, их внутреннее строение, находки во флогопите реликтовых зерен реакционно замещенного амфибола, отсутствие связи между составами новообразованных минералов с минералами породы, а также пространственное сосуществование с поздними включениями восстановленного флюида (CH₄, N₂, H₂, H₂O, графит, магнезит, лизардит), позволяют рассматривать изученные образования как псевдоморфозы заполнения. Их минералогия предполагает воздействие на ксенолиты амфибола флюидо-насыщенного высокощелочного расплава корового генезиса.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ НАНОФАЗНОГО
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА В РЕГОЛИТЕ ЛУНЫ

**Сорокин Е.М. (ГЕОХИ РАН), Герасимов М.В., Зайцев М.А. (ИКИ РАН),
Щербаков В.Д. (геол. ф-т МГУ), Рязанцев К.М., Крашенинников С.П.,
Яковлев О.И., Слюта Е.Н. (ГЕОХИ РАН)**
egorgeohim@ya.ru; тел.:89039632826

Одним из признаков «космического выветривания» на Луне, а это действие солнечного ветра и микрометеоритной бомбардировки, является формирование в реголите Луны нанофазного металлического железа (np-Fe^0), наблюдаемого в конденсатных плёнках на поверхности минеральных зёрен реголита и в стёклах агглютинатов. В статье описываются результаты импульсных лазерных экспериментов, имитирующих микрометеоритный «удар» по базальтовой мишени. В расплавных продуктах «удара» обнаружены наноглобулы железа, структурированные в цепочки, маркирующие, по всей видимости, фронт прохождения ударной волны. Эксперименты наглядно показали, что np-Fe^0 может формироваться без участия восстановителя - имплантированных ионов водорода солнечного ветра, а также минуя процесс конденсации железа из ударно-образованного пара. Аналогичные цепочечные структуры из np-Fe^0 наблюдались в импактном стекле лунного реголита.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ДОЛОМИТА С
КЛИНОПИРОКСЕНОМ В СИСТЕМАХ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 \pm \text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \pm \text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ПРИ 3 И 6 ГПа

**Степанов К.М., Шацкий А.Ф., Подбородников И.В., Арефьев А.В. (ИГМ СО РАН, НГУ),
Литасов К.Д. (ИФВД РАН)**

stepanov@igm.nsc.ru тел.: 8 (383) 373-05-26 (доб. 829)

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Транспорт углерода в мантию Земли осуществляется посредством субдукции карбонатов в составе гидротермально измененных океанических плит. Частичное плавление этих плит определяет количество и глубину погружения углерода и сопровождается образованием карбонатных расплавов. Предполагается, что эти расплавы играли важную роль в мантийном метасоматозе и генерации кимберлитовых магм, а также обеспечивали образование природных алмазов. Вместе с тем, существующие экспериментальные данные имеют значительные расхождения по температурам солидуса системы эклогит- CO_2 (Hammouda 2003; Yaxley, Brey 2004; Dasgupta et al. 2004), достигающие нескольких сотен градусов при 3-7 ГПа. Возможно, что эти расхождения связаны с различием в концентрациях натрия в исследованных системах. Чтобы это выяснить, в данной работе были изучены системы диопсид-доломит (Di-Dol), диопсид-жадеит-доломит (Di-Jd-Dol) и жадеит-доломит (Jd-Dol) при 3 и 6 ГПа, в диапазоне температур от 850 до 1700 °С. В результате были определены реакции плавления, составы карбонатных расплавов и температуры их образования. На основании этих данных сделаны выводы о реакциях плавления с участием карбонатов в сложных эклогитовых системах и о влиянии натрия на эти реакции.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТВОРИМОСТИ ЛОПАРИТА В
СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ

Сук Н.И., Котельников А.Р., Вирюс А.А. (ИЭМ РАН)

sukni@iem.ac.ru; kotelnik@iem.ac.ru; тел. +7(496)52-25857

Работа выполнена при поддержке программы АААА-А18-118020590151-3

Растворимость лопарита в алюмосиликатных расплавах различного состава экспериментально изучалась при $T=1200$ и 1000°C и $P=2$ кбар в сухих условиях и в присутствии 10 мас.% H_2O . Эксперименты проводились на установке высокого газового давления. Продолжительность опытов составляла 1 сутки. Исходным материалом служили искусственные стекла малиньитового, уртитового и эвтектического альбит-нефелинового состава, предварительно наплавленные при $T=1450^{\circ}\text{C}$ в печи с хромит-лантановыми нагревателями в платиновых тиглях в течение 2 час., а также природный лопарит Ловозерского массива. Составы образцов после экспериментов определялись методом электронно-зондового рентгеноспектрального анализа.

Установлено, что растворимость лопарита зависит от состава алюмосиликатного расплава ($\text{Ca}/(\text{Na}+\text{K})$, $(\text{Na}+\text{K})/\text{Al}$). Оценены коэффициенты разделения ряда элементов между силикатным расплавом и кристаллами лопарита ($K_i=C_i^{\text{melt}}/C_i^{\text{lop}}$).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ БАДДЕЛЕИТА В ФТОРИДНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

Тарнопольская М.Е., Николаева И.Ю., Бычков А.Ю., Лубкова Т.Н. (геол. ф-т МГУ)

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

Работа выполнена при поддержке РФФ №19-17-00200

Экспериментально определена растворимость бадделеита в зависимости от концентрации NaF-HF при 200-350°C и давлении насыщенного пара воды и 400-450°C, 1 кбар. Поскольку фтористоводородная кислота является слабой, то раствор NaF-HF является буфером pH и позволяет проводить опыты по растворимости при постоянном содержании фтора. Эксперименты проводились в автоклавах объемом 50 см³ (сплав 2.4872) с медной прокладкой. Фаза помещалась на дно автоклава, который заполнялся раствором с различными соотношениями HF и NaF с общей концентрацией фтора 0,1 моль/кг. Содержание элементов в экспериментальных растворах было определено двумя методами. Методом масс-спектрометрии высокого разрешения с ионизацией в индуктивно-связанной плазме на приборе ELEMENT2 (ICP-MS). Второй метод – энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ (EDXRF) на спектрометре ThermoScientific NITON FXL 950 был использован для случаев высоких концентраций (сотни и тысячи мг/кг). Анализ растворов проводился с предварительным концентрированием по методике «сухого пятна». Результаты позволили определить растворимость бадделеита с образованием фторидного комплекса ZrF_6^{2-} .

СОКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИМЕСЕЙ В МАГНЕТИТЕ И ГЕМАТИТЕ ПО ДАННЫМ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

**Таусон В.Л., Липко С.В., Смагунов Н.В., Бабкин Д.Н.,
Белозерова О.Ю. (ИГХ СО РАН)**

vltauson@igc.irk.ru; тел.: (3952)429967

Грант РФФИ № 18-05-00077, Проект ФНИ ИХ.125.3, № 0350-2019-0003.

При $T = 450^{\circ}\text{C}$ и $P = 100$ МПа изучали сокристаллизацию 14 РЗЭ в магнетите и гематите методом гидротермального синтеза с внутренним пробоотбором флюида. В шихту из оксидов Fe добавляли оксиды РЗЭ (III) (церий - IV). Растворы после опыта анализировали методом ИСП-МС на масс-спектрометре высокого разрешения ELEMENT 2, твердые фазы – методами РСМА на микроанализаторе Superprobe JXA-8200 и ЛА-ИСП-МС (Agilent 7500se, платформа NWR UP-213). Из-за роста «паразитных» фаз в опытах не удалось получить крупных гомогенных кристаллов целевых фаз - оксидов железа. Возможно, это привело к переоценке коэффициентов сокристаллизации и коэффициентов распределения кристалл-флюид, особенно для тяжелых РЗЭ, вследствие значительного влияния поверхностной составляющей примеси РЗЭ. Не исключается также влияние тонкой примеси ферритов РЗЭ. Соотношение элементов во флюиде из ловушки и закаленном растворе показывает, что европиевый минимум во флюидно-минеральных системах может быть связан с высокой закомплексованностью Eu и, следовательно, более низким его коэффициентом сокристаллизации по сравнению с другими РЗЭ.

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПЕРВИЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ H₂O В
МАНТИЙНЫХ ОСТРОВОДУЖНЫХ МАГМАХ НА ПРИМЕРЕ КАМЧАТКИ**

Тобелко Д.П., Портнягин М.В. (ГЕОХИ РАН)

dariatobelko@gmail.com; +7(903)1865530

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00529

Для понимания условий образования надсубдукционных магм необходимо знание состава их родоначальных мантийных расплавов в отношении петрогенных, рассеянных и летучих компонентов. Важнейшим параметром состава островодужных магм является содержание в них H₂O (Portnyagin et al., 2007, Sobolev et al., 1996 и др.). В настоящее время сохраняется неопределенность в отношении максимального содержания воды в первичных магмах в условиях зоны субдукции в результате исследований расплавных включений (напр., Plank et al., 2013).

В этой работе была разработана комплексная методика оценки температур кристаллизации и первичного содержания H₂O в мантийных островодужных магмах на основе анализа сосуществующих оливина, хромистой шпинели и расплава на примере 4-х вулканов Восточного вулканического пояса Камчатки. Наиболее примитивная ассоциация оливина и хромистой шпинели в базальтах Восточного вулканического пояса Камчатки кристаллизуется при температурах 1030-1180 °С, давлении 3-8 кбар, летучести кислорода QFM+1.6. Средние содержания H₂O в наиболее примитивных расплавах составляют в среднем от 4 до 8 мас. %.

**УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МАГМ КУМРОЧСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
(КАМЧАТКА)**

Тобелко Д.П., Портнягин М.В. (ГЕОХИ РАН)

dariatobelko@gmail.com; +7(903)1865530

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00529.

В большинстве вулканических дуг область между желобом и вулканическим фронтом лишена молодых вулканических построек, что объясняется температурами мантийного клина ниже водонасыщенного солидуса перидотита под этой областью, что препятствует плавлению мантии (например, Grove et al., 2009). Редким исключением из этого правила является Кумрочский вулканический комплекс на Восточной Камчатке, расположенный на аномально близком расстоянии от субдуцирующей Тихоокеанской плиты (50-70 км).

Используя данные по составу расплавных включений в оливине и термометрии сосуществующих оливина и шпинели показано, что родоначальные расплавы Кумрочского вулканического комплекса содержали до 10 мас.% H₂O, кристаллизовались при 1100 ± 60 °С и летучести кислорода $\Delta QFM = 1.5 \pm 0.6$.

Полученные данные по составу оливина и температуры кристаллизации магм, не превышающие 1150 °С для оливина Fo>89, свидетельствуют об образовании серии магнезиальных пород хребта Кумроч в результате низкотемпературного плавления мантийного источника, представлявшего собой смесь перидотита и пироксенита.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ РУТЕНИЯ

**Тюрин А.В. (ИОНХ РАН), Полотнянко Н.А., Волкова В.А. (Гос. Универ. «Дубна»),
Чареев Д.А. (ИЭМ РАН, Гос. Универ. «Дубна»), Хорошилов А.В. (ИОНХ РАН),
Пузанова И.Г. (Гос. Универ. «Дубна»)
tyurin@igic.ras.ru; тел.: 8 (495) 633 85 48**

Работа посвящена определению стандартных термодинамических функций дихалькогенидов рутения, синтетических аналогов природных минералов. Получение новых термодинамических данных для фаз систем S-Ru, Se-Ru, Te-Ru необходимо для проведения физико-химического моделирования условий образования месторождений благородных металлов.

Порошки были синтезированы из простых веществ в вакуумированных кварцевых ампулах, полученные образцы изучены с помощью рентгенофазового и рентгеноспектрального анализа.

