

107МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**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-2021)

Москва, 25-26 мая 2021 г.



Председатели семинара

дгмн О.А. Луканин

ГЕОХИ РАН

дгмн, проф. РАН 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

СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕХАНИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ СУПЕРКВАРЦИТОВ ВОСТОЧНОГО САЯНА И ВЛИЯНИЕ НА НИХ ТЕРМИЧЕСКОЙ (Т=450 °С) И ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ (Т=450 °С, Р=1 КБАР) ОБРАБОТОК

Акимов В.В. (ИГХ СО РАН)

vladlen_akimov@mail.ru, тел.: 8 (3952) 42 99 67

грант РФФИ №20-05-00291

Изучены структурно-химические свойства (гигроскопичность, склонность к агрегации частиц с образованием устойчивых поликристаллов, распределение частиц по размерам, параметры дислокационных структур) механически активированных (МА) кристаллов суперкварцитов (СК) месторождения Бурал-Сардык и влияние на эти свойства термического отжига на воздухе при Т= 450 °С и автоклавной гидротермальной (ГТ) обработки при Т= 450 °С и Р=1 кбар. Поскольку СК характеризуются достаточно низкими содержаниями примесей (их сумма менее 70 ppm), то изученные свойства СК можно рассматривать как «истинные» - без влияния на них примесей. Установлено, что для образца (40 мин МА) гигроскопичность максимальная – около 2 мас% (по данным термогравиметрического анализа). Немного ниже этот параметр для образцов МА в течение 60 и 120 мин. Для исходного и МА 20 мин гигроскопичность минимальная – менее 1 мас%. Устойчивые поликристаллы размером ~ 10-30 мкм образуются после 40 мин МА. Также при МА свыше 40 мин формируется развитая блочная структура. Термическая и ГТ обработки образцов существенно влияют на структурно-химические свойства СК и, таким образом, могут использоваться для получения геоматериалов с требуемыми сорбционными свойствами.

**ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА $\text{NaMnNi}_2(\text{H}_{2/3}\text{PO}_4)_3$
– НОВОГО СОЕДИНЕНИЯ СО СТРУКТУРОЙ МИНЕРАЛА АЛЛЮАДИТА**

**Аксенов С.М. (КНЦ РАН), Ямнова Н.А. (геол.ф-т МГУ), Кабанова Н.А. (КНЦ РАН),
Волков А.С., Гурбанова О.А. (геол.ф-т МГУ), Дейнеко Д.В. (хим.ф-т МГУ),
Димитрова О.В. (геол.ф-т МГУ), Кривовичев С.В. (КНЦ РАН)**
aks.crys@gmail.com, тел: 8-916-717-90-54

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РНФ 20-77-10065 и 19-77-10013

Гетерополиэдрический каркас аллюадитового типа характеризуется наличием двух типов широких каналов (**I** и **II**). Различные варианты их заполнения атомами переходных элементов существенным образом сказываются как на общей стехиометрии каркаса, так и на топологических особенностях его производных (за счет включения в катионную подрешетку внекаркасных атомов).

Новый щелочной марганец никелевый гидрофосфат $\text{NaMnNi}_2(\text{H}_{2/3}\text{PO}_4)_3$ был получен методом гидротермального синтеза в многокомпонентной системе $\text{MnCl}_2 : 2\text{NiCl}_2 : 2\text{Na}_3\text{PO}_4 : \text{H}_3\text{BO}_3 : 10\text{H}_2\text{O}$ при температуре 450–660 К и давлении 80 атм. Кристаллическая структура изучена методом рентгеноструктурного анализа. Параметры моноклинной ячейки: $a = 16.8913(4)$, $b = 5.6406(1)$, $c = 8.3591(3)$ Å, $\beta = 93.919(3)^\circ$; $V = 794.57(4)$ Å³; пр. гр.: $C2/c$. Особенностью нового соединения является отсутствие молекул воды в канале **II**. При этом, отрицательный заряд компенсируется за счет частичного протонирования PO_4 -групп. Согласно современной структурной систематике семейства аллюадита, изученное соединение относится к подгруппе “ $\text{KCd}_4(\text{VO}_4)_3$ ”, а его кристаллохимическая формула имеет вид ($Z = 4$): $\square\text{NaMnNi}_2(\text{HPO}_4)(\text{H}_{0.5}\text{PO}_4)_2$.

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ КИСЛЫХ ДРЕНАЖНЫХ ВОД
В ОТВАЛАХ ПОРОД, СОДЕРЖАЩИХ СУЛЬФИДЫ**

Алексеев В.А. (ГЕОХИ РАН)

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

Эта актуальная экологическая проблема связана, в первую очередь, с окислением пирита, самого распространенного сульфида. Окисление пирита ускоряется с увеличением температуры, рН, концентраций Fe^{3+} и O_2 в растворе, в присутствии железooksисляющих бактерий, градиентов температуры и давления. Оно замедляется в присутствии некоторых лигандов и других сульфидов (гальванический эффект), с увеличением размера зерен и содержания воды в порах. Скорость общей реакции контролируется не окислением Fe^{2+} в растворе или диффузией O_2 в поверхностном слое, а реакциями на поверхности и скоростью доставки O_2 в отвал. Моделирование выветривания отвалов пока не способно точно предсказать состав дренирующих вод вследствие упрощения расчетов и моделей, но оно оказалось эффективным в оценке влияния различных параметров на скорость процесса. Для улучшения моделей важно использовать надежные уравнения скорости как для пирита, так и для других минералов, которые нейтрализуют растворы. Превентивные меры и рекультивация включают использование щелочных, изолирующих, бактерицидных материалов и биореакторов, извлечение полезных компонентов раствора, переработку твердых отходов.

ВЛИЯНИЕ ИНСОЛЯЦИИ НА ПРОЦЕСС БИОДЕГРАДАЦИИ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДАХ РЕКИ СЕНЬГА

Алешина А.Р. (геол. фак-т МГУ)

lis.aleshina@yandex.ru, тел.: 8(977)747 34 36

Грант РФФИ № 20-35-90017

Растворенное органическое вещество (РОВ, <0,22 мкм) играет центральную роль в природных водах. Проведение натурального эксперимента с водами реки Сеньга позволило выявить влияние инсоляции на биодegradацию исходного РОВ и связанного с ним тяжелых металлов. Были определены такие параметры речных вод как рН, содержание РОВ, ГВ, а также Fe и других металлов, HCO_3^- и CO_2 . Разделение исследуемых проб на фракции >0,22 мкм, 1 кДа – 0,22 мкм и <1 кДа дало возможность проследить изменение форм нахождения соединений РОВ и металлов.

Биодegradация практически не изменила формы нахождения РОВ, хотя содержание ГВ снизилось на треть, 10% перешло в форму более высокомолекулярных соединений (ВМС, >0,22 мкм). Формы металлов (кроме Al) не изменились. Солнечный свет способствовал более активной минерализации РОВ одновременно с образованием ВМС. В результате био- и фотодegradации были образованы гидроксиды железа, стабилизированные органическим веществом, вместе с которыми из раствора при перефильтрации могут выводиться и другие металлы, в частности Zn, Cd, Pb, V, Al.

ВЕСЭМПГ – 005

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В ФЛЮОРИТСОДЕРЖАЩИХ ОНГОНИТАХ ПРИ 700-800° С И ФУГИТИВНОСТИ КИСЛОРОДА, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ БУФЕРАМ Ni–NiO и Mt–Hem

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

YanaAlf@ya.ru, тел. 8 (495) 939 20 40

Проведена серия экспериментов по плавлению образцов флюоритсодержащих онгонитов при 700–800 °С, давлении 100 МПа и разной фугитивности кислорода, соответствующей буферам Ni–NiO и Mt–Hem.

В опытах получено равновесие алюмосиликатного расплава, флюорита и топаза. Изменение фугитивности кислорода качественно не влияет на фазовые отношения в изученных образцах, но приводит к изменению значения коэффициента агпаитности K_a и содержания CaO в силикатном расплаве.

При увеличении летучести кислорода в системе в составе флюорита растет количество примеси кислорода.

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

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.

ОБРАЗОВАНИЕ ЖИДКОСТНОЙ НЕСМЕСИМОСТИ В ЩЕЛОЧНЫХ
КАРБОНАТ–АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ P-T ПАРАМЕТРАХ
ПРИРОДНОГО АЛМАЗООБРАЗОВАНИЯ

**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)

Проведены 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: $Kfs + Dol \rightarrow Grt + Ky + Coe + L(C) + CO_2 (F/L)$. Нагрев до 1300 °С приводит к появлению алюмосиликатного расплава в дополнение к карбонатному по реакции $L(C) + Ky + Coe = L(S) + CO_2 (F/L)$. Состав силикатного расплава близок к $KAlSi_3O_8$ с растворенными $CaMg(CO_3)_2$ и молекулярным CO_2 . Добавление в систему омфациита ($NaAlSi_2O_6 + CaMgSi_2O_6$) не приводит к значительным изменениям. Однако добавление $NaAlSi_2O_6$ сдвигает границу существования двух жидкостей до 1500 °С, а Na_2CO_3 полностью исключает появление силикатного расплава по следующей реакции: $L(S) + Na_2CO_3 = Crx + L(C) + Coe$. 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, что смещает поле сосуществования карбонатной и силикатной жидкостей в область более высоких температур или полностью прекращает появление несмесимости между алюмосиликатным и карбонатным расплавом.

ФАЗОВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ K_2CO_3 - $CaCO_3$ - $MgCO_3$
ПРИ P-T ПАРАМЕТРАХ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ

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

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

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект №21-17-00024)

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). Плавление системы контролируется 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 825 ± 25 °С. При 6 ГПа ниже солидуса стабильными 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 эвтектические точки, 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.

ВЕСЭМПГ – 009

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ФРОНТАЛЬНОГО ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА
СО ШЛИФОВ ВЫСОКОНИКЕЛЕВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ МЕТЕОРИТОВ НА
ГИПЕРЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЕ**

Бадеха К. А. (ГЕОХИ РАН), Гроховский В.И. (УрФУ), Кругликов Н.А. (ИФМ УрО РАН)

ksenia_uimina@mail.ru, тел.: 8(985)33 44 612

Грант FEUZ-2020-0059 Минобрнауки России

В ходе изучения оптических свойств структуры метеоритов группы IVB и ряда близких к ним метеоритов, имеющих контрастные полосы на поверхности травленных шлифов, было проведено исследование фронтального отражения света на гиперчувствительной камере с матрицей высокого разрешения Spectrum IQ. Диапазон чувствительности матрицы 300 - 1300 нм. В качестве осветителя использовались две галогеновые и две ИК лампы. Полученные спектры со шлифов Чинге, Ноба, Gabel Kamil и Iquique. Наибольший контраст зафиксирован с поверхности Чинге в диапазоне 500 -700 нм, а также Gabel Kamil – при рассмотрении участков вблизи и вдали от крупного включения троилита-добреелита. Полученные данные указывают на различие шероховатости поверхности в двух участках ПСО. В образце Gabel Kamil выделяются пики интенсивности отраженного излучения, благодаря чему можно представить структуру как дифракционную решетку. Для остальных метеоритов не удалось получить пиков, так как исследование велось без увеличения, а структура очень дисперсна. Однако ход кривых демонстрирует искомое отличие. Полученные результаты согласуются с данными, полученными с камеры микроскопа Axiovert40MAT.

ВЕСЭМПГ – 010

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРЕВРАЩЕНИЙ НЕФТИ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР 240–700°C И ДАВЛЕНИЙ 7–150 МПА В СВЯЗИ С ВЫЯСНЕНИЕМ ЕЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И СОСТОЯНИЙ, МАКСИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНОЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВОСПОЛНЕНИЯ ИСТОЩЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Балицкая Е.Д., Балицкий В.С. (ИЭМ РАН), Пиронон Ж. (Université de Lorraine), Баррес О. (Université de Lorraine), Плотникова И.Н. (ИПИ АН РТ), Балицкая Л.В., Голунова М.А., Бубликова Т.М., Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН)
balvlad@iem.ac.ru, тел. 8 (496) 522 58 47

Работа поддержана грантом РФФИ № 21-55-15010 НЦНИ_a

Цель исследований – экспериментальное выяснение превращений нефти при повышенных и высоких температурах (до 700°C) и давлениях (до 150 МПа). На основе микротермометрии и высокотемпературной ФТ-ИК- и КР-спектроскопии синтетических водно-углеводородных включений установлена основная причина различия процессов крекинга нефти, находящейся в водном окружении. В условиях преобладания водного раствора над нефтью растворенная в гомогенных, в том числе сверхкритических флюидах нефть полностью утрачивает способность к расщеплению в связи с образованием с водой истинного раствора. Понижение температуры приводит к обратимому выделению тех же самых углеводородов и продолжению крекинга по обычной схеме. Когда же нефть преобладает над водным раствором, входящие в ее состав углеводороды при достижении гомогенного состояния сохраняются как таковые и продолжают подвергаться крекингу и далее – более глубокому метаморфизму вплоть до необратимого превращения в метан и остаточные твердые битумы, вплоть до графита. Глубины прохождения этих процессов оцениваются в 12 и 22 км соответственно.