Методами адиабатической и дифференциальной сканирующей калориметрии измерены теплоемкости кристаллических RuS_2 , RuSe_2 и RuTe_2 . На основании экспериментальных данных в широком интервале температур рассчитаны теплоемкость, энтропия, энтальпия нагревания и приведенная энергия Гиббса.

ВОЗМОЖНОСТИ ЭТААС ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЛЕНА И ТЕЛЛУРА В ПОРОДАХ И РУДАХ

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

NMLab@geokhi.ru; тел.: 8(499)137-75-26

Селен и теллур - редкие элементы, присутствующие в заметных количествах только в сульфидных рудах гидротермального и метасоматического генезиса. В месторождениях ЭПГ минералы теллура встречаются на разных стадиях формирования, при этом ковариации содержаний Те, Си, Ау, ЭПГ позволяют реконструировать условия накопления в породах сульфидных расплавов. ЭПГ-геохимия представляет интерес и для ультраосновных пород, однако для них характерны наиболее низкие содержания Те ($n \cdot 10^{-6}\%$) и Se ($n \cdot 10^{-5}\%$), что осложняет получение корректных результатов.

С целью получения данных, необходимых для геохимических выводов о характере переноса и накопления ЭПГ в природных процессах, разработана методика определения Se и Те в породах и рудах методом ЭТААС. Методика позволяет определять Se и Те в широком диапазоне концентраций с пределами обнаружения 0.4 и 0.06 мкг/г, соответственно. Относительное стандартное отклонение зависит от содержаний элементов и варьирует от 0.01 до 0.1.

Приведены результаты определения Se и Те в образцах пород международной программы GeoPT, а также в образцах руд и пород Норильского региона и Байкальского месторождения.

СИСТЕМА $\text{CaCO}_3\text{-CaSiO}_3\text{-MgSiO}_3\text{-MgCO}_3$ ПРИ 6 ГПа

Федораева А.С., Шацкий А.Ф., Подбородников И.В., Арефьев А.В. (ИГМ СО РАН, НГУ), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)

fedoraeva@igm.nsc.ru тел.: 8 (383) 373-05-26 (доб.825)

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Фазовые взаимоотношения в системе $\text{CaCO}_3\text{-CaSiO}_3\text{-MgSiO}_3\text{-MgCO}_3$ имеют ключевое значение для понимания реакций, контролирующих плавление мантийных пород в присутствии CO_2 . Данная система подробно изучена при 3 ГПа (Lee et al., 2000). Однако при параметрах основания континентальной литосферной мантии, где образовывались алмазы и зарождались кимберлитовые магмы, данную систему почти не изучали. В задачи настоящей работы входило восполнить этот пробел экспериментальными данными по системе $\text{CaCO}_3\text{-CaSiO}_3\text{-MgSiO}_3\text{-MgCO}_3$ и множеству небинарных сечений ее Т-Х диаграммы при 6 ГПа и 1350-1700 °С. Среди наиболее интересных результатов следует отметить, что при 6 ГПа поверхность ликвидуса системы имеет два минимума плавления, установленных при температуре 1350 °С. Один минимум расположен рядом с бинарной эвтектикой $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$ (Ca#62, 1400 °С) и имеет состав Ca#63, Si#3, где $\text{Ca\#} = 100 \cdot \text{Ca} / (\text{Ca} + \text{Mg})$, $\text{Si\#} = 100 \cdot \text{Si} / (\text{C} + \text{Si})$ (Shatskiy et al., 2018). Этот минимум контролирует плавление верлитов и эклогитов, содержащих Са-пироксен и доломит. Плавление лерцолитов, содержащих Са-пироксен и магнезит, контролируется перетектической реакцией с образованием низко-Са пироксена и расплава (Ca#56, Si#7) при 1400 °С. Плавление гарцбургитов, содержащих низко-Са пироксен и магнезит, происходит при 1600 °С с образованием расплава с Ca#29 и Si#14. Второй минимум плавления расположен вблизи бинарной эвтектики $\text{CaCO}_3\text{-CaSiO}_3$ (Si#57, 1400 °С) (Fedoraeva et al., 2019). Этот минимум определяется эвтектикой валстромит-диопсид-арагонит, расположенной при Ca#96 и Si#54. Эта эвтектика контролирует плавления Са-ассоциаций, найденных во включениях в природных алмазах.

К ВОПРОСУ О ГЛУБИННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКЛОГИТ-ГЛАУКОФАНСЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ

ВЕСЭМПГ - 127

Федькин В.В. (ИЭМ РАН)

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

Одним из важнейших и принципиальных вопросов изучения эволюции метаморфизма эклогит-глаукофансланцевых комплексов является проблема оценки физико-химических условий минералообразования на разных стадиях метаморфического процесса. В этой связи в рамках данного проекта методами ядерного гамма резонанса (ЯГР) и рентгеновской порошковой дифрактометрии (РПД) были проведены исследования тонкой структурной организации омфацита как одного из главных индикаторов параметров метаморфизма. Детальное исследование клинопироксенов из эклогитов контрастных по глубинности образования Атбашинского и Максютковского комплексов позволило сопоставить особенности локальных полей в них и связать их с особенностями близких пироксеновых структур. В омфаците At-47 из эклогита Атбашинского комплекса наряду с дублетом M1, известного для геденбергита, более заметны конфигурации, характерные для диопсида (дублет M1a), а для образца Mks-110 из Максютковского эклогита характерен жадеитовый дублет M1b. Присутствие в спектре последнего омфацита значительной доли полиэдров M1 (дублет M1b) с параметрами, характерными для высокобарной несохраняемой структуры клиноферросилита и жадеита, может служить признаком высокобарного происхождения исследованных омфацитов. Полученные данные подтверждают наличие эффекта взаимного упорядочения в позициях M1 и M2 катионов с контрастным размером и различным зарядом, что ожидаемо для омфацита. Анализ полученных результатов впервые выявляет важную роль границ топологической устойчивости пироксеновых структур в их превращениях при высоких давлениях и температурах. Прямое доказательство предпочтения локальных конфигураций $M^{3+}(M1) - M^{1+}(M2)$ проясняет физические мотивы упорядочения катионов при превращениях пироксенов, сопряженных с изменением их локальной электронной структуры.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СОСТАВ КОМПОНЕНТОВ КСЕНОНА В НАНОАЛМАЗЕ
МЕТЕОРИТОВ