**О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДОЛГО- И КОРотКО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ
КОМЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ГАЛАКТИЧЕСКИМИ КОМЕТАМИ**

Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)

azary@mail.ru, тел: 8(499) 135-54-67

Обсуждается механизм образования комет Солнечной системы галактическими кометами. Свойства наблюдаемых долго- и короткопериодических комет объясняются как продуктов столкновений галактических комет с телами астероидного пояса, захваченные Солнцем на орбиты более далекие, чем у тел пояса. Эти кометы возникли в интервале времени от 5 до 0.7 млн лет назад в период нахождения Солнца в струйном потоке Ориона-Лебедя. Состоят они из льдистого вещества комет галактического происхождения, смержшего с рассеянным и обломочным веществом астероидов. Отличаются долго- и короткопериодические кометы лишь тем, что первые были выброшены из пояса астероидов на эллиптические орбиты с афелиями $\sim 10^4$ - 10^5 а.е. и теперь возвращаются в Солнечную систему. Тогда как вторые – никогда не покидали Солнечную систему, они тяготеют к плоскости эклиптики и сегодня смогли сохраниться лишь в космическом пространстве между планетами-гигантами. При случайных сближениях с планетами они отбрасываются в сторону Солнца, и тогда их относят к семейству комет соответствующей планеты-гиганта.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОССТАНОВЛЕННЫХ
СЕРНЫХ ФЛЮИДОВ НА ПРОЦЕССЫ АЛМАЗООБРАЗОВАНИЯ
В УСЛОВИЯХ СУБДУКЦИИ**

Баталева Ю.В., Борздов Ю.М., Пальянов Ю.Н. (ИГМ СО РАН)

bataleva@igm.nsc.ru, тел.: +7 (913) 986 49 71

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Экспериментальные исследования, направленные на оценку влияния восстановленных преимущественно серных флюидов на процессы алмазообразования в условиях субдукции, проведены в системах карбид-карбонат-сера и железо-карбонат-сера на аппаратуре БАРС (6,3 ГПа, интервал 900-1600 °С, 18-60 ч). Установлено, что при 900 и 1000 °С в системе карбид-карбонат-сера происходит экстракция углерода из когенита за счет взаимодействия с восстановленным серным флюидом, а также реализуются углерод-продуцирующие окислительно-восстановительные реакции карбида с карбонатом. При ≥ 1100 °С образование ассоциации Fe^{3+} -магнезиовюстита и графита сопровождается генерацией fO_2 -контрастных расплавов - металл - сульфидного с растворенным углеродом (Fe-S-C) и сульфидного с растворенным кислородом (Fe-S-O). Установлено, что редокс взаимодействие данных расплавов, а также расплава Fe-S-C и магнезиовюстита являются углерод-продуцирующими процессами, сопровождающимися диспропорционированием Fe и приводящими к формированию ассоциации Fe^{3+} -магнезиовюстита, алмаза и графита. Экспериментально продемонстрировано, что участие серных флюидов в процессах алмазообразования в условиях субдукции приводит к повышению температуры кристаллизации алмаза, снижению скорости роста алмаза, а также к резкому снижению температуры частичного плавления (~ 300 °С).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ Fe-Ni-O-H₂O И КОНТРОЛЬ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА В МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ФЛЮИДНОЙ ФАЗЕ ПРИ T = 1200°C, P = 200 МПа

Безмен Н.И., Горбачев П.Н. (ИЭМ РАН)

bezmen@iem.ac.ru, тел.: 8 (496) 522 31 43

В работе представлена серия экспериментов по изучению состава Fe–Ni сплава в ассоциации с магнетитом и вюститом в зависимости от летучестей кислорода и водорода. Вместо буферных равновесий в экспериментах непосредственно контролировали летучесть водорода при 1200°C и 200 МПа с использованием усовершенствованной методики мембраны Шоу в виде специально разработанной ячейки со смесями Ag – H₂. Мольная доля H₂ в смесях составляла от 0,05 до 0,9. Летучесть кислорода рассчитывалась по реакции разложения воды. При высоких давлениях и температурах достигается высокая летучесть водорода, достаточная для образования соединений, насыщенных H₂ с вюститом и железом. Согласно правилу фаз буферные реакции магнетит – вюстит – вода и вюстит–железо-вода в присутствии водосодержащих фаз переходят в дивариантные равновесия. Содержание никеля в сплаве Fe–Ni в ассоциации с оксидами железа является показателем летучести кислорода при использовании двухампульной методики в экспериментах с чистой водой. По составу Fe–Ni сплава в реакционной ампуле можно рассчитать содержание газов в многокомпонентной жидкой фазе при заданных P–T условиях экспериментов.

**ПРИЗНАКИ КОРОВО-МАНТИЙНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ: РЕЗУЛЬТАТЫ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ 7-24 ГПА**

**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)**

a.bendeliani@outlook.com

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 21-17-00147

В работе впервые проведены эксперименты, моделирующие корово-мантийное взаимодействие на глубинах, соответствующих переходной зоне и нижней мантии Земли. В ходе экспериментального моделирования определены минеральные ассоциации, указывающие на возможность образования водосодержащих высокоглиноземистых фаз, при участии корового субстрата при давлениях 18, 24 ГПа. В частности, были синтезированы новые плотные водосодержащие магнезиальные силикаты, уточнены особенности состава и их структурные особенности. Определены признаки корово-мантийного взаимодействия. Предложены принципиально новые реакции образования водосодержащих фаз, обсуждаемые в рамках детального анализа межфазового распределения главных и примесных элементов в экспериментах по корово-мантийному взаимодействию. Впервые установлено, что в условиях водонасыщенной системы бриджманит не будет вмещать существенные концентрации глинозема, что приведет к накоплению алюминия преимущественно в составе водосодержащих фаз.

Полученные экспериментальные данные имеют непосредственное приложение к решению проблемы генезиса водосодержащих фаз мантии Земли, а также к дискуссиям о транспортировке воды на различные глубины нижней мантии в зонах субдукции. Данные о полученных фазовых ассоциациях, составе и структурных особенностях мантийных фаз, синтезированных в настоящей работе, могут быть использованы для уточнения фазового и химического состава мантии Земли, в частности в зонах субдукции, и интерпретироваться в качестве приложения к обсуждению генезиса и протолита высокobarических фаз кимберлитовых тел и включений в алмазах.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФТОРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ТИТАНА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ 300°C И ДАВЛЕНИИ
НАСЫЩЕННОГО ПАРА ВОДЫ**

Берковский Е.М., Тарнопольская М.Е., Николаева И.Ю.,

Лубкова Т.Н., Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ)

evgeny.berkovskiy@yandex.ru, тел. 8(495)9391239

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект №19-17-00200)

В литературе на сегодняшний день нет работ по определению форм переноса титана во фторидных гидротермальных растворах при повышенных температурах. В нашей работе проводилось экспериментальное изучение фторидных комплексов титана при 300°C и давлении насыщенного пара воды в титановых автоклавах, в которые помещались порошок TiO_2 , буферные 0,1М растворы $HF + NaF$ (исследование проводилось в кислой области рН) и смеси растворов $HF + HNO_3$ с различными соотношениями компонентов. Содержание титана в экспериментальных растворах измерялось рентген-флуоресцентным методом анализа и ICP-MS. Результаты показали, что в условиях экспериментов растворимость титана не зависит от рН, следовательно, образуются незаряженные комплексы. Соотношение фтора и титана в исследуемых растворах говорит о преобладании форм $Ti(OH)_3F(aq)$ и $Ti(OH)_2F_2(aq)$.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИИ ОБРАЗОВАНИЯ
СЕЛЕНОВОГО МОХИТА (Cu₂SnSe₃) ИЗ БИНАРНЫХ СЕЛЕНИДОВ CuSe И SnSe
(ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)**

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

brichkina@iem.ac.ru , тел.: 8 (925) 350 81 59

Работа выполнена в рамках темы НИР АААА-А18-118020590150-6

Совсем недавно открыт минерал светланаит SnSe (Okrugin et al., 2020) и селеновый аналог мохита также может быть обнаружен. Кроме того, селениды на основе олова и меди находят применение в полупроводниковых технологиях. Энтальпия образования селенового мохита определялась экспериментально в реакции твердотельного синтеза из селенидов CuSe и SnSe в вакуумно-блочном калориметре.

Предварительные расчеты, проведенные с использованием собственных данных по стандартным энтальпиям образования CuSe и SnSe и энтальпии реакции образования селенового мохита из бинарных селенидов приводят к следующей величине стандартной энтальпии образования селенового мохита:

$$\Delta H_{298.15}^0(\text{Cu}_2\text{SnSe}_3) = -(228.40 \pm 7.13) \text{ кДж} \times \text{моль}^{-1}.$$

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАРБОНАТИТОВЫХ РАСПЛАВОВ 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 при поддержке РНФ (проект №21-17-00024)

Мантийные карбонатитовые расплавы являются важными метасоматизирующими агентами, оказывающими влияние на мантийную геохимию и минералогию (Green and Wallace, 1988; Litasov, 2011; Yaxley et al., 1991). 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 состав этих расплавов в равновесии с мантийными породами (гранатовыми лерцолитами и эклогитами) неизвестен. Для решения этой проблемы проведены эксперименты по взаимодействию гранатового лерцолита и эклогита из кимберлитовой трубки Удачная-Восточная (Якутия) с эвтектическими смесями из Na-Ca-Mg и K-Ca-Mg карбонатных систем (Arefiev et al., 2019; Podborodnikov et al., 2019). 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 силикатных фаз и составы щелочных карбонатитовых расплавов, которые могут находиться в равновесии с верлитами, лерцолитами, гарцбургитами и эклогитами.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ‘Na-КАРБОНАТИТ’ И
‘K-КАРБОНАТИТ’ ПРИ 3 И 6.5 ГПа В ИНТЕРВАЛЕ 750-1200 °С**

**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 при поддержке РФФ (проект №21-17-00024)

Исследование фазовых взаимоотношений в системах, моделирующих карбонатизированные мантийные породы, связано с проблемой определения состава околосолидусных карбонатных расплавов. Для того чтобы изучить составы карбонатитовых расплавов и субсолидусных карбонатных фаз, Литасов К.Д. (Litasov et al., 2013) провел эксперименты в системах, соответствующих предполагаемому составу расплава, образующегося в результате частичного плавления карбонатизированного эклогита (система “Na-карбонатит”) и перидотита (система “K-карбонатит”). 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). Были уточнены составы карбонатных расплавов и субсолидусных ассоциаций, а также минимальные температуры плавления систем. Кроме того, 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.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАСТВОРИМОСТИ ТЕНОРИТА И МАЛАХИТА
В ВОДЕ И РАСТВОРАХ АММИАКА ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ ДО 100 °С.**

Бубликова Т.М., Сеткова Т.В., Балицкий В.С., Ахмеджанова Г.М. (ИЭМ РАН)
tmb@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 58 47

Теоретически, с использованием программного комплекса геохимического моделирования HCh, и экспериментально изучены условия стабильности и соотношения твердых фаз тенорита и малахита при взаимодействии с водой и водными растворами, содержащими аммиак. Растворимость тенорита и малахита рассчитана в чистой воде и аммиачных растворах 0.01 и 2.0 m NH₄OH. Показано, что малахит растворяется в воде инконгруэнтно, с образованием тенорита, количество которого возрастает как в воде, так и растворах гидроксида аммония с повышением температуры. Установлены формы нахождения меди при растворении тенорита и малахита, построена зависимость растворимости указанных минералов от температуры в интервале 20 – 100 °С. Экспериментально кристаллические фазы тенорита и малахита получены методом перекристаллизации основного карбоната меди в 2.0 m NH₄OH в кристаллизаторах рециркуляционного типа. При достижении равновесия (на 12 – 15 день от начала эксперимента) отобраны пробы раствора. Раствор анализировали на общее содержание меди с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра “Квант-2АТ”. Полученные значения растворимости малахита находятся в хорошем соответствии с расчетными данными.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРОГЕНА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ,
МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И СПОСОБЫ ИЗУЧЕНИЯ**

**Бугаев И.А. (ГЕОХИ РАН), Бычков А.Ю., Калмыков А.Г.,
Калмыков Г.А. (геол. ф-т МГУ)**

Баженовская свита является основной нефтематеринской породой, содержащей до 25-35 мас.% керогена, который на протяжении его геологической истории превращается в нефть и газ. Однако характеристики керогена, такие как состав и строение, мало изучены. Для решения этой проблемы необходимо выделить кероген из минеральной матрицы и исследовать различными разрушающими методами, позволяющими установить элементный состав, количество алифатических и ароматических атомов углерода и водорода, двойных и тройных связей, и другие характеристики. Данная работа посвящена проблеме эффективного выделения керогена и оценки некоторых его характеристик.

Основной принцип выделения керогена связан с малой восприимчивостью керогена к действию кислот и растворителей, в отличие от остальной матрицы. В результате комплекса исследований была разработана модифицированная методика выделения керогена, которая включает последовательное растворение углеводородных соединений и минеральной матрицы породы. Показано влияние различных стадий на остаточный состав пород, продемонстрированы некоторые результаты, позволяющие дифференцировать кероген по химическому строению. Однако проблема выделения керогена не решена полностью, необходимы дальнейшие исследования, чтобы добиться лучшего результата.

ФАЗОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ ИЛЬМЕНИТ-ОЛИВИН-Н₂O ПРИ 6ГПа

Бурова А.И. (МГУ), Черткова Н.В., Спивак А.В., Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН)

spivak@iem.ac.ru, тел.: 8(496)5225876

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 20-77-00079) и частично в рамках государственного задания АААА-А18-118020590140-7 ИЭМ РАН

Находки льда-VII среди минеральных включений (совместно с ильменитом, а также в ассоциации с оливином) в алмазах показали, что остаток водной жидкости, присутствующей в алмазообразующей среде и захваченный во время роста алмаза, кристаллизуется при подъеме вмещающих алмазов. В связи с этим, определение фазовых отношений в системе ильменит-оливин-вода при *PT*-параметрах верхней мантии Земли является актуальной задачей. Эксперименты по изучению системы SiO₂-TiO₂-FeO-MgO-H₂O проводились на установке высокого давления типа наковальня с лункой при 6 ГПа и температуре 1300 °С. В образце с составом 80 мол% FeTiO₃ + 20 мол% H₂O происходит перекристаллизация ильменита. С возрастанием содержания Mg₂SiO₄ компонента в системе среди продуктов получены кристаллы оливина и пироксена со значительным содержанием железистого компонента, при этом в силикатных фазах присутствует титан в качестве примеси. Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при построении моделей кристаллизации, роста и захвата алмазом H₂O-содержащих включений в условиях высоких давлений и температур.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ХРОМИТ-РУТИЛ/ИЛЬМЕНИТ-K₂CO₃-H₂O-CO₂ ПРИ 2.0 ГПА: ПРИЛОЖЕНИЕ К МАНТИЙНОМУ МЕТАСОМАТОЗУ

Бутвина В.Г., Косова С.А. (ИЭМ РАН), Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ)
butvina@iem.ac.ru, тел. 84965225851

Работа выполнена в рамках тем АААА-А18-118020590140-7 и АААА-А18-118020590148-3 государственного задания ИЭМ РАН на 2021–2023 гг

Образование К-На фаз в результате мантийного метасоматоза, где щелочи связаны с такими компонентами как Cr, Ti, Fe³⁺, в верхнемантийных перидотитах обычно соответствуют метасоматическим изменениям на поздних стадиях (Сафонов, Бутвина, 2016). Таковыми фазами являются разнообразные К-На-Ва содержащие титанаты с высоким содержанием хрома, такие как минералы матиасит-линдслеитовой и хоторнеит-имэнгитовой групп и прайдерит. Экспериментальные данные по стабильности К-Ва-титанатов представлены немногочисленными работами по их синтезу из смесей простых оксидов и лишь ограничивают область P-T условий их возможного образования (Foley et al., 1994; Konzett et al., 2005). Наши эксперименты (Бутвина и др, 2019; Butvina et al., 2020) показали принципиальную возможность образования указанных титанатов в результате реакций хромита с водно-карбонатными калиевыми флюидами при 3.5 и 5.0 ГПа и подтвердили широкую область существования различных титанатов в отношении состава флюида. Эксперименты при 2 ГПа и 1000-1200 С показали наименьшую кристаллизационную способность калиевых титанатов, при данном давлении происходит образование титанатов размером менее 10 мкм и только представителей магнетоплюмбитовой группы.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ХРОМСОДЕРЖАЩЕГО ГРАНАТА С ФЛЮИДОМ $H_2O-CO_2-K_2CO_3$ В ПРИСУТСТВИИ
ИЛЬМЕНИТА/РУТИЛА ПРИ P-T ПАРАМЕТРАХ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ**

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

Воробей С.С. (геол. ф-т МГУ), 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 2021–2023 гг

В работе приводятся данные серии экспериментов по изучению реакции разложения высокохромистого пиропового граната при его взаимодействии с калиевым флюидом в присутствии титанистых фаз (ильменита и рутила) при 3.5 и 5 ГПа. Эксперименты проводились с использованием двух типов твердофазных аппаратов высокого давления «наковальня с лункой» (ИЭМ РАН): НЛ-40 (3.5 ГПа, 1200°C) и НЛ-13Т с тороидальным уплотнением ячеек (5 ГПа, 1200°C).

В результате разложения граната происходит образование большого количества хромистой шпинели и флогопита. Предыдущие эксперименты (напр. Butvina et al., 2019) показали, что накопление хромистой шпинели и взаимодействие ее с калийсодержащим флюидом в присутствии ильменита/рутила ведет к образованию экзотических хромсодержащих калиевых титанатов: прайдерита, имэнгита и матиасита). Тем самым воспроизводятся условия и последовательность появления фаз, характерные для калиевого метасоматоза в верхней мантии: Cr-содержащий гранат → хромит, +ильменит/рутил → титанаты).

ИССЛЕДОВАНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ H_2 и Ar (до 400 МПа) НА ВЯЗКОСТЬ АЛЬБИТОВОГО И АНДЕЗИТОВОГО РАСПЛАВОВ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 1200 – 1400 °С

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

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

Работа выполнена в рамках темы № 2 НИР ИЭМ РАН

Экспериментальные данные по влиянию высоких давлений водорода на вязкость магматических расплавов практически отсутствуют. В настоящей работе приведены экспериментально-теоретические результаты по температурной и барической зависимостям вязкости альбитовых и андезитовых расплавов при давлениях водорода и аргона до 400 МПа в температурном диапазоне 1200-1400 °С. Установлено, что в пределах ошибки эксперимента вязкость альбитовых расплавов (без элементов переменной валентности) под давлением водорода в 400 МПа соизмерима с их вязкостью под давлением аргона в полном диапазоне температур опытов. Тогда как вязкость андезитовых расплавов (с элементами переменной валентности, Fe, Ni, Co) под давлением водорода в 400 МПа снижается в значительно большей степени по сравнению с их вязкостью под давлением аргона. Это обусловлено водой, которая образуется в андезитовых расплавах при их взаимодействии с водородом за счет восстановления окислов переменной валентности в андезитовых расплавах. Впервые получены достоверные значения энергий активации вязкого течения альбитовых и андезитовых расплавов при высоких давлениях водорода и аргона.

ВЕСЭМПГ – 025

УСТОЙЧИВОСТЬ ZrF_6^{2-} В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРАХ И ЕГО РОЛЬ В ПЕРЕОТЛОЖЕНИИ ЦИРКОНА В ПОСТМАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

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

mashatarnopolskaya@yandex.ru, тел. 8(495)9391239

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект №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, равном 0.1 моль/кг. Зависимость растворимости бадделеита от pH показывает, что преобладающей формой циркония в растворе является фторидный комплекс ZrF_6^{2-} . Устойчивость данного комплекса в гидротермальных растворах позволяет объяснить перекристаллизацию магматического циркона в постмагматических и гидротермальных процессах в присутствии фторид-иона.

ИК–СПЕКТРОСКОПИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТУРМАНИТА
ИЗ РУДНИКА Н'ЧВАНИНГ 2 (ЮАР)

Вигасина М.Ф. (геол. ф-т МГУ), **Гриценко Ю.Д.** (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), **Мельчакова Л.В.**, **Ксенофонтов Д.А.** (геол. ф-т МГУ), **Дедушенко С.К.** (хим. ф-т МГУ), **Паутов Л.А.** (Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), **Огородова Л.П.** (геол. ф-т МГУ)
vigasina55@mail.ru, тел.: 8 (495) 939 49 64

Стурманит из марганцеворудного поля Калахари (Курумун, рудник Н'Чванинг 2, ЮАР) был исследован методами порошковой рентгенографии, мёссбауэровской спектроскопии, ICP-OES и термического анализа. Химическая формула, рассчитанная по этим данным, имеет вид: $\text{Ca}_{5.94}\text{Fe}^{3+}_{1.08}\text{Mn}^{4+}_{0.98}(\text{SO}_4)_{2.30}(\text{V}(\text{OH})_4)_{1.13}(\text{OH})_{13.31} \cdot 22.02\text{H}_2\text{O}$. В спектре инфракрасного поглощения зарегистрированы: интенсивная широкая полоса поглощения, соответствующая ОН-группам и валентным колебаниям О–Н связей в молекулах воды – 3609sh, 3421 и 3200(sh)см⁻¹; интенсивная полоса при 1677см⁻¹ с плечом ~1626см⁻¹ в области деформационных колебаний H₂O; слабо интенсивное «плечо» при 1228см⁻¹, соответствующее валентным колебаниям комплексов V(OH)₃ и V(OH)₄⁻; интенсивная полоса трижды вырожденных валентных колебаний анионов [SO₄]²⁻; две полосы средней интенсивности 987 и 946см⁻¹, соответствующие валентным и деформационным колебаниям анионов V(OH)₄⁻; узкая слабая полоса 667см⁻¹ либрационных колебаний гидроксильных групп; широкая полоса средней интенсивности 617см⁻¹, относящаяся к деформационным колебаниям SO₄-тетраэдров, и «плечом» при 573см⁻¹, приписываемым валентным колебаниям связей Mn⁴⁺-O; полоса поглощения со средней интенсивностью 468см⁻¹, соответствующая дважды вырожденным деформационным колебаниям SO₄-тетраэдров. Отнесение полос поглощения проведено по данным (Чуканов и др., 2016).

**ИЗОТОПИЯ УГЛЕРОДА ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД
И ГАЗОВ КАМЧАТКИ**

**Воропаев С. А. (ГЕОХИ РАН), Малик Н.А. (ИВиС ДВО РАН),
Севастьянов В.С., Душенко Н.В. (ГЕОХИ РАН)**

Voropaev@geokhi.ru, 8(495) 939 19 05

Работа поддержана грантом РФФИ (проект 19-05-00554)

Проницаемые зоны земной коры в районах активного вулканизма являются удобными объектами для изучения состава мантийных и коровых газов. Эти зоны характеризуются поступлением к земной поверхности огромных количеств магмы и газов, связанных с современными геотектоническими процессами, большим количеством трещин на разных глубинах и высокой сейсмической активностью. Важное значение для понимания природы гидротермальных систем, как правило, рудоносных и содержащих углеводороды, имеют геохимические исследования, позволяющие выявить вклад мантийной компоненты. Для этих целей в пределах юго-восточной и центральной Камчатки начато изучение изотопного состава углерода ($\delta^{13}\text{C}$ VPDB) фумарольных газов и лавы и проведено сравнение с известными данными по изотопному составу благородных газов (He, Ne, Ar). В частности, детально обсуждаются результаты изотопных анализов лавы Толбачика, извержение 2012 г.

ОБРАЗОВАНИЕ Mg-ОРТОКАРБОНАТА ПО РЕАКЦИИ $MgCO_3 + MgO = Mg_2CO_4$
ПРИ P-T ПАРАМЕТРАХ НИЖНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ

Гаврюшкин П. Н., Сагатова Д., Сагатов Н. (ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД)
gavryushkin@igm.nsc.ru, тел.: 8 (913) 4880677

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ #20-30-00774, #20-35-90043

На основе расчётов по предсказанию структур в рамках теории функционала плотности мы показываем стабильность ортокарбонатов щелочноземельных элементов (Mg, Ca, Sr, Ba) с углеродом в тетраэдрической координации и структурами аналогичными структурам силикатов. Стабилизация структур ортокарбонатов относительно механической смеси $MCO_3 + MO$ начинается с давления порядка 5 ГПа для Ba_2CO_4 , увеличивается с уменьшением размера катиона, достигая 55 ГПа для Mg_2CO_4 . Проведённые расчёты свидетельствуют, что температура плавления ортокарбоната-Mg на 16% выше температуры плавления магнезита. По температуре стабильность ортокарбонатных структур простирается вплоть до температур плавления, что подразумевает возможность их образования при P-T параметрах нижней мантии и переходной зоны Земли.

Несмотря на термодинамическую нестабильность при атмосферном давлении некоторые ортокарбонаты, в частности Sr_2CO_4 , динамически устойчивы при атмосферном давлении. Это подтверждается проведёнными экспериментами, в которых синтезированный при высоких давлениях ортокарбонат Sr был успешно декомпрессирован до атмосферного давления. Помимо Sr_2CO_4 также недавно был проведён синтез ортокарбоната Ca_2CO_4 , что свидетельствует о корректности полученных теоретических предсказаний.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ
ВКЛЮЧЕНИЙ БРАЙИТА В АЛМАЗАХ.

**Гирнис А.В. (ИГЕМ РАН), Булатов В.К. (ГЕОХИ РАН), Вудланд А., Брай Г.П.,
Hofer Н. (Университет им. И.-В. Гете, Франкфурт на Майне, Германия)**
girnis@igem.ru, тел.: 8 499 230 84 15

Включения брайита в алмазах обычно интерпретировались как ретроградный переход CaSiO₃-перовскита, захваченного в переходной зоне или нижней мантии. Мы экспериментально продемонстрировали возможность образования брайита в субдуцированном осадочном материале в результате реакции $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{C} + \text{O}_2$ в системе CaO–SiO₂–C–O₂±H₂O при 6–10 ГПа, 900–1500°C и фугитивности кислорода на 0.5–1.0 логарифмических единиц ниже буфера Fe–FeO (IW). Основываясь на результатах экспериментов, можно заключить, что включения брайита в природных алмазах могли образоваться в верхней мантии из ассоциации арагонит-коэсит или карбонатного расплава при 6-8 ГПа в результате его восстановления при высокой активности воды.

ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ Fe–S–C.

Горбачев Н.С., Костюк А.В., Горбачев П.Н., Некрасов А.Н., Султанов Д.М. (ИЭМ РАН)
gor@iem.ac.ru, nastya@iem.ac.ru

Изучены фазовые соотношения и распределение сидерофильных элементов (СЭ) в системе Fe–S–C с избытком углерода при $P = 4.0$ ГПа, $T = 1500^\circ\text{C}$. Силикатный расплав содержит включения Fe-метал-сульфидного расплава с признаками несмесимости между Fe-C (Fm) и Fe-S (Fs) расплавами. Наблюдалось фракционирование сидерофильных элементов при распределении между Fm и Fs. Сродство к Fm возрастает в последовательности: Fe–Ni–Pt–Os–Re. Фракционирование Pt–Os–Re между Fm и Fs может изменять $^{190}\text{Pt} \rightarrow ^{186}\text{Os}$ и $^{187}\text{Re} \rightarrow ^{187}\text{Os}$ изотопные системы.

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
As-СОДЕРЖАЩЕГО ФОСФОСИДЕРИТА

Гриценко Ю.Д. (*геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН*),
Вигасина М.Ф. (*геол. ф-т МГУ*), **Дедушенко С.К.** (*хим. ф-т МГУ*),
Мельчакова Л.В., Ксенофонтов Д.А., Огородова Л.П. (*геол. ф-т МГУ*)
ygritsenko@rambler.ru, тел.: 8 (495) 939 49 64

Фосфосидерит, водный фосфат железа $\text{Fe}^{3+}\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, является моноклинной полиморфной модификацией орторомбического штрэнгита, изоструктурного скородиту $\text{Fe}^{3+}\text{AsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Для фосфосидерита характерны изоморфные катионные $\text{Al} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ и анионные $[\text{AsO}_4]^{3-} \rightarrow [\text{PO}_4]^{3-}$ замещения. Исследования выполнены на образце фосфосидерита из района Копьяпо (Атакама, Чили), содержащего до 9.1 мас.% As_2O_5 и до 3.5 мас.% Al_2O_3 . Химический анализ проведен на электронном микросонде JSM-6480LV (Jeol Ltd., Japan), содержание воды получено по данным термогравиметрии. Характерной особенностью ИК и КР спектров исследованного фосфосидерита по сравнению со спектрами безарсенатного фосфосидерита является наличие полос, указывающих на присутствие аниона $[\text{AsO}_4]^{3-}$ в составе исследованного минерала: 893 см^{-1} (плечо) и 840 см^{-1} – в спектре ИК-поглощения, 899 см^{-1} и 845 см^{-1} (слабая) – в спектре КР; присутствие H_2O подтверждается обоими методами. Мёссбауэровский спектр типичен для высокоспинового Fe^{3+} в октаэдрической координации. Рентгендифракционный анализ подтвердил принадлежность образца к As-содержащему фосфосидериту: все линии незначительно сдвинуты в область больших углов 2θ по сравнению с безарсенатным фосфосидеритом из-за больших размеров элементарной ячейки.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ОСНОВНОГО
ФОСФАТА НАТРИЯ И АЛЮМИНИЯ – БРАЗИЛИАНИТА $\text{NaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$

Гриценко Ю.Д. (*геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН*), **Вигасина М.Ф.**,
Мельчакова Л.В., **Ксенофонтов Д.А.**, **Огородова Л.П.** (*геол. ф-т МГУ*)
ygritsenko@rambler.ru, тел.: 8 (495) 939 49 64

Изучен образец бразилиanita (Минас-Жерайс, Бразилия), представленный прозрачными уплощенно-призматическими кристаллами желтовато-зеленого цвета. Рентгенографическое исследование (дифрактометр «СТОЕ-STADI MP», Германия) установило мономинеральность образца и его соответствие бразилианиту согласно базе данных ICDD (The International Centre for Diffraction Data, 2013). Термический анализ, выполненный на дериватографе «Q-1500 D» (Венгрия), выявил в интервале 600–850°C на термогравиметрической кривой (ТГ) потерю массы (10.3 %) и на кривой ДТА эндотермический эффект с максимумом около 680°C, соответствующие процессу дегидроксилизации минерала. Химический состав изученного минерала по данным микрозондового анализа (JSM-6480LV, Jeol Ltd., Japan): Na_2O 7.84, BaO 0.01, Al_2O_3 43.49, P_2O_5 39.07 (мас. %). Рассчитанная на 4 катиона химическая формула имеет вид: $\text{Na}_{0.9}\text{Al}_{3.1}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_{4.2}$. Полученный спектр инфракрасного поглощения (Фурье-спектрометре «ФСМ-1201», Россия) согласуется со справочными данными (Chukanov, 2014), спектр комбинационного рассеяния (рамановский микроскоп «EnSpector R532», Россия) аналогичен спектру из справочного издания (Chukanov, Vigasina, 2020). В спектрах зарегистрирована серия интенсивных линий, соответствующих валентным колебаниям ОН-групп, находящихся в разных кристаллографических позициях.

Ti-СОДЕРЖАЩИЕ ГРАНАТЫ: РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ, ТЕРМИЧЕСКОЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Гриценко Ю.Д. (*геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е.Ферсмана РАН*), **Вигасина М.Ф.**,
Мельчакова Л.В. (*геол. ф-т МГУ*), **Русаков В.С.** (*физ. ф-т МГУ*),
Ксенофонтов Д.А., **Огородова Л.П.** (*геол. ф-т МГУ*)
ygritsenko@rambler.ru, тел.: 8 (495) 939 49 64

Проведено изучение четырех гранатов, содержащих 4.05, 9.23, 10.3 и 15.01 мас.% TiO₂ (Одихинча, Маймечка-Котуйская щелочная провинция, Красноярский край), методами электронно-микронного анализа, порошковой рентгенографии, термического анализа, ИК, рамановской и мёссбауэровской спектроскопий. По химическому составу и рентгендифракционным спектрам изученные минералы относятся к промежуточным членам серии андрадит – шорломит – моримотоит. Определены параметры a и объемы элементарных ячеек V . По данным термического анализа потеря массы исследованными образцами в интервале 200-600°C в соответствии с результатами (Rivas-Mercury et al., 2008; Dilnesa et al., 2014) относится к процессу их дегидроксилизации, а сами исследованные минералы следует отнести к ОН-содержащим гранатам (Grew et al., 2013). На ИК-спектре образца с наибольшим содержанием титана обнаружены в области 3400-3600 см⁻¹ полосы поглощения, подтверждающие принадлежность его к гидрогранатам. Исследование методом мёссбауэровской спектроскопии позволило определить содержание двухвалентного и трехвалентного железа в додекаэдрической (X), октаэдрической (Y) и тетраэдрической (Z) позициях в структуре исследованных образцов гранатов.

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ МАРСА ПО
КЛИМАТИЧЕСКИМ БАЗАМ ДАННЫХ MCD И MAOAM ДЛЯ АНАЛИЗА
УСЛОВИЙ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНИ ЗЕМНОГО ТИПА**

Гришакина Е.А., Миронов Д.Д. (ГЕОХИ РАН)

orskaty@mail.ru, тел.: 8 (967) 223 17 53

Считается, что при современных марсианских условиях поддержание жизни земного типа не является возможным. Во многом это определяется тем, что некоторые параметры, необходимые для поддержания жизни земного типа, такие как уровень озона, содержание водяного пара и температурные режимы очень сильно отличаются от пригодных для жизни условий и являются экстремальными для живых организмов. С целью выявления особенностей верхней атмосферы Марса были изучены такие базы данных, как MCD (Mars Climate Database v 5.3) и MAOAM (Martian Atmosphere Observation and Modeling v 1.110). Проанализированы климатические модели атмосферы и выявлены отличительные особенности. Особое внимание было уделено термосфере Марса (100-150 км), а также рассмотрена вертикальная структура атмосферы. Понимание температурного режима на верхних высотах дает представление о динамике газового состава атмосферы. Предполагается использование полученных сведений для астроэкологических и астробиологических исследований.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИГРАЦИОННОЙ ПОДВИЖНОСТИ
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

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

SHES99@mail.ru, тел.8- 495-9391273

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант №19-05-00519

Обсуждаются результаты эксперимента по исследованию относительной миграционной подвижности микроэлементов в донных осадках и илистой фракции донных осадков Иваньковского водохранилища в условиях поступления контаминированных поверхностных вод. Исследование сорбционных свойств донных осадков Иваньковского водохранилища, которое является источником питьевого водоснабжения г.Москвы, имеет большое экологическое и практическое значение и весьма актуально для прогнозирования возможности вторичного загрязнения поверхностных вод. Для изучения миграционных способностей элементов в лабораторных условиях была поставлена серия динамических экспериментов, когда донные осадки в ненарушенном сложении и илистая фракция, выделенная из донных отложений, рассматривались как хроматографические адсорбционно-осадительные колонки, через которые фильтровали сопряженные поверхностные воды, как природного состава, так и контаминированные микроэлементами. Были построены адсорбционно-десорбционные кривые и получены ряды подвижности большого числа микроэлементов для донных осадков и илистой фракции донных осадков.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПОВЕДЕНИЯ
ПАРГАСИТА ПРИ ДАВЛЕНИИ $P_{H_2O} = 2$ Кб

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

Было проведено несколько серий опытов с синтетическим безжелезистым паргаситом $NaCa_2Mg_4Al_3Si_6O_{22}(OH)_2$ в интервале $T = 1000 - 1100^{\circ}C$ и $P_{H_2O} = 2$ Кбар. Опыты проводились на УВГД с быстрой закалкой $T_g \sim 5$ сек. В целом подтверждена диаграмма Boyd (1959) и Holloway (1973).

Нами впервые для паргасита обнаружены равновесные с амфиболом расплавы в области, отвечающей по Holloway (1973), собственной стабильности и разложению паргасита. Найденные расплавы занимают менее 5-10 об.%, их состав меняется от “трахиантезибазальтового” до “щелочнобазальтового”.

Также впервые было обнаружено резкое изменение в кинетике поведения паргасита в интервале $T = 1087 - 1100^{\circ}C$. Амфибол стабилен в расплаве в интервале $1025 < T < 1100^{\circ}C$ более 11 часов, а при $T = 1100^{\circ}C$ менее 5 мин, что свидетельствует о смене механизма реакции. Выше $T = 1100^{\circ}C$ исчезновение амфибола отвечает переходу от твердофазного разложения к разложению при участии расплава Ne-An-Di состава. В интервале температур выше $1025^{\circ}C$ в качестве альтернативного механизма возможно разложение при взаимодействии амфибола с кремнеземом расплава.

ВЕСЭМПГ – 037

ОБ УСЛОВИЯХ СОХРАНЕНИЯ ВЕЩЕСТВА УДАРНИКА В ЛУННОМ РЕГОЛИТЕ

Демидова С.И. (ГЕОХИ РАН)

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

Лунный реголит значительно переработан в ходе метеоритной бомбардировки, результатом которой явилось смешение, плавление и испарение как вещества мишени, так и ударника. Однако некоторые фрагменты метеоритов могут сохраняться в реголите. Детальное исследование таких метеоритов, один из которых был недавно обнаружен в образцах Луны-16, позволяет предположить некоторые параметры ударных событий, необходимые для полного или частичного сохранения таких объектов в реголите.

ЗНАЧЕНИЕ D/H В МОЛЕКУЛЕ ВОДЫ В ОБЪЕКТАХ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ КАК ИНДИКАТОР ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОКОЛОСОЛНЕЧНОЙ НЕБУЛЕ

Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН), Генералова Е.А. (ГБНОУ СПбГДТУ)

Dorofeeva@geokhi.ru, тел.: 8 903 181-71-29

Значение изотопного отношения дейтерия к водороду в молекуле воды (D/H_{H_2O}) давно используется в космохимии как индикатор динамических процессов в околосолнечном протопланетном диске. Так, с его помощью было доказано, что именно радиальный транспорт вещества из дальних холодных регионов во внутреннюю зону был основным механизмом, обеспечившим доставку воды на планеты земной группы. За последние годы была получена новая экспериментальная информация относительно диапазона изменений значений D/H_{H_2O} в телах Солнечной системы: от 1.56×10^{-4} на Земле (VSMOW) до $13 \pm 3 \times 10^{-4}$ на поверхности Фебы – тела, сформированного во внешней части транснептунового региона. В этом интервале находятся значения D/H_{H_2O} регулярных спутников Сатурна и ядер комет различных динамических типов. В работе обосновывается тезис, что такой разброс значений D/H_{H_2O} мог быть обусловлен существованием в околосолнечном диске на ранних этапах его эволюции помимо основного аккреционного потока газопылевого вещества, потока, двигавшегося в противоположном направлении – от Солнца через диск наружу в его внешние регионы.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМ МЕДИ В
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ПРИ ВОЗРАСТАНИИ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

**Дроздова О.Ю. (геол. ф-т МГУ), Демин В.В., Карпухин М.М. (почв. ф-т МГУ),
Лапицкий С.А. (геол. ф-т МГУ)**

drozdova@geol.msu.ru, тел.: 8(495) 939 29 61

Исследование выполнено при поддержке РНФ: проект № 19-77-00017

Исследования форм металлов в поверхностных водах важны не только с точки зрения их экологического значения, но и для оценки путей их миграции в водных экосистемах. В работе рассмотрено изменение распределения соединений меди по размерным фракциям в трех не загрязненных водных объектах. Для определения возможных изменений форм металла при возрастании техногенной нагрузки проведены лабораторные эксперименты по введению дополнительных количеств металлов в образцы исследуемых поверхностных вод (имитация загрязнения).

Получено, что стабильность коллоидных соединений Cu при высоком её содержании в системе зависит от концентрации природного органического вещества. При этом содержание автохтонных низкомолекулярных органических соединений имеет второстепенное значение. Низкое содержание органических соединений, а особенно гуминовых веществ, в водах может способствовать быстрой коагуляции минеральных коллоидов, и соответственно, высокой скорости их седиментации и выведению Cu в донные отложения.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ CO₂ В ПЕРВИЧНОЙ АТМОСФЕРЕ, ЛЕДЯНОЙ КОРЕ И ВНУТРЕННЕМ ОКЕАНЕ ТИТАНА

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

Диоксид углерода CO₂ является наиболее распространенным (после H₂O) компонентом кометных и планетезимальных льдов, участвующих в формировании ледяных спутников планет гигантов, в том числе Титана. Соединения CO₂ поступают в спутник в виде чистых CO₂-льдов, как основной конденсированной фазы углерода при температурах и давлениях сатурнианского газопылевого диска. Медленная низкотемпературная аккреция Титана в целом способствует сохранению исходного состава льдов в его недрах (в каменно-ледяной мантии). Однако на поздних стадиях аккреции при большой массе каменно-ледяных импакторов и высоких температурах импактных событий происходит плавление льдов и формирование на поверхности спутника внешнего океана с растворенными формами летучих газов. Состав и дальнейшая эволюция такого океана лежат в основе строения и состава современной водно-ледяной оболочки Титана.

В работе рассмотрены основные процессы постааккреционного перераспределения CO₂ в Титане: дегазация поверхностного океана, образование клатратов CO₂ при эвтектическом замерзании ледяной коры спутника. Рассчитаны основные характеристики клатратной CO₂-коры, произведена оценка приливных чисел Лява Титана и их сопоставление с экспериментальными данными, полученными аппаратом «Кассини».

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОГО
МАГНИЕВОГО ПРЕДСТАВИТЕЛЯ СЕМЕЙСТВА ВОДНЫХ ПИРОФОСФАТОВ

**Евдокимов А.И., Гурбанова О.А. (геол. ф-т МГУ), Антипин А.М. (ФНИЦ
«Кристаллография и фотоника»), Волков А.С., Димитрова О.В. (геол. ф-т МГУ)**
bonik17@gmail.com, тел.: 8-985-174-7662

Исследование кристаллизации фосфатов в условиях, соответствующих постмагматической гидротермальной стадии, представляет большой интерес, так как формирует представление о процессах минералогенеза и кристаллохимических особенностях соединений фосфора. Помимо фундаментального интереса, есть и практический: орто- и пирофосфаты могут обладать перспективными функциональными свойствами. Методом гидротермального синтеза при температуре 280°C и давлении 70 атм получено новое соединение $(\text{NH}_4)_2[(\text{Mg})_3(\text{P}_2\text{O}_7)_2(\text{H}_2\text{O})_2]$, относящееся к семейству водных пирофосфатов с общей формулой $A_2M_3(\text{H}_2\text{O})_2[\text{P}_2\text{O}_7]_2$, где $A = \text{K}, \text{NH}_4, \text{Rb}$ и Na , и $M = \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$. Данная фаза исследована методом рентгеноструктурного анализа по данным двух съёмов: при пониженной (90К, азотное охлаждение) и комнатной температурах. Структурная модель в обоих экспериментах получилась идентичной, что свидетельствует о высокой достоверности полученных данных. Проведён сравнительный кристаллохимический анализ с минералами-пирофосфатами и ортофосфатами, а также с другими синтетическими членами данного структурного семейства.