Фисенко А.В., Семенова Л.Ф. (ГЕОХИ РАН)

anat@chgnet.ru; тел.: 89031269535

Вычислены содержания альтернативных компонентов ксенона – Хе-Р3fr, Хе-Р6 и Хе-рг – в наноалмазе метеоритов различных химических классов и петрологических типов. Компонента Хе-рг, использованная вместо Хе-НЛ, состоит в основном из изотопов Хе, образованных в р- и г-процессах нуклеосинтеза при взрыве сверхновой II типа. Результаты вычислений показали следующее. 1. Основными по содержанию компонентами ксенона в наноалмазе являются почти нормальные по изотопному составу Хе-Р3fr и Хе-Р6. 2. Относительное содержание Хе-рг в наноалмазе термально метаморфизованных метеоритов не превышает 15% от общего содержания ксенона в алмазе каждого метеорита, что существенно меньше такового для Хе-НЛ (не менее 65%). 3. Компоненты ксенона находятся в ряду Хе-Р3<Хе-рг<<Хе-Р6 по увеличению степени сохранности при термальном метаморфизме, что указывает на содержание компонентов благородных газов в индивидуальных популяциях зерен алмаза с разной термо-окислительной стабильностью. Проведено сравнение содержаний компонентов Хе, полученных в предположении наличия Хе-рг или Хе-НЛ в зернах алмаза.

**АДСОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ РТУТИ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА
ПОРОДАМИ МАЙКОПСКОЙ СЕРИИ**

Фяйзуллина Р.В., Салаватова Д.С. (МГУ)

fiaizullina@geol.msu.ru; тел.: 8 (495) 939 49 43

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №19-17-00200 и РФФИ №19-05-00519

Грязевой вулканизм обеспечивается двумя процессами. Во-первых, это процесс изменения осадочных пород или так называемый иллит-смектитовый переход, т.е. преобразование смешаннослойных глин с высоким содержанием воды в гидрослюдистые минералы типа иллита с меньшим ее содержанием. Во-вторых - процесс выделения воды, в результате которого происходит изменение сорбционных свойств глинистых минералов: их удельная поверхность уменьшается и соответственно осуществляется переход компонентов, которые находились в сорбированном комплексе смешаннослойных смектитов в новообразованную воду. Поведение ртути в этих условиях в достаточной степени не изучено. Ртуть накапливается на глинах путём адсорбции из воды, и затем происходит её десорбция, и она начинает собственное поведение в грязевулканической системе. Определение сорбционных характеристик для глин майкопской серии различной степени преобразованности стало для нас первоочередной задачей. В настоящей работе исследована зависимость адсорбции ртути от рН раствора и продолжительности контакта раствора с адсорбентом. Получены экспериментальные изотермы адсорбции, которые проанализированы с помощью классических уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха. Показано, что наблюдаемый процесс адсорбции описывается моделью Фрейндлиха.

**МЕТАЛЛ-ТРОИЛИТОВЫЕ СРАСТАНИЯ В ОБЛАСТЯХ УДАРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ
МЕТЕОРИТОВ**

Хисина Н.Р., Бадюков Д.Д., Сенин В.Г., Бурмистров А.А. (ГЕОХИ РАН)

khisina@geokhi.ru

Методами оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии (SEM) и электронно-зондового микроанализа (ЕМРА) исследованы металл-троилитовые агрегаты, находящиеся в прожилках и нодулях в палласите Сеймчан, в железном метеорите Дронино и в ПЕ железном метеорите Эльга. Полученные данные указывают на образование металл-троилитовых сростаний в результате ударного плавления. Установлено, что металл-троилитовые сростания в палласитах и железных метеоритах отличаются по текстуре, модальному содержанию троилита и по химическому составу металла от металл-троилитовых сростаний в хондритах. Выявленные различия могут отражать разные условия (обстановки) формирования металл-троилитовых агрегатов в метеоритах разного типа.

ВЕСЭМПГ - 131

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЩЕЛОЧНОГО МЕТАСОМАТОЗА В УСЛОВИЯХ ГРАДИЕНТА ДАВЛЕНИЯ ПРИ 750°C.

Ходоревская Л.И. (ИЭМ РАН)

khodorevskaya@mail.ru; тел.: 8 (916) 651 25 53

Целью данных работ являлось изучение состава и особенностей формирования метасоматических минералов, образование которых связано с транспортом Si, Ca, Mg щелочными растворами. При задаваемых внешних параметрах 750°C, 500 МПа в ампуле создавались условия градиента T и P. При наличии флюида H₂O - Na₂CO₃ ($X_{Na_2CO_3} = 0.07$) в подобных градиентных условиях проходило частичное растворение диопсида, перенос растворенных компонентов и их переотложение на амфиболите. Вследствие этого на амфиболите возникают щелочные ассоциации Na-Ca амфибола, близкого к катафориту, нефелина и эгирин-авгита, эгирина. Ранее было получено, что при более низких содержаниях соли во флюиде ($X_{Na_2CO_3} = 0.035$) нефелин и эгирин не образуются. Таким образом, появление в метасоматической зональности эгирина свидетельствует о возрастании щелочности флюида, в частности об увеличении $X_{Na_2CO_3}$ вплоть до значений $X_{Na_2CO_3} \geq 0.05$.

МИКРОСТРУКТУРА И СОСТАВ ЧАСТИЦ САМОРОДНОГО ЖЕЛЕЗА КОСМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Цельмович В.А. ГО «Борок» (ИФЗ РАН), Максе Л.П. ООО «МАЕРПРО», Беларусь

tselm@mail.ru; тел.: 8(9066327448); larissa_maxe@rambler.ru

Работа выполнена по гос. заданию № АААА-А17-117040610183-6,

микронзондовые исследования – при поддержке РФФИ № 16-05-00703а

Ежедневно на Землю падает 100 тонн космической пыли (КП). Значительная часть КП представлена магнитной компонентой, с преобладанием магнетитовых микросфер. К ранее полученным результатам микронзондовых исследований самородного железа (СЖ) в земных породах: ксенолитах мантийных гипербазитов, Сибирских траппах, океанских базальтах добавлены результаты по торфу, трепелу, образцам мелового возраста. Они сравниваются с СЖ из осадков и метеоритов. Показано, что распространенные в гипербазитах и базальтах континентов и океанов частицы СЖ близки по составу, по форме и размеру зерен, сходны с СЖ космического происхождения из осадков и метеоритов. Это свидетельствует о сходстве земных условий с условиями на планетах-источниках метеоритов, например, из пояса астероидов, в дальнейшем раздробленных и превращенных в космическую межпланетную пыль, которая попала в земные осадки. Эта однородность заложена в однородности газовой пылевой облака на ранней стадии существования Солнечной системы. Преобладание космических частиц СЖ в осадках, торфе и трепеле связывается с тем, что в межпланетную пыль попадает, главным образом, материал верхней мантии разрушенных планет-источников пыли.

ПОЛУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ ПЕНТЛАНДИТА И НИКЕЛИСТОГО ПИРРОТИНА, ЛЕГИРОВАННЫХ ПЛАТИНОЙ, ПАЛЛАДИЕМ И РОДИЕМ

Чареев Д.А. (ИЭМ РАН), Евстигнеева П.В. (ИГЕМ РАН), Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН), Ковальчук Е.В., Тагиров Б.Р. (ИГЕМ РАН)

chareev@iem.ac.ru; тел.: +79104638923

Исследование выполнено при поддержке РФФИ № 20-35-70049 Стабильность

Природные пентландит и пирротин могут содержать в себе примеси Cu, Co, ЭПГ, Ag, Se, Te и др., однако определение формы нахождения, локальное окружение, а также пределы вхождения компонентов-примесей на природных образцах является трудновыполнимой задачей.

В рамках работы, методом газового транспорта, были получены синтетические кристаллы пентландита и никелистого пирротина как в чистом виде, так и легированные платиной, палладием, родием и другими элементами. В качестве транспортного реагента использовали безводный $AlCl_3$ или смесь $AlCl_3+KBr$, температура шихты составляла $620^{\circ}C$, температура роста кристаллов - $545^{\circ}C$. Для полученных кристаллов методами РСМА (TESCAN VEGA II XMU и JXA-8200 фирмы JEOL) были определены концентрации макро- и микрокомпонентов.

Показано, что растворимость платины в синтетическом пентландите не превышает сотен ppm, палладия – 0.9 масс.%, а родия достигает 7 масс.%. Растворимость палладия в никелистом пирротине не превышает сотен ppm, но увеличивается до 0.45 масс.% при добавлении в систему нескольких процентов кобальта.

РАСТВОРИМОСТЬ ИЛЬМЕНОРУТИЛА В МОДЕЛЬНЫХ ГРАНИТОИДНЫХ
РАСПЛАВАХ С РАЗЛИЧНОЙ ЩЕЛОЧНОСТЬЮ - ГЛИНОЗЕМИСТОСТЬЮ

Чевычелов В.Ю., Вирюс А.А. (ИЭМ РАН)

chev@iem.ac.ru; тел.: 8(496)52-258-61

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 18-05-01001А

Из гелевых смесей были наплавлены исходные модельные стекла состава $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$ с мольными $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O})$ равными ≈ 0.64 , ≈ 1.10 и ≈ 1.70 . Наплавление проводили в Pt ампулах в высокотемпературных печах с силитовыми нагревателями КО-14 при атмосферном давлении и температуре от 600 до 1350°C в течение ≈ 1.2 сут. (из них ≈ 0.25 сут. при 1350°C). Затем полученные стекла были насыщены 0.1-0.2 н водным раствором HF и в их состав были добавлены ≈ 1 мас.% LiF и ≈ 0.5 мас.% CaO. Эти опыты были проведены в условиях буфера Ni-NiO на установке высокого газового давления с внутренним нагревом (ИНРВ) при $T = 900^\circ\text{C}$, $P = 100$ МПа и длительности от 6 до 8 часов. Для экспериментов был использован Nb-содержащий ильменорутит г. Селянкина, Ильменские горы, Южный Урал, $(\text{Ti,Nb,Fe}^{3+})_3\text{O}_6$, содержащий (в мас.%): 78-81 TiO_2 , 13-15 Nb_2O_5 , 6-7.5 FeO и 0-1 MnO. Ильменорутит для проведения экспериментов был любезно предоставлен И.В. Пековым (МГУ).

При подготовке экспериментов по определению растворимости ильменорутила в гранитоидных расплавах, порошок модельного алюмосиликатного стекла засыпали в Pt ампулу, в центр помещали один достаточно крупный обломок зерна минерала, добавляли избыток ($\approx 17\text{-}20$ мас.% 0.1 н) раствора HF и заваривали. Эксперименты были проведены на установке ИНРВ при $T = 650, 750$ и 850°C , $P = 100$ МПа и длительности 5, 7 и 10 суток. Из полученных образцов стекла готовились препараты для исследования методом локального рентгеноспектрального анализа. Содержания Nb и Ti определяли с использованием волнового спектрометра, а содержания Si, Al, Na, K, Ca, Fe и F с использованием ЭДС. Основная масса анализов (с набором статистики) проводилась в стекле на расстоянии 5-10 мкм от границы с минералом.

Состав расплава оказывает более заметное влияние на поведение редких элементов в системе по сравнению с температурой. Максимальные содержания элементов в расплаве и величины коэффициентов распределения получены в щелочных расплавах, а минимальные – в обогащенных глиноземах расплавах. В щелочных и высокоглиноземистых составах коэффициенты распределения при 850°C заметно выше, чем при 650°C. Полученные результаты сопоставлены с данными по растворимости других природных тантало-ниобатов: колумбита и пироклора.