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СТАРЫХ И НОВЫХ ХВОСТОВ ИЗ ХВОСТОХРАНИЛИЩА 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)
svera@mail.ru, тел.: 8(916)3442595

Для изучения эффективности извлечения Th, U и REE в настоящей работе проведены эксперименты по их выщелачиванию из старых и новых хвостов хвостохранилища 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. Извлечение REE, Th и U из старых и новых хвостов происходит достаточно эффективно. REE эффективнее всего извлекаются раствором HCl (47,6-99,8% для старых хвостов и 33,8-92,5% для новых хвостов), смесью раствора HCl с оксалатом аммония (63,4-99,1% для старых хвостов и 36,9-99,9% для новых хвостов), а также смесью раствора HCl с трилоном Б (59,2-85,7% для старых хвостов и 32,2-94,2% для новых хвостов). Выщелачивание смесью раствора HCl с дифторидом аммония не столь эффективно (14,4-40,2 % для старых хвостов и 12,2-33,9 % для новых хвостов). Th также более эффективно извлекается раствором HCl, а также смесями раствора HCl с оксалатом аммония и трилоном Б (36,3-49,4% для старых хвостов и 29,3-37,8% для новых хвостов), чем смесью раствора HCl с дифторидом аммония (9,1% для старых хвостов и 12,7 для новых хвостов). U одинаково эффективно извлекается всеми растворами (60,6-81,4 % для старых хвостов и 49,2-63,1% для новых хвостов). Более эффективную степень извлечения этих элементов почти всеми перечисленными растворами демонстрирует эвдиалитовый концентрат рудника Карнасурт (Ермолаева и др., 2019).

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 - \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 сейсмодектонические процессы. Близкие по характеру процессы могут иметь место и при других, менее исследованных, фазовых превращениях.

ВЕСЭМПГ – 044

РЕДОКС СОСТОЯНИЕ МИНЕРАЛОВ ШПИНЕЛЕВЫХ ЛЕРЦОЛИТОВ – МАНТИЙНЫХ КСЕНОЛИТОВ ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОВ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ

Жаркова Е.В., Луканин О.А. (ГЕОХИ РАН)

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

Работа выполнена по государственному заданию ГЕОХИ РАН № 0137-2019-0017

Обобщены данные электрохимических определений собственной летучести кислорода (fO_2) минералов (оливинов, пироксенов и шпинелей) из шпинелевых лерцолитов - ксенолитов в щелочных базальтбазальтоидов Монголии, Байкальской рифтовой зоны и Среднего Тянь-Шаня. Для всех изученных образцов значения fO_2 , измеренные в температурном интервале 800 - 1100°C, располагаются между буферными равновесиями WM-IW, варьируя в пределах 1.5-2.5 log ед. fO_2 в зависимости от температуры, вида минерала, района взятия образца. Разница fO_2 при постоянной близкой к солидусу температуре 1050°C между различными образцами составляет 2 log ед. Наиболее высокие значения fO_2 определены для минералов шпинелевых лерцолитов Байкальской рифтовой зоны, а самые низкие для минералов Тянь-Шаня. Предполагая, что система закрыта в отношении кислорода при подъеме магм из глубины, полученные данные характеризуют возможные вариации редокс условий в пределах шпинелевой фации ультраосновных пород в верхней мантии.

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.

НАРОСТАНИЕ КУБИЧЕСКОГО АЛМАЗА НА ФРАГМЕНТАХ ИМПАКТНЫХ АЛМАЗОВ ПОПИГАЙСКОЙ АСТРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ Fe-Ni-C

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

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

Работа выполнена при финансовой поддержке: грант Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2020-781

Попигайская астроблема содержит огромные запасы алмазов с необычными свойствами. Импактные алмазы Попигая представлены двумя находящимися во взаимном срастании фазами: кубический алмаз и лонсдейлит. Возникает вопрос: может ли кубический алмаз кристаллизоваться на лонсдейлит содержащих фрагментах импактных алмазов.

Эксперименты проведены на аппарате высокого давления типа «БАРС» при 5.5 ГПа и 1450°C в системе Fe-Ni-C (никеля 36 мас.%). В качестве затравочных кристаллов использовали импактные попигайские алмазы. Для исследования новообразованных фаз использовали КР-спектроскопию, оптическую и сканирующую электронную микроскопию.

В результате проведенных экспериментов было установлено нарастание кубического алмаза на фрагментах кристаллов импактных алмазов. Новообразованный кубический алмаз по основным своим свойствам (КР-спектры, морфология, окраска и др.) соответствует синтетическим алмазам, выращенным в железо-никелевой системе. Отличительной особенностью кристаллов алмаза, выращенных на фрагментах попигайских алмазов, является многоглавый рост и двойникование. Вероятно, это связано с блочным строением импактных алмазов. Нарастание лонсдейлита на затравки при параметрах экспериментов не зафиксировано.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ХАЛЬКОПИРИТ-БОРНИТОВОЙ И ХАЛЬКОПИРИТ-ПИРРОТИНОВОЙ АССОЦИАЦИЙ ФОСКОРИТ-КАРБОНАТИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Зайцев В.А., Сорохтина Н.В., Кононкова Н.Н. (ГЕОХИ РАН),

Viladkar S., Ghatak A. (IISER Bhopal)

alkaline@geokhi.ru, тел.: (495) 939-70-63

Исследования выполнены в рамках гранта 19-55-45010 ИНД-а

Отмечавшиеся во многих карбонатитовых массивах проявления сульфидов в последнее время вызывают повышенный интерес, поскольку рассматриваются как возможный источник благородных металлов (БМ). Анализ собственных и литературных данных (Сорохтина и др., 2021) показал, что выделяется борнит-халькопиритовая ассоциация с БМ, известная в массивах Ковдор и Палабора и халькопирит-пирротиновая и халькопирит-пиритовая ассоциация с минералами серебра, развитая гораздо шире Ковдор, Себлявр, Вуориярви, Гули, Маган, Ыррас, Newania и другие.

Формирование борнит-халькопиритовой ассоциации в Ковдорском массиве началось при температуре не менее 400°C (распад борнитового твердого раствора), а температура формирования халькопирит-пирротиновой ассоциации 250-300°C (по распределению Со между халькопиритом и пирротиним и содержанию Си в пирротине).

В Ковдорском массиве в обеих ассоциациях наблюдается смена формы нахождения БМ от самородной к сульфидной, что говорит об эволюции фугитивности серы не вдоль линий буферов, определяемых равновесиями сульфидов железа и меди, а «вкрест» этих линий. Такая эволюция требует увеличения количества сульфидной серы в системе, вероятнее всего, за счёт восстановления первичных сульфатов.

ТЕРМООКСИТЕЛЬНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ (ОКСИТЕРМОГРАФИЯ) – НОВЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА И ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ.

Зубов Б.К. (ГЕОХИ РАН)

zubor127@yandex.ru

Определение всех индивидуальных соединений в природных объектах (вода, грунт) практически невозможно. Для характеристики сложных природных объектов используют интегральные (суммарные) показатели. Так качество поверхностных и сточных вод на содержание в них органических веществ характеризуют показателями ХПК, ООУ. Это один из самых массовых анализов в мире. Предлагаемый метод позволяет одновременно определять ХПК, ООУ в сложных природных объектах. Метод и созданная аппаратура были использованы: для определения фракционного состава органических веществ в природных водах, определения и изучения процессов трансформации пленок нефтепродуктов на поверхности воды, для изучения влияния автотранспорта на загрязнение органическими веществами окружающей среды. Исследовались возможности метода для изучения окислительной термодеструкции сложных органических соединений.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АБИОГЕННОГО СИНТЕЗА
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В
УСЛОВИЯХ РАННЕЙ ЗЕМЛИ**

**Иванов А.А., Севастьянов В.С., Шныкин Б.А., Кривенко А.П.,
Долгоносов А.А. (ГЕОХИ РАН), Лауринавичус К.С. (ИБФМ РАН)**
aiva@geokhi.ru, тел. 8 967 250 6171

Экспериментальное моделирование процессов абиогенного синтеза органических соединений, с причастностью разного рода природных энергетических источников (электрических, термических, ударных, УФ и другого космического излучения), убедительно объясняет историю появления на ранней Земле низкомолекулярной компоненты этих соединений, как основы для дальнейшего развития предбиологических событий. Вместе с тем получение в таких экспериментах высокомолекулярных органических фракций, при том же энергетическом участии, остаётся проблематичным. В связи с чем, остаётся актуальным вопрос поиска альтернативных источников энергии, соответствующих условиям природы ранней Земли и способных при синтезе сдвинуть диапазон масс органических соединений в высокомолекулярную область. В наших модельных экспериментах получен широкий спектр таких соединений при ультразвуковом воздействии на водный раствор аминокислот. В природе ультразвуковые колебания обнаруживаются при движении мириад песчинок под влиянием отката морских волн. В данной работе будут представлены результаты экспериментов с глицином – простейшей аминокислоты, обнаруживаемой в большинстве типов космического вещества, регулярно выпадающего на Землю последние 4 миллиарда лет.

МИГРАЦИЯ ПЛАНЕТЕЗИМАЛЕЙ ОТ ВНЕШНИХ ПЛАНЕТ К ВНУТРЕННИМ ПЛАНЕТАМ В СИСТЕМЕ ПРОКСИМА ЦЕНТАВРА И В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Ипатов С.И. (ГЕОХИ РАН)

siipatov@hotmail.com

Грант № 075-15-2020-780 (N13.1902.21.0039) Министерства высшего образования и науки, госзадание ГЕОХИ РАН № 0137-2021-0004.

Проведены расчеты миграции планетезималей в системе Проксима Центавра от внешней планеты c , расположенной за линией льдов, к небольшим внутренним планетам b и d , которые могут находиться в зоне обитаемости. Хотя только одна из сотен планетезималей достигала орбит внутренних планет, вероятность ее столкновения с этими планетами могла достигать 1. Такая вероятность столкновения, усредненная по всем рассматриваемым планетезималам, составила $\sim 10^{-4}$ - 10^{-3} . При усреднении по всем рассматриваемым планетезималам, которые мигрировали из окрестностей орбиты Проксима Центавра c , вероятность столкновения планетезимали с экзопланетами b или d больше вероятности столкновения с Землей планетезимали, мигрировавшей из зоны питания планет-гигантов Солнечной системы. Последняя вероятность в расчете на одну планетезималь обычно меньше 10^{-5} . На экзопланеты Проксима Центавра b и d могло быть доставлено много ледяного материала и летучих веществ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОСТШПИНЕЛЕВЫХ ФАЗ В СИСТЕМАХ Ca-Al-O И 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), **Кузьмин А.В.** (ИФТТ РАН), **Чаритон С.** (Центр передовых источников излучения, Университет Чикаго), **Федотенко Т.** (Институт физики материалов при экстремальных условиях, г. Байройт), **Дубровинский Л.С.** (Баварский Геоинститут, г. Байройт)
iskrina@iem.ac.ru, тел.: 89163395175

Поддержка: РФФИ (грант № 20-35-90095\20), работа выполнена в рамках научного плана Лаборатории глубинных геосфер МГУ им. М.В. Ломоносова и в рамках Научно-исследовательской программы ИЭМ РАН (АААА-А18-118020590140-7)

Фазы со структурами кальциоферрита, кальцититаната и марокита рассматриваются в качестве постшпинелевых и могут концентрировать различные элементы (например, Al, Fe, Mg, Na, Cr и др.) в условиях переходной зоны и нижней мантии Земли. В системе Ca-Al-O изучена сжимаемость фазы $\text{Ca}(\text{Fe},\text{Al})_2\text{O}_4$ до 61 ГПа, получено уравнение состояния. Фазовый переход не обнаружен, зарегистрирован спиновый переход. С помощью квантово-химических расчетов проанализирована устойчивость различных спиновых состояний атома железа (III) в искаженных октаэдрах "FeO₆" при низком и высоком давлении, подтверждено изменение спинового состояния Fe (III) в исследуемом диапазоне давлений. В системе Mg-Al-Cr-O изучены фазы $\text{Mg}(\text{Al},\text{Cr})_2\text{O}_5$ и $\text{Mg}(\text{Cr},\text{Al})_2\text{O}_4$. С помощью монокристаллической рентгеновской дифракции определены структуры фаз. Фаза $\text{Mg}(\text{Al},\text{Cr})_2\text{O}_4$ изучалась *in situ* до 30 ГПа, получены КР-спектры. При 14-16 ГПа установлено изменение рамановского спектра, а также цвета образца с зеленого на красный, фазовый переход не обнаружен. Полученные данные подтверждают возможность существования исследуемых фаз при высоких давлениях и предполагают их активную роль в качестве фаз-концентраторов элементов на больших глубинах.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РАСТВОРЕНИЯ ПРИРОДНОГО МЕЛА

Карасева О.Н. (ИЭМ РАН), Алехин Ю.В. (геол. ф-т МГУ), Лакштанов Л.З., (ИЭМ РАН)
olga@iem.ac.ru, тел. +7(496) 5225854

Продолжены исследования влияния биополимеров на процессы растворения-осаждения кальцита. Проведено изучение кинетики растворения природного мела и кальцита с адсорбированным альгином при давлении углекислого газа 1 атм и температуре 25⁰ С. В работе был использован порошок кальцита (CaCO₃, Sigma) и образцы мела маастрихтского возраста, отобранные из водонасыщенных и газонасыщенных отложений Северного моря, а также из Ольборгского карьера, Дания.

Опыты были проведены в термостатируемой ячейке с герметичной крышкой, имеющей отверстия для подачи углекислого газа, комбинированного электрода и мешалки с электрическим приводом. После установление равновесного рН (4.6 – 4.8) в ячейку добавляли навеску порошка кальцита или образца мела. С помощью мониторинга рН и Ca²⁺ было замечено, что карбонаты наиболее активно растворяются в течение первого часа, затем растворение замедляется, рН стабилизируется на значениях 5.98 – 6.0. Концентрация Ca²⁺ при растворении чистого кальцита при pCO₂ = 1 атм стабилизируется на значении ~ 332 мг/л (8.3 ммоль) примерно через 7 часов. При растворении природного мела и кальцита с адсорбированным альгином период образования насыщенного по кальциту раствора увеличивается в 3 – 4 раза по сравнению с растворением чистого карбоната кальция.

Показано, что произведение растворимости карбонатов имеет четкую корреляцию с поверхностной концентрацией С-О связей, то есть, с поверхностной концентрацией полисахаридов, которые являются основным ингибитором перекристаллизации известняков морского происхождения.

СИНТЕЗ ЦИРКОНИЙ- И НИОБИЙСОДЕРЖАЩИХ ГРАНАТОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЩЕЛОЧНОСТИ. 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), Чайчук К.Д. (ИЭМ РАН)
tatiana76@iem.ac.ru, тел.: 8 (49652) 21666

Известно, что в условиях повышенной щелочности цирконий и ниобий могут входить в анионную группу, образуя цирконаты и ниобаты.

Опыты проводились в платиновых ампулах на установках высокого газового давления при давлении 2.2 кбар и градиентом температуры в реакторе 650°C в верхней части и 600°C в нижней части. В качестве стартовых материалов использовалась стехиометричная смесь реактивов, а в качестве флюида - раствор NaOH с w(NaOH) 46%; соотношение навеска: флюид составляло 15:1 по массе. Длительность опытов составляла 10 суток.

При последующем исследовании на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega II XMU (Tescan, Чехия), оснащенного системой рентгеноспектрального микроанализа INCA Energy 450 с энергодисперсионным (INCA Xsight) в продуктах опытов диагностированы изометричные кристаллы двух типов цирконий- и ниобийсодержащих гранатов: с содержанием Nb₂O₅ до 10 вес.% и до 25 вес.% и ZrO₂ – 12 и 18 вес.%, в которых Zr и Nb входят как в октаэдрическую, так и в тетраэдрическую позицию.

СИНТЕЗ ЭВДИАЛИТОПОДОБНЫХ ФАЗ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

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

Эвдиалит является кольцевым цирконосиликатом натрия, кальция. Идеальная формула – $\text{Na}_{15}\text{Ca}_6\text{Fe}^{2+}_3\text{Zr}_3(\text{Si}_{26}\text{O}_{73})(\text{O},\text{OH},\text{H}_2\text{O})_3(\text{Cl},\text{OH})_2$, также в составе содержатся примеси Nb, Ta, REE, S, Y и др. Он встречается только среди магматических щелочных пород (нефелиновых сиенитов) и в пегматитовых обособлениях в парагенезисе с нефелином, полевыми шпатами и т.д. В настоящее время условия образования эвдиалита до конца не изучены, и актуальны для изучения в экспериментальной минералогии. Исследуемые образцы были синтезированы из стехиометрически упрощенных гелей эвдиалитового состава с использованием следующих реактивов: Na_2CO_3 , CaO, Fe_2O_3 , $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, аморфный SiO_2 . В качестве флюида были использованы одномолярные растворы NaCl и NaF, соотношение навеска/флюид – 10/1 по массе. Опыты по синтезу проводились в платиновых ампулах диаметром 4мм на газовых установках высокого давления при температуре 600°C и давлении 2 кбар в течение 10 суток. В продуктах опытов по синтезу эвдиалита при помощи сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega II XMU (Tescan, Чехия), оснащенного системой рентгеноспектрального микроанализа INCA Energy 450 с энергодисперсионным (INCA Xsight) были обнаружены ассоциации щелочных пегматитов - эгирин + эвдиалит + эльпидит, соответствующие пегматитам Ловозерского и Хибинского массивов.

СОСТАВ ОЛИВИНА В ПРОЦЕССЕ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫХ
ЛАРНИТ-НОРМАТИВНЫХ РАСПЛАВОВ, БЛИЗКИХ ПО СОСТАВУ К КИМБЕРЛИТАМ

Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН)

Данные опытов, проведенных в сухих условиях, позволили построить диаграмму фазовых равновесий мелилитового нефелинита в координатах температура-давление. Эксперименты показали, что мелилитовый нефелинит характеризуется весьма широкими полями кристаллизации мелилита, клинопироксена и оливина, который является ликвидусной фазой вплоть до 30 кбар, что значительно превышает по давлению поле стабильности оливина в толеитовых и щелочных базальтах той же магнезиальности. Очень интересной особенностью состава кристаллизующихся оливинов являются высокие концентрации в них кальция вплоть до 3.5%. В природе высококальциевые оливины встречаются очень редко, по-видимому, в связи с распадом твердых растворов и выделением монтичеллита при более низких температурах. С ростом температуры при прочих равных условиях увеличивается магнезиальность оливинов и растворимость кальция, давление оказывает противоположный эффект. В условиях высокой активности кальция в расплаве существенно меняется величина коэффициента сокристаллизации магния и железа $OI-L$ в равновесиях расплав-оливин.

Согласно данным П. Роддера и Р. Эмсли, $Kd_{Mg/Fe}$ для большинства магматических систем практически не изменяется от температуры, давления и приближается к величине 0.3. Для исследованных высококальциевых расплавов коэффициент сокристаллизации $D^{Mg/Fe}_{OI-L}$ снижается до 0.20-0.23.

ВЕСЭМПГ – 056

**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.

ВЕСЭМПГ – 057

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЫ Ag-Au-S

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

yakoff@iem.ac.ru тел.: 8 (496) 522 48 51

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-05-00482

На основании литературных и собственных данных по термодинамике фаз в системе Ag-Au-S с помощью программы, разработанной в лаборатории химической термодинамики химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, TernAPI, смоделированы изотермические сечения тройной фазовой диаграммы Ag-Au-S при температурах 323 К, 373 К и 423 К. Показана зависимость состава сплава Ag-Au (по атомному содержанию Ag в сплаве) от температуры. Результаты моделирования подтверждены данными микронзондового анализа состава образцов, исследованных методом ЭДС.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ GE/SI НА ПОРИСТОСТЬ
СТЕКЛОЛ СИСТЕМЫ $\text{Na}_2\text{O—B}_2\text{O}_3\text{—GeO}_2\text{—SiO}_2$

Коробатова Н.М., Королева О.Н. (Институт минералогии УрО РАН)
n.korobatova@yandex.ru

Пористые стекла представляют собой класс твердых наноструктурированных кремнеземных систем, каркас которых почти полностью (до 96 %) состоит из SiO_2 , что обуславливает их физические и химические свойства. Пространственная структура характеризуется наличием сквозных разветвленных пор с узким распределением по размерам. Для исследования влияния внедрения атомов германия в структуру боросиликатных систем, стекла системы $\text{Na}_2\text{O—B}_2\text{O}_3\text{—GeO}_2\text{—SiO}_2$ изучались методами спектроскопии комбинационного рассеяния, электронно-микроскопического анализа и методом азотной порометрии. По полученным результатам измерений удельной поверхности, пористости, объема пор и распределения пор по размерам было определено влияние соотношения Ge/Si на качество пористых материалов.

СТРУКТУРА ГЕРМАНАТНОГО РАСПЛАВА ПО ДАННЫМ
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Королева О.Н. (Институт минералогии УрО РАН), Бычинский В.А. (ИГХ СО РАН)
olgankoroleva@gmail.com

Бинарные системы $\text{Li}_2\text{O-GeO}_2$, $\text{Na}_2\text{O-GeO}_2$ и $\text{K}_2\text{O-GeO}_2$ были исследованы методом термодинамического моделирования на основе минимизации свободной энергии в области составов до 40 мол. % щелочного оксида. Для формирования модели германатного расплава принималось во внимание наличие пяти- и шести-координированных атомов германия помимо пяти видов тетраэдрических германиево-кислородных структурных единиц (Q^n – видов), существующих в силикатной системе-аналоге. Для введения поправок на неидеальность расплавов были учтены экспериментальные данные, полученные методом высокотемпературной спектроскопии комбинационного рассеяния света. Применяемый подход позволил получить рабочие термодинамические модели, описывающие зависимость изменения структуры щелочно-германатных расплавов от состава и температуры.

**ПЛАВЛЕНИЕ ГРАНАТ-СОДЕРЖАЩЕГО КАРБОНАТИТА ПРИ ПАРАМЕТРАХ
ВЕРХНЕЙ МАНТИИ (Т=950-1400°C, Р=4 ГПа)**

Костюк А.В., Горбачев Н.С., Некрасов А.Н., Султанов Д.М. (ИЭМ РАН)
nastyu@iem.ac.ru, gor@iem.ac.ru

Экспериментально изучено плавление гранат-содержащего карбонатита каледонского покрова Балтийского щита (район г.Тромсе, Норвегия) в сухой и H_2O+CO_2 -содержащей системе при $T=950-1400^\circ C$, $P=4.0$ ГПа. Опыты проводили в ИЭМ РАН на аппаратуре типа наковальня с лункой (НЛ-40) с использованием многоампульной закалочной методики. Температура “сухого” солидуса равна $1150^\circ C$, ликвидуса $> 1300^\circ C$, а с $H_2O + CO_2$ флюидом T солидуса $\leq 950^\circ C$, ликвидуса $1250^\circ C$. Субсолидусная ассоциация представлена кальцитом, гранатом, клинопироксеном, биотитом и акцессорными минералами: апатитом, ильменитом, рутилом, титанитом. Наблюдаются реакционные соотношения между гранатом и карбонатитовым расплавом, о чем свидетельствует зональность граната с выносом FeO и привносом MgO, CaO, TiO_2 , ЛРЗЭ. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что формирование гранат-содержащих карбонатитов района Тромсе может быть связано с карбонатизацией и плавлением вещества верхней мантии при высоких давлениях с последующим внедрением и кристаллизацией силикатно-карбонатных магм.

ИЗУЧЕНИЕ УГЛЕРОД-СОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ЗАОНЕЖЬЯ

Котельников А.Р., Ахмеджанова Г.М., Сук Н.И. (ИЭМ РАН),

Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН), Белоусова Е.О.,

Мартынов К.В. (ИЭМ РАН), Ананьев В.В. (ИВиС ДВО РАН)

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

Работа выполнена при поддержке программы АААА-А18-118020590150-6

Для оценки условий генезиса и эволюции углеродсодержащих пород (УСП) Заонежья (Южная Карелия) проведена геохимическая обработка данных по их составам – как по главным, так и малым и примесным элементам. Показано, что по геохимическим спектрам биофильных элементов (V, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Ag, Cd, U) наблюдается высокая сходимость составов УСП с составами каменных углей. Проведено изучение минерального состава УСП, в них определены такие минералы как фенгит, барий-содержащий калиевый полевой шпат, пумпеллит, алланит, пентландит, сульфоселенид свинца, мышьяк-содержащий пирит, каолинит. Термобарогеохимическими методами проведено изучение флюидных включений в кварцевых прожилках УСП. Максимальное значение ТР-параметров метаморфизма максовитов фиксировалось по кальцит-доломитовому термометру и фенгитовому барометру ($T=400^{\circ}\text{C}$; $P=5\pm 1$ кбар), а образование мусковитов и хлоритов соответствуют поздним стадиям процесса: $T=300-150^{\circ}\text{C}$; $P=3.3-1$ кбар. Экспериментально проведено исследование выщелачивания элементов из углеродсодержащих пород при $T = 25; 90$ и 200°C . Показано влияние температуры и состава растворов на процесс гидролитического выщелачивания.

ИЗУЧЕНИЕ КАТИОНООБМЕННЫХ РАВНОВЕСИЙ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ
ГАЛЛИЕВЫХ ПОЛЕВЫХ ШПАТОВ (Na,K)GaSi₃O₈ С ВОДНО-СОЛЕВЫМ ФЛЮИДОМ

Котельников А.Р., Сук Н.И., Ахмеджанова Г.М., Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН)

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

Работа выполнена при поддержке программы АААА-А18-118020590150-6

Целью исследования было изучение катионообменных равновесий галлиевых полевых шпатов с раствором: $\text{NaGaSi}_3\text{O}_8 + \text{KCl aq} = \text{KGaSi}_3\text{O}_8 + \text{NaCl aq}$ для получения данных о распределении натрия и калия между полевым шпатом и раствором. Кроме того, предполагалось уточнение параметров элементарных ячеек твердых растворов синтетических галлиевых полевых шпатов, а также оценка избыточных функций смешения. Опыты проводили по ампульной методике при 550°C и давлении 1.5 кбар. Показано существование области несмесимости твердого раствора, определены концентрационные зависимости коэффициентов распределения натрия и калия между полевым шпатом и флюидом. Уточнены параметры элементарных ячеек твердых растворов (Na,K)GaSi₃O₈, показано, что зависимость объема смешения от состава имеет знакопеременный характер. Определен состав твердого раствора, при котором происходит структурный переход c1 – c2/m. На основании экспериментальных данных проведен расчет избыточных энергий смешения твердого раствора и рассчитаны параметры модели Маргулеса; проведена корреляция избыточных интегрированных энергий и объемов смешения со структурными параметрами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТРАНСПОРТА СУЛЬФИДНЫХ И СИЛИКАТНЫХ МИНЕРАЛОВ В ГРАДИЕНТНЫХ УСЛОВИЯХ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ГЕНЕЗИСА ТЕЛЕТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Дамдинов Б.Б. (ГИН СО РАН),

Сук Н.И., Ахмеджанова Г.М., Ван К.В. (ИЭМ РАН)

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

Работа выполнена при поддержке программы 121031700049-6.

Целью данного исследования было моделирование процессов метаморфического преобразования вещества океанических базальтов и сульфидных руд черных курильщиков под воздействием гидротермальных флюидов сложного состава в градиентных условиях применительно к проблеме генезиса телетермальных месторождений. Опыты проводили при $T=500-680^{\circ}\text{C}$ и давлении 1.5-5 кбар в концентрированных водно-солевых растворах в условиях температурного градиента. В качестве исходных материалов использованы базальты Восточно-Тихоокеанского поднятия, а также сульфидные минералы, входящие в состав ассоциаций «черных курильщиков». Опыты проводили по ампульной методике в установках высокого газового давления. Температурный градиент в опытах составлял $0.5^{\circ}\text{C}/\text{мм}$, продолжительность опытов 12 суток. Показано, что при температуре $680-650^{\circ}\text{C}$ происходит интенсивная перекристаллизация и осаждение сульфидных минералов (сфалерита, галенита, халькопирита, пирита) совместно с полевыми шпатами, слюдами и кварцем. Впервые получены данные о совместном образовании кварц-полевошпат-сульфидных ассоциаций.