О РАСТВОРИМОСТИ ФЕРРОТАПИОЛИТА И Nb/Ta ОТНОШЕНИЯХ В МОДЕЛЬНЫХ ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ, СУБГЛИНОЗЕМИСТЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОИДНЫХ РАСПЛАВАХ

Чевычелов В.Ю. (ИЭМ РАН)

chev@iem.ac.ru; тел.: 8(496)52-258-61

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 18-05-01001А.

Приготовление из гелевых смесей модельных исходных гомогенных стекол состава $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O-CaO-LiF(HF)}$ с $A/CNK \approx 0.64, 1.10$ и 1.70 и насыщение их водным раствором HF и микродобавками при $T = 900^\circ\text{C}$, $P = 100$ МПа и длительности $\approx 6\text{-}8$ часов описано в первых тезисах (Чевычелов В.Ю., Вирус А.А.). Для экспериментов был использован Та-содержащий ферротапидолит из штата Минас-Жерайс, Бразилия, $\text{Ta}_2\text{Fe}^{2+}\text{NbO}_6$, содержащий (в мас.%): 77.5-81 Ta_2O_5 , 13-14 FeO , 5.5-8 Nb_2O_5 и 0-1 SnO_2 . Ферротапидолит для проведения экспериментов также был любезно предоставлен И.В. Пековым (МГУ).

При подготовке экспериментов по определению растворимости ферротапидолита в гранитоидных расплавах, порошок модельного алюмосиликатного стекла засыпали в Pt ампулу, в центр помещали несколько (от 1 до 6) небольших зерен минерала, добавляли избыток (до 20 мас.% 0.1 н) раствора HF и заваривали. Эксперименты были проведены на установке высокого газового давления с внутренним нагревом (ИРВ) при $T = 650, 750$ и 850°C , $P = 100$ МПа и длительности от 5 до 10 суток в зависимости от температуры.

Получены количественные экспериментальные данные по растворимости ферротапидолита в высокоглиноземистых, субглиноземистых и щелочных гранитоидных расплавах. Данные результаты позволяют количественно оценить влияние состава магматического расплава на содержания Ta и Nb, а также на величину Nb/Ta отношения в гранитоидных расплавах различного состава при растворении этого минерала. Полученные результаты сопоставлены с данными по растворимости других природных тантало-ниобатов: танталита, микролита и ильменорутила.

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО НАГРЕВА ДЛЯ ЯЧЕЕК С
АЛМАЗНЫМИ НАКОВАЛЬНЯМИ В ИЭМ РАН**

**Черткова Н.В., Спивак А.В., Захарченко Е.С., Литвин Ю.А.,
Кузюра А.В., Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН)**
nadezda@iem.ac.ru; тел.: 8 (496) 522 58 76

Метод спектроскопического изучения образцов в ячейке с алмазными наковальнями, который позволяет проводить анализ твердых, жидких и газообразных фаз *in situ* (непосредственно во время эксперимента), получил широкое применение в науках о Земле, материаловедении, химии и физике. В отличие от лазерного нагрева, резистивный нагрев ячейки позволяет избежать высоких температурных градиентов и тем самым уменьшить влияние кинетических факторов на фазовые равновесия. На базе ИЭМ РАН нами была разработана и усовершенствована система внешнего нагрева для силового устройства типа “piston-cylinder DAC”, предназначенная для оптических наблюдений и получения спектров комбинационного рассеяния в условиях высоких давлений. Стабильный нагрев образца до температур более 500 °С проводился в атмосфере аргона с примесью водорода с использованием водного охлаждения, что позволило значительно уменьшить тепловое воздействие на объектив микроскопа и улучшить качество записываемых спектров.

ФАЗОВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В КАРБОНАТНЫХ И КАРБОНАТ-СИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ *P-T* ПАРАМЕТРАХ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

Шацкий А.Ф. (ИГМ СО РАН, НГУ, Новосибирск)

shatskiyantof@gmail.com тел.: +79133856129

Карбонаты и их расплавы участвуют в ряде важных мантийных процессов, связанных с генерацией глубинных магм, мантийным метасоматозом и кристаллизацией литосферных алмазов. Относительная устойчивость карбонатов определяет количество углерода, транспортируемого в мантию в зонах субдукции. В настоящем докладе я сделаю обзор существующих экспериментальных данных о фазовых взаимоотношениях в карбонатных и карбонат-силикатных системах при *P-T* параметрах литосферной мантии Земли. В частности, будут освещены данные о: (1) фазовых *T-X* диаграммах карбонатных систем; (2) пироксен-карбонатных реакциях, контролирующей температуры солидусов системы перидотит-СО₂ и эклогит-СО₂; (3) реакциях карбонатов с калиевым полевым шпатом и фенгитом, контролирующей плавление карбонатизированного материала континентальной коры. В заключении доклада будут доложены последние результаты по изучению метасоматического взаимодействия карбонатитовых расплавов с природным перидотитом и эклогитом при *P-T* параметрах континентальной литосферы.

ЖИДКОСТНАЯ НЕСМЕСИМОСТЬ И ОБРАЗОВАНИЕ КАЛИЕВЫХ КАРБОНАТНЫХ И АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ МОДЕЛЬНЫЙ ПЕЛИТ-СО₂ ПРИ 6 ГПа

**Шацкий А.Ф., Арефьев А.В., Подбородников И.В. (ИГМ СО РАН, НГУ),
Литасов К.Д. (ИФВД РАН)**

shatskiy@igm.nsc.ru тел.: 8 (383) 373-05-26 (доб. 742)

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 20-05-00811)

Экспериментально установлено, что частичное плавление материала континентальной коры, субдуцированного на глубину около 200 км, приводит к образованию двух несмешивающихся расплавов, силикатного и карбонатного (карбонатитового), близких по составу к найденным во включениях в природных алмазах. Расплавы сосуществуют с СО₂ флюидом и минералами эклогитового парагенезиса, гранатом, омфацитом, кианитом и коэситом. Как и включения в природных алмазах, оба расплава характеризуются аномально высокими содержаниями калия (Shatskiy et al., 2017).

РАСТВОРИМОСТЬ ЗОЛОТА И ПЛАТИНЫ В СОЛЕВОМ РАСПЛАВЕ.

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

kshmulovich@yandex.ru тел. :(49652) 22058

Работа выполнена в рамках темы № 2 ИЭМ РАН

Исследуются экстракционные возможности сухих солевых расплавов для извлечения металлов из низко-содержащих руд и отходов ГОК.

Измерены зависимости растворимости Au и Pt от $P(O_2)$ в расплаве NaCl при 850°C. Для обоих металлов растворимость имеет параболическую зависимость от $P(O_2)$ и быстро выполаживается при $P > 100$ КПа. Растворимость платины приблизительно в 40 раз меньше растворимости золота при одинаковых условиях. При $P(O_2) = 200$ КПа растворимость Pt достигает 180 ppm, а Au 6000 ppm. Лимитирующей стадией процесса экстракции является диффузия Na в SiO₂. Полученные данные качественно и количественно согласуются с экстраполяцией оценок растворимости золота и платины в гидротермальных растворах (Тагиров, 2019) при близких температурах. Это позволяет предсказать эффективность солевой экстракции металлов и их растворимости в водно-солевых системах.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ MgO–FeO

Шорников С. И., Иванова М. А. (ГЕОХИ), Минаева М. С. (NVIDIA LTD)

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

Грант РФФИ № 19-05-00801

Физико-химические свойства системы MgO–FeO представляют значительный интерес для понимания глубинных геологических высокотемпературных процессов, обусловленных наличием твердых растворов ферропериклаза (Mg,Fe)O, являющегося одной из основных минеральных фаз нижней мантии Земли.

В настоящей работе были выполнены теоретические расчеты термодинамических свойств расплавов в системе MgO–FeO в области температур 1000–2300 К с помощью полуэмпирической модели (Шорников, 2019) с целью уточнения ее параметров. Параметрами модели являлись рассчитанные из экспериментальных и теоретических данных значения стандартных энергий Гиббса $G^\circ(i)$ образования простых оксидов (MgO и FeO) и ферропериклаза. В составе газовой фазы над расплавом учитывали наличие Mg, Mg₂, MgO, Fe, Fe₂, FeO, FeO₂, O, O₂, O₃ и O₄. Полученные значения $G^\circ(i)$ конденсированных фаз и компонентов газовой фазы использовались для нахождения условий равновесия в системе MgO–FeO при заданном составе и температуре. Решение уравнения для общей энергии Гиббса исследуемой системы было найдено методом минимизации энергии Гиббса.

Рассчитанные величины активностей оксидов и энергий смешения в расплавах системы MgO–FeO сопоставлены с имеющимися в литературе данными (Schmahl et al., 1961; Hahn & Muan, 1962; Wu et al., 1993).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ CaO–MgO

Шорников С. И. (ГЕОХИ)

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

Грант РФФИ № 19-05-00801

Значительный практический интерес к физико-химическим свойствам системы CaO–MgO, являющейся составной частью важнейших геохимических систем, обусловлен возрастающей потребностью в огнеупорах, обладающих повышенной стойкостью в металлургических процессах.

Теоретические расчеты термодинамических свойств расплавов системы CaO–MgO в области температур 2000–3200 К были выполнены с целью уточнения параметров используемой полуэмпирической модели (Шорников, 2019), предназначенной для расчетов активностей в расплавах многокомпонентной оксидной системы CaO–MgO–FeO–Al₂O₃–TiO₂–SiO₂ в широком интервале составов и температур. Исходными параметрами модели являлись рассчитанные из экспериментальных и теоретических данных величины стандартных энергий Гиббса $G^\circ(i)$ образования простых оксидов (CaO и MgO) и разлагающегося при температуре 2573 К соединения CaMgO₂. В составе газовой фазы над расплавом учитывали наличие Ca, Ca₂, CaO, Mg, Mg₂, MgO, O, O₂, O₃ и O₄. Рассчитанные значения $G^\circ(i)$ конденсированных фаз и компонентов газовой фазы использовались для нахождения условий равновесия в системе при заданном составе и температуре.

Рассчитанные величины активностей оксидов и энергий смешения в расплавах системы CaO–MgO сопоставлены с имеющимися в литературе данными (Wu et al., 1993).

ХИМИЧЕСКОЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ПЕРОВСКИТА ПРИ ИСПАРЕНИИ

Шорников С. И. (ГЕОХИ), Яковлев О. И. (ГЕОХИ)

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

Титанат кальция CaTiO_3 (перовскит) – сравнительно редкий минерал, представляющий особый интерес для петрологии, а также для космохимических исследований как соединение, входящее в состав вещества тугоплавких Са–Аl-включений, часто встречающихся в углистых хондритах и являющихся самым ранним объектом Солнечной системы с необычными изотопными характеристиками.

В рамках развиваемых теоретических представлений (Яковлев и Шорников, 2019), базирующихся на модифицированном уравнении Герца-Кнудсена, рассмотрено химическое фракционирование перовскита при испарении при температуре 2278 К. Термодинамические расчеты были выполнены с помощью полуэмпирической модели, предназначенной для расчетов активностей в расплавах многокомпонентной оксидной системы СаО–MgO–FeO–Al₂O₃–TiO₂–SiO₂ в широком интервале составов и температур (Шорников, 2019). Параметры модели были рассчитаны из экспериментальных и теоретических данных о значениях стандартных энергий Гиббса $G^\circ(i)$ образования соединений и компонентов газовой фазы над системой СаО–TiO₂. Полученные термодинамические данные позволяли моделировать изменение химического состава расплава перовскита в процессе испарения и учесть окислительно-восстановительные условия испарения. В качестве сравнительных экспериментальных данных были использованы результаты, полученные Zhang et al., 2014.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКАНДИЯ МЕЖДУ СИЛИКАТНЫМ И СОЛЕВЫМ
РАСПЛАВАМИ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ФАЗАМИ В СИСТЕМЕ SI-AL-NA-K-LI-F-O-H
ПРИ 800°С - 500°С И 1 КБАР

Щекина Т.И., Зиновьева Н.Г. (геол.ф-т МГУ), Русак А.А. (ГЕОХИ РАН),
Хвостиков А.А. (ИПТМ РАН), Граменицкий Е.Н.),
Алферьева Я.О. (геол.ф-т МГУ), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)
t-shchekina@mail.ru, тел.: +7 (495) 939-20-40

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

Исучено распределение Sc в модельной гранитной системе Si-Al-Na-K-F-O-H между алюмосиликатным и LiKNa-алюмофторидным (солевым) расплавами при температурах 800°С-600°С. Показано, что в интервале 800°С-700°С скандий накапливается в солевом расплаве с высокими коэффициентами разделения $\gg 1$. При дальнейшем понижении температуры до 500°С в системе наряду с силикатным (переохлажденным) и солевым расплавами образуются кристаллические фазы – кварц, K-Na-алюмофториды ряда криолит-эльпасолит и Li-содержащая слюда полилитионит. Обнаружено, что скандий входит не только в состав силикатного и солевого расплавов, но и в алюмофториды и слюды. Коэффициент разделения Sc между слюдами и силикатным расплавом составляет около 10, между Na-алюмофторидами и расплавом около 1,5. Наибольшие коэффициенты разделения около 13-20 наблюдаются между богатыми калием алюмофторидами и силикатным расплавом. Во всех упомянутых кристаллических фазах скандий, по-видимому, изоморфно замещает алюминий. Эта особенность скандия резко отличает его от редкоземельных элементов и иттрия, которые практически не входят в состав криолитоподобных фаз и слюд, а образуют в изучаемой системе только собственные фторидные фазы типа LnF₃.

**СОСТАВЫ ТОЛЕИТОВЫХ МАГМ ОСТРОВА БУВЕ (ЮЖНАЯ АТЛАНТИКА) ПО
ДАНЫМ ИЗУЧЕНИЯ ПОРОД, МИНЕРАЛОВ И РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ**

**Шишкина Т.А., Мигдисова Н.А., Сушевская Н.М.,
Крашенинников С.П. (ГЕОХИ РАН), Щербаков В.Д. (геол. ф-т. МГУ)**
t.shishkina@geokhi.ru, тел.: 8 (495) 939-70-62

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00990.

Впервые изучены расплавные включения в образцах базальтовых лав, отобранных с надводной части острова Буве (Южная Атлантика). Базальты представляют собой порфириновые породы, в которых вкрапленники представлены оливином, плагиоклазом и клинопироксеном в разных пропорциях, распределенными в основной массе, сложенной микролитами плагиоклаза, клинопироксена и магнетита. Во вкрапленниках содержатся расплавные включения, которые представляют собой тонкораскристаллизованные агрегаты округлой или удлинённой формы размером до 200 мкм. Для восстановления составов исходных расплавов были проведены эксперименты по ре-гомогенизации включений с использованием высокотемпературной вертикальной трубчатой печи Nabertherm RHTV-1700 при атмосферном давлении и контролируемой летучести кислорода. Было проведено две серии экспериментов при следующих условиях: (1) 1150°C, QFM+1; (2) 1250°C, QFM. Составы расплавных включений и минерала-хозяина определены с использованием электронно-микросондового анализа. Составы исходных расплавов и тренды кристаллизации магм района ТСБ были смоделированы с использованием программного комплекса Petrolog3.

**ОБЩИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ФРАГМЕНТОВ
ЛАДОЖСКОГО КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛА**

Юрковец В. П. (*The Academy of DNA Genealogy*)
valery.yurkovets@gmail.com; тел.: 8 (921) 407 13 79

Наряду с едиными структурными и текстурными особенностями, магнитными свойствами, единым петрологическим составом, одинаковой плотностью, одинаковому ячеистому строению поверхности, наличию внеземных минералов в составе, большинство отобранных в катастрофных слоях образцов ближней зоны Ладожского импакта, в которых предполагаются фрагменты Ладожского космического тела, обладают также единой, независимо от размера, макроформой - сферическим, вытянутым вдоль одного из рёбер тетраэдром, которая наследует, вероятно, отдельность в материнском теле. В результате рассмотрения физической природы некоторых из перечисленных признаков предложена модель формирования поверхностного строения метеоритов.

**АМОРФНОЕ ВЕЩЕСТВО И ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ
В ТЕХНОГЕННЫХ РЕЧНЫХ ИЛАХ**

Янин Е.П. (ГЕОХИ РАН)

yanin@geokhi.ru; тел.: 8 (495) 939 70 69

Техногенные илы (ТИ), формирующиеся в реках промышленных районов, представляют собой новый вид современных русловых отложений, которые гранулометрическими характеристиками, минеральным составом и геохимическими особенностями резко отличаются от фонового руслового аллювия. Илы концентрируют основную массу поступающих в реки со сточными водами и поверхностным стоком загрязнителей и являются ареной развития интенсивных и протяженных техногенных геохимических аномалий. Характерная особенность ТИ – присутствие в них значительного количества аморфного вещества и глинистых минералов. Содержание аморфного вещества в фоновом аллювии обычно составляет 10–11%, в ТИ оно увеличивается до 30%; содержание глинистых минералов в аллювии менее 0,1%, в илах оно достигает 1–3% и больше. Аморфное вещество и глинистые минералы во многом обуславливают геохимическое своеобразие, катионообменную способность и неустойчивость (как физико-химической системы) ТИ, определяют их активные вторичные преобразования и поведение связанных с илами химических элементов (особенно тяжелых металлов).