ВЕСЭМПГ – 064

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ФТОРИДОВ И ДАВЛЕНИЯ ФЛЮИДА
НА РАСТВОРИМОСТЬ Nb₂O₅**

Котова Н.П. (ИЭМ РАН)

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

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ N 20-05-00307

Экспериментально изучено влияние концентрации фторидов и давления флюида на растворимость оксида ниобия при $T = 550^{\circ}\text{C}$ и $P = 50, 100, 200$ и 500МПа в растворах HF с концентрацией 0,1 и 1,0 м. Установлено, что при повышении давления от 50 до 200 МПа содержание Nb в растворах 0,1 и 1,0 м HF уменьшается на порядок. При дальнейшем повышении давления до 500 МПа содержание ниобия практически не изменяется и остается в пределах $10^{-3.5}$ моль/кг H₂O в растворах 0,1 м HF и $10^{-1.7}$ моль/кг H₂O в растворах 1 м HF.

**ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА ЛЬДА
(СНЕГА) В ЛУННЫХ УСЛОВИЯХ**

Кривенко А.П., Севастьянов В.С., Душенко Н.В. (ГЕОХИ РАН)
superb92@yandex.ru, тел.: +7 918 560 96 24

Летучие соединения на Луне представляют большой интерес в настоящее время. Известно, что в лунном реголите содержится вода в различных формах. Кроме того, важным является изотопный состав этой воды. Знание изотопного состава, а также, изотопных эффектов связанных с добычей и анализом этой воды поможет ответить на вопрос о происхождении этой воды на поверхности естественного спутника Земли.

Рассмотрены особенности предлагаемой установки для изучения фракционирования изотопов водорода льда (снега) в лунных условиях. Для получения данных по изотопному составу водорода в водяном льду установка будет позволять экспериментально измерить коэффициент фракционирования водорода при различных температурах сублимации водяного льда (снега) в реголите. Установка будет включать в себя камеру с образцом, расположенным на охлаждаемой подставке, охлаждаемую ловушку для конденсации паров воды и обеспечивающую возможность пробоотбора без разгерметизации всей системы для проведения изотопного анализа, а также систему откачки установки до необходимого вакуума. Также, созданная установка позволит изучать обратную сублимацию воды (переход из газообразного состояния в твердое), которая сопровождается изотопным фракционированием и накопление тяжелых изотопов в твердой фазе (иней).

СОСТАВ РОДОНАЧАЛЬНЫХ МАГМ РУДОНОСНЫХ
ИНТРУЗИВОВ НОРИЛЬСКОГО РАЙОНА

**Криволицкая Н.А., Конышев А.А. (ГЕОХИ РАН), Гонгальский Б.И. (ИГЕМ РАН),
Штокало Р.В., Крашенинников С.П., Демидова С.И. (ГЕОХИ РАН)**

nakriv@mail.ru, тел. 8 (495) 939 70 17

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 18-05-70094) и поддержке проекта
Российской Федерации в лице Минобрнауки России № 075-15-2020-802*

Вопрос о составе родоначальных магм для массивов с уникальными платино-медно-никелевыми рудами обсуждается несколько десятилетий. Наиболее дискуссионными являются содержания летучих компонентов в них. Многие модели норильских месторождений предполагают высокие концентрации воды и хлора в магмах (Дистлер и др., 1999; Barnes et al., 2017; Sluzhenikin et al., 2020), однако конкретные данные по их содержаниям не приводятся. Нами впервые измерены концентрации летучих компонентов в расплавных включениях в пироксенах и оливинах габбро-долеритов Талнахского и Масловского месторождений, гомогенизированные при $T=1200-1170^{\circ}\text{C}$ в печи с регулируемой фугитивностью кислорода (ГЕОХИ РАН). Полученные концентрации воды в расплавах колеблются от 0.2 до 0.45 мас.%, содержания хлора достигают 0.2 мас.%. Они соответствуют концентрациям этих элементов, типичным для внутриплатформенных магм. Изученные породы характеризуют главный –трапповый – этап развития магматизма Сибирской провинции. Полученные результаты не подтверждают гипотезу образования траппов в условиях субдукции, выдвигаемую рядом исследователей (Ivanov et al., 2013).

**ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ЭВОЛЮЦИОННЫМ ТЕПЛОВЫМ МОДЕЛЯМ НА СОДЕРЖАНИЯ
ВЕЩЕСТВА CI ХОНДРИТОВ В ЖЕЛЕЗОКАМЕННОМ ПРОТОЯДРЕ ГАНИМЕДА**

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

va_kronrod@mail.ru, тел. 8 985 9500018

Работа выполнена в рамках госзадания № 0137-2021-0004

Вопросы о составе, агрегатном состоянии, размерах и физических свойствах ядер спутников планет-гигантов, их тепловой эволюции, а также механизмах их формирования до сих пор остаются предметом многочисленных дискуссий. В настоящей работе рассматриваются модели внутренней структуры ядер крупных ледяных спутников в соответствии с веществом обычных (L / LL) или углеродистых (CI) хондритов или их смеси. Распределения температуры в ядрах спутников в значительной степени определяют степень гидратации их силикатной компоненты, наличие или отсутствие внутренних металлических ядер. В настоящей работе представлены результаты по численному моделированию нестационарных температурных режимов в железокремнистых протоядрах ледяных спутников с учетом процессов кондуктивного, конвективного теплопереноса и фазового перехода гидросиликатов в силикаты. Показано, что при начальной концентрации гидросиликатов в протоядре Ганимеда, превышающей $\approx 7-10$ мас%, температура в ядре не достигает уровня, достаточного для образования внутреннего Fe-FeS ядра. Поскольку геофизические данные свидетельствуют о наличии большого Fe-FeS ядра в Ганимеде, по результатам моделирования можно сделать вывод о незначительном присутствии вещества CI хондритов (< 10 мас%) в протоядре спутника.

ВЕСЭМПГ – 068

**ОГРАНИЧЕНИЯ НА ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ЛУНЫ
НА ОСНОВАНИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ WEBER ET AL. (2011)**

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

e.kronrod@gmail.com, тел. +7(915)3558090

Работа выполнена в рамках госзадания ГЕОХИ РАН № 0137-2021-0004

На основе высокоскоростной в нижней мантии сейсмической модели Weber et al. (2011) исследованы модели внутреннего строения дифференцированной в результате частичного плавления первоначально однородной Луны. В результате обращения гравитационных (масса, момент инерции), сейсмических (скорости продольных и поперечных волн) и петрологических (балансовые соотношения) данных методом Монте-Карло проведена реконструкция химического состава и внутреннего строения Луны. Расчеты фазового состава и физических свойств мантии осуществлены с помощью метода минимизации свободной энергии Гиббса и уравнений состояния мантийного вещества в системе CaO-FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂. Для всех моделей получены геофизически и геохимически допустимые интервалы сейсмических скоростей и концентраций основных оксидов в мантии, а также размеров Fe-10%S ядра.

ФЛЮИДНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Кузин А.М. (ИПНГ РАН)

amkouzin@ya.ru, 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.

**О МЕХАНИЗМЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ УПРУГОЙ ЭНЕРГИИ
В ЗЕМНОЙ КОРЕ ДЛЯ АКТИВИЗАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

Кузин А.М. (ИПНГ РАН)

amkouzin@ya.ru, 8 (916) 9075314

В настоящее время фундаментальной проблемой остается объяснение неравномерного распределения концентраций полезных ископаемых в земной коре. Ни одна из форм их переноса (растворы, расплавы, твердотельный переход) не позволяет наметить возможный источник энергии, контролирующей это неравномерное распределение.

Накопление упругой энергии происходит только в механически жестких блоках. Её источником в геологической среде являются постоянно существующие волны напряжений и деформаций. В верхней части консолидированной коры в них преобладает флюид в газовой фазе (низкие значения коэффициента Пуассона), а в нижней коре в жидкой фазе (повышенные значения коэффициента Пуассона). Таким образом, флюидная расслоенность коры образует природный электроконденсатор.

Его зарядка осуществляется за счет перехода упругой энергии в электрическую в атомах кислорода. Именно кислород организует химические связи во всех породообразующих минералах. Низкая поляризуемость атомов кислорода обеспечивает упругий и электромагнитный способы передачи энергии, поэтому этот переход будет наиболее предпочтительным в геосреде. Наличие этого перехода подтверждают данные наблюдений по очагам землетрясений. Такой механизм накопления энергии позволяет объяснить неравномерность распределения концентраций полезных ископаемых в земной коре.

ПЕРИТЕКТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ ОЛИВИНА В СИСТЕМЕ ОЛИВИН–ЖАДЕИТ–
ДИОПСИД–ГРАНАТ±(С-О-Н) КАК КЛЮЧЕВОЙ МЕХАНИЗМ УЛЬТРАБАЗИТ-
БАЗИТОВОЙ ЭВОЛЮЦИИ ВЕРХНЕ-МАНТИЙНОГО МАГМАТИЗМА
(ЭКСПЕРИМЕНТ ПРИ 6 ГПА)

Кузюра А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН)

shushkanova@iem.ac.ru, тел.: 8 (919) 7864217

Работа выполнена при финансовой поддержке по проекту ИЭМ РАН

АААА-А18-118020590140-7

Эволюция верхне-мантийного магматизма в системе оливин-(клинопироксен/омфацит)-корунд-коэсит±(С-О-Н) от формирования ультрабазитовых перидотитов/пироксенитов к базитовым эклогитам/гроспидитам – среди центральных задач петрологии. Ультрабазитовая магматическая эволюция контролируется цепочкой: (1) котектика $L+Ol+Orx+Grt \rightarrow$ перитектика $Orx+L$ с образованием $Srx \rightarrow$ котектика $L+Ol+Srx+Grt$. В природе эффективна фракционная кристаллизация, повышающая концентрацию Jd-компонента в остаточных расплавах и непрерывных твердых растворах ($Srx \leftrightarrow Omph$).

Выполнены исследования при 6 ГПа и 1200–1650°C фазовых отношений при плавлении систем $Ol-Jd-Di-Grt$ и $Ol-Jd-Di-Grt-(C-O-H)$ с использованием политермических сечений $Ol-Omph$ и $Ol_{95}(C-O-H)_5-Omph_{95}(C-O-H)_5$. Раскрыта перитектическая реакция оливина и обогащенного Jd-компонентом расплава с образованием граната. На ультрабазит-базитовой стадии магматическая эволюция продолжается и контролируется цепочкой: котектика $L+Ol+Srx+Grt \rightarrow$ перитектика $Ol+Jd-L$ с образованием $Grt \rightarrow$ котектика $L+Omph+Grt$. Перитектика $L+Ol+Srx/Omph+Grt$ является «физико-химическим мостиком», обеспечивающим переход от ультрабазитовых магм к базитовым, от перидотит/пироксенитовых пород к эклогитовым.

С-О-Н-летучие не изменяют фазовые отношения ультрабазит-базитовой системы $Ol-Jd-Di-Grt-(C-O-H)$, понижая температуры солидуса и ликвидуса на 120 и ~60-80°C и повышая состав перитектической реакции оливина по Mg- и Fe-компонентам на ~10 мас. %.

ВЕСЭМПГ – 072

**ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА РАВНОВЕСНЫХ
ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ РАЗЛИЧНЫХ УДАРНЫХ КЛАССОВ**

Куюнко Н.С. (ГЕОХИ РАН)

ninakuyunko@gmail.com, 8(499)137-86-14

В формировании метеоритов процессам столкновений отводится определяющая роль не только на стадии образования родительских тел, но и на стадии дальнейшего существования их в качестве самостоятельных тел. Ударно-тепловой метаморфизм рассматривается как один из фундаментальных процессов эволюции внеземного вещества, в связи с чем важен поиск количественных критериев оценки эффектов ударно-теплового метаморфизма. В настоящей работе была измерена естественная и наведенная в лабораторных условиях от внешнего источника излучения термолюминесценция равновесных обыкновенных хондритов различных ударных классов. Обнаружена зависимость высоты пика свечения и интенсивности свечения от ударного класса метеоритов. Рассчитана величина ударной нагрузки, которую претерпели хондриты при столкновении в космическом пространстве.

**ИЗУЧЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА РАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЙ,
ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ НЕРАВНОВЕСНОГО ЭНСТАТИТОВОГО ХОНДРИТА АБЕЕ ЕН4**

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

lavza@mail.ru, тел. 8-496-52-2-19-88.

Методом ИНАА определены содержания литофильных и сидерофильных микроэлементов в магнитных и немагнитных размерных фракциях из энстатитового хондрита Аbee ЕН4. В исследованном хондрите выявлены широкие вариации химического состава в немагнитных размерных фракциях, особенно по содержаниям Na и сидерофильных элементов Fe, Ni, Co, Au, Ir. Распределение РЗЭ в этих фракциях относительно равномерное. Основная часть РЗЭ сконцентрировалась в немагнитных фракциях с размером зерен $1 < d < 45$ и $45 < d < 71$ мкм. Все размерные немагнитные фракции в метеорите Аbee обогащены тяжелыми РЗЭ относительно легких и имеют как положительные, так и отрицательные Eu аномалии. В хондрите Аbee ЕН4 распространенности Ni, Co, Au и Ir почти в два раза ниже таковых в хондрите Adhi Kot ЕН4. Возможно, что такое фракционирование элементов в хондритах из ЕН группы обусловлено разной интенсивностью ударных процессов, протекавших на родительских телах этих метеоритов. На основании особенностей распределения микроэлементов в размерных фракциях энстатитового хондрита Аbee ЕН4 сделано предположение, что основное распределение микроэлементов происходило при небулярном фракционировании, процессы метаморфизма и частичное переплавление также сыграли существенную роль в перераспределении элементов.

**ТИПИЗАЦИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО
СУЛЬФИДООБРАЗОВАНИЯ ПО РЕЖИМУ RED-OX УСЛОВИЙ
ВО ФЛЮИДАХ С УГЛЕКИСЛОТОЙ (РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)**

Лаптев Ю.В. (ИГМ СО РАН)

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

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Реперная ассоциация Au(met) – FeS₂ (Fe₃O₄) – служит индикаторной для реконструкции возможных условий формирования золоторудных метасоматитов в сульфатно-хлоридно-углекислотных флюидах. Расчеты проведены в системе Fe(эл)-S(эл)-Au (мет) с участием водно-солевого-углекислотного флюида. При мольной доле углекислоты $X_{CO_2} = 0.23$ совместное присутствие в обычных условиях жидкой CO₂, водного сульфатно-хлоридного раствора и газовой фазы соответствует полной аналогии с данными для природных образований. Использовалась программа минимизации свободной энергии HCh [Шваров, 2008]. Регулирование окислительно-восстановительных условий производилось путем подбора исходного соотношения Fe(met)/S(el). По результатам расчетного моделирования показано, что при умеренных температурах переход от без оксидных ассоциаций с пиритом к его совместному присутствию с гематитом и магнетитом обеспечивает снижение миграционной активности золота примерно на 1.5 порядка (с 5.5 до 0.1 ppm при 300°C и P=500 бар). Появление метана при этом служит индикаторным фактором осаждения золота в составе углекислотного флюида.

ВЛИЯНИЕ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ НА ЭВОЛЮЦИЮ БИОСФЕРЫ

Лебедев Е.Б. (ГЕОХИ РАН)

Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных самых грандиозных геологических процессов и зарождение биосферы. В.И. Вернадский в «Истории природных вод» писал, что вода, главный летучий компонент, содержащийся в магмах, намного превосходит по количеству другие компоненты и в значительной степени влияет на изменяет химических и физических свойств пород и расплавов. Э.М.Галимов указывал, что первичная среда на Земле содержала водные минералы, H_2O , CO_2 , CO , CH_4 , NH_3 , причем вода всегда выделялась на первое место. Содержания воды в различных слоях земной коры оценивались многими исследователями. Экспериментальные исследования позволили определить содержания воды в породах земной коры и верхней мантии – в расплавах альбита, гранита, базальта, изучить растворимость, вязкость, электропроводность, скорость упругих волн и другие физико-химические свойства расплавов пород под давлением воды. Экспериментальные исследования показали, что вода и различные растворы сильно влияют на физико-химические свойства расплавов и пород в результате минеральных реакций и происходящих изменений структуры магматических расплавов и пород. Полученные результаты исследования роли летучих компонентов в геохимических и геофизических процессах будут способствовать углублению петрофизической и геохимической интерпретации геофизических наблюдений, а также проблем эволюции биосферы.

ОБРАЗОВАНИЕ К-РИХТЕРИТА В ПРИСУТСТВИИ ФЛЮИДА K_2CO_3 - Na_2CO_3 - CO_2 - H_2O .
ЭКСПЕРИМЕНТ ПРИ 3 ГПА

Лиманов Е.В., Бутвина В.Г., Сафонов О.Г., Ван К.В., Воробей С.С. (ИЭМ РАН)
limanov.ev@iem.ac.ru, +7(925) 383-61-31

Наиболее продвинутые стадии модального метасоматоза в верхней мантии часто знаменуются образованием ассоциаций, включающих К-рихтерит – специфический низкоглиноземистый щелочной амфибол, стабильный в широком интервале температур и давлений. Реакция $8En + Di + [1/2K_2O + 1/2Na_2O + H_2O] = KRich + 2Fo$, одна из ответственных за его образование, была изучена экспериментально в присутствии флюида K_2CO_3 - Na_2CO_3 - CO_2 - H_2O при температуре $1000^\circ C$ и давлении 3 ГПа. Амфибол образуется при соотношении $(K_2CO_3+Na_2CO_3)/(H_2O+CO_2) = 30/70$ по массе и соотношении $K_2CO_3/Na_2CO_3 = 50/50$ и $30/70$. С увеличением количества щелочных компонентов во флюиде состав амфибола смещается в сторону рихтерита, что приводит к изменению кальциевости обоих сосуществующих пироксенов. При соотношении $K_2CO_3/Na_2CO_3 = 70/30$ образование амфибола оказалось возможным только при отношении $(K_2CO_3+Na_2CO_3)/(CO_2-H_2O) = 10/90$. С увеличением щелочности флюида амфибол встречается исключительно в виде игл размером до 2 мкм, что характеризует его как закалочную фазу. Нестабильность К-рихтерита может обуславливаться более сложным вхождением крупного иона калия в структуру амфибола. Изучение изменений компонентного состава минералов имеет важное значение для оценки давления и активности щелочных компонентов во флюиде в ходе модального мантийного метасоматоза.

**СИНТЕЗ СУБКАЛЬЦИЕВОГО ХРОМИСТОГО ПИРОПА В
ПРИСУТСТВИИ Pr-Sm-СОДЕРЖАЩЕГО ФЛЮИДА**

Лин В.В., Чепуров А.А. (ИГМ СО РАН)
acheurov@igm.nsc.ru, тел.: (383) 333 2341

В работе представлены результаты экспериментального исследования по синтезу субкальциевых хромистых пироповых гранатов в модельной ультраосновной системе в присутствии флюида преимущественно водного состава, содержащего легкие редкоземельные элементы (РЗЭ) – Pr и Sm. Эксперименты проведены с использованием многопуансонного аппарата высокого давления типа “разрезная сфера” (БАРС) при давлении 5 ГПа и температуре 1300 °С. В результате экспериментов получены низкокальциевые хромсодержащие пироповые гранаты в ассоциации с высокомагнезиальным оливином, ортопироксеном и хромшпинелью. Синтезированный гранат содержит оба введенных в систему микроэлемента, при этом характеризуется зональностью распределения РЗЭ. Полученные экспериментальные данные указывают на возможность вхождения существенного количества легких РЗЭ в субкальциевый хромистый пироп, что хорошо согласуется с наблюдаемыми содержаниями РЗЭ в природных перидотитовых гранатах, ассоциирующих с алмазами.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Ni, Co, P МЕЖДУ ЖИДКИМ СПЛАВОМ ЖЕЛЕЗА И СИЛИКАТНЫМ РАСПЛАВОМ В ПРИСУТСТВИИ C–O–H ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ 4 ГПа, 1550°C В ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

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 по госзаданию ГЕОХИ РАН № 0137-2019-0017

при поддержке гранта РФФИ № 17-05-00713

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 C–O–H летучих компонентов, которые могли в процессе аккреции входить в состав планетного вещества. В связи с этим экспериментальное определение коэффициентов распределения металл/силикат для сидерофильных и других элементов ($D(\text{Me})^{\text{met/sil}}$) при высоких P -Т параметрах и низких летучестях кислорода ($f\text{O}_2$), характерных для процессов глобального плавления ранней мантии Земли остается актуальной задачей (Righter, 2015; Clesi et al., 2016)

Представлены результаты экспериментального определения коэффициентов распределения металл/силикат ($D(\text{M})^{\text{met/sil}}$) для умеренно сидерофильных элементов Ni, Co, P в модельной системе силикатный расплав ($\text{FeO-Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-NiO-CoO-P}_2\text{O}_5$) - металлический сплав (Fe-Ni-Co-P-C) – графит – летучие (C-O-H) при 4 ГПа, 1550°C и $f\text{O}_2$ на 0.5–2.9 лог. ед. ниже буфера железо-вюстит (IW). Проведено сравнение полученных данных с имеющимися данными для «сухих» систем (Righter, Drake 1999; Righter, 2011; Siebert et al., 2011). Показано, что в восстановительной области (при $f\text{O}_2 \leq \text{IW}-2$) значения $D(\text{Ni})^{\text{met/sil}}$ и $D(\text{P})^{\text{met/sil}}$ для равновесий металлической фазы с расплавами, содержащими летучие компоненты (главным образом, в виде OH-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 Ni и P (возможно и других элементов) в сильно восстановительных условиях связано с изменениями в структуре силикатных расплавов, содержащих C–O–H летучие, и формированием в них соединений и комплексов со связями типа Me–C и Me–H.

**О ВЛИЯНИИ ТЕРМАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА НА СОДЕРЖАНИЕ
СИДЕРОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТАХ
ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ L-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 разных химических групп рассмотрены данные по содержанию сидерофильных элементов в хондрах, тонкозернистой фракции и металле L-хондритов различных петрологических типов. Установлено, что содержание сидерофильных элементов в хондрах практически не зависит от петрологического типа хондритов. Однако с возрастанием степени метаморфизма хондритов 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 L-хондритов являются следствием фракционирования металл-силикат, тогда как метаморфизм и хондробразование не оказали существенного влияния на состав основных компонентов хондритов данной группы.

**ВЛИЯНИЕ ФОНОВОГО СОСТАВА РАСТВОРА НА ДИФФУЗИЮ
ЭЛЕМЕНТОВ РАО В ГЛИНЯНЫХ ЗАЩИТНЫХ БАРЬЕРАХ**

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

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

Обычно для изучения диффузии радионуклидов в поровом растворе глинистых барьерных материалов используются модельные растворы, соответствующие по составу подземной воде в месте захоронения РАО. Было показано, что алюмофосфатная матрица РАО (АФС) при взаимодействии с подземной водой дает выщелаты с суммарным содержанием Na и P до 500 мг/л при комнатной температуре. Методом сквозной диффузии изучено взаимодействие элементов-имитаторов РАО (Mn, Co, Se, Br, Cs, U) с глинистой матрицей при поровой диффузии из модельного выщелата АФС через уплотненные образцы барьерных материалов. Определены диффузионно-сорбционные характеристики материалов: эффективные коэффициенты диффузии и коэффициенты сорбционного распределения элементов-имитаторов РАО для уплотненных образцов. Сравнение результатов с полученными ранее данными по диффузии из модельной подземной воды показало сильное замедление диффузионной миграции для всех элементов-имитаторов РАО.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ $MgAl_2O_4 - MgCr_2O_4$: ФАЗОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ, СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ

Матросова Е.А. (ГЕОХИ РАН), Бобров А.В. (ГЕОХИ РАН, геол. ф-т МГУ),
Бинди Л. (ун-т Флоренции), Ирифуне Т. (ун-т Эхиме)

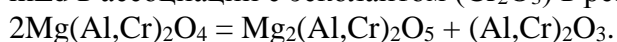
ekaterina.a.sirotkina@gmail.com

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

$MgCr_2O_4$ и $MgAl_2O_4$ являются наиболее важными миналами хромшпинели из включений в природных алмазах и мантийных перидотитов. Мы провели эксперименты по изучению системы $MgAl_2O_4 - MgCr_2O_4$ на многопуансонном аппарате высокого давления. Главной целью экспериментов является установление условий и механизма образования, выявление структурных особенностей постшпинелевых фаз в модельной системе $MgO - Al_2O_3 - Cr_2O_3$.

При 10–24 ГПа и 1600°C был изучен полный диапазон стартовых составов в ряду $MgAl_2O_4$ (Sp) – $MgCr_2O_4$ (MChr) с шагом 2-3 ГПа. В зависимости от $P-T$ условий основными фазами, полученными в опытах, являются $Mg(Al,Cr)_2O_4$ со структурой шпинели, фаза $Mg_2(Al,Cr)_2O_5$ с модифицированной структурой людвигита (mLd), $(Cr,Al)_2O_3$ эсколаит/корунд, постшпинелевая фаза $Mg(Cr,Al)_2O_4$ со структурой типа титаната кальция (St).

При давлении менее 13-15 ГПа наблюдается поле стабильности фазы $Mg(Al,Cr)_2O_4$ со структурой шпинели. Увеличение давления более 15 ГПа в области системы богатой алюминием приводит к образованию корунда Al_2O_3 и фазы с модифицированной структурой людвигита. В области системы богатой хромом при давлении более 13 ГПа образуется фаза mLd в ассоциации с эсколаитом (Cr_2O_3) в результате следующей реакции:



При давлении более 17 ГПа в области системы богатой хромом (>60 мол. % $MgCr_2O_4$) образуется мономинеральное поле стабильности фазы $MgCr_2O_4$ со структурой титаната кальция. Образование постшпинелевой фазы $MgAl_2O_4$ со структурой феррита кальция происходит при более высоком давлении (> 27 ГПа).

ВЕСЭМПГ – 082

**ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИШАЙНИКОВ ВИДА
XANTHORIA PARIETINA, HYPOGYMNIA PHYSODES И PARMELIA SULCATA
К СУТОЧНЫМ ПЕРЕПАДАМ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ МАРСА**

Миронов Д.Д., Гришакина Е.А. (ГЕОХИ РАН)

d.mironov@geokhi.ru, тел. 89263312777

При вопросе о существовании жизни в марсианских условиях важно понимание функционирования организмов. Так, одним из важных параметров, к которому могут быть не приспособлены земные виды организмов – большие перепады суточных температур в связи с разреженной атмосферой и, как следствие, слабой способностью грунта к удержанию тепла. Лишайники являются достаточно устойчивыми организмами ко многим факторам окружающей среды, в том числе к перепадам температур. В эксперименте имитируются условия резкого перепада суточных температур на экваторе. Эксперимент проводится методом закрытых экосистем. Предполагается использование полученных результатов для дальнейших астроэкологических и астробиологических исследований.

ВЕСЭМПГ – 083

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ
(ТИТАНОМАГНЕТИТА, ЗОЛОТА) ИЗ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ
РОССЫПЕЙ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ**

Молчанов В.П. (ДВГИ ДВО РАН), Медков М.А., Юдаков А.А. (ИХ ДВО РАН)
urmol@mail.ru, тел.: 8 914 734 63 65

Разработаны основы оригинальной технологии освоения техногенных и пляжных россыпей Криничного узла (юг Приморья). При этом использованы методы переработки титаномагнетитов приемами порошковой металлургии, а также выщелачивания благородных металлов тиокарбамидно-тиоцианатными растворами с одновременной их демеркуризацией. Применение этой схемы извлечения полезных компонентов из россыпного материала позволит вовлечь в промышленный оборот многочисленные техногенные и шельфовые россыпи юга Дальнего Востока России с соблюдением ресурсосберегающих принципов и без нанесения существенного ущерба окружающей среде.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ХОНДРИТОВ ПО МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИМ ДАННЫМ

**Никитин С.М. (ЛП ООО «ЛС-КАМ) Коротченкова О.Ю. (ГИ УрО РАН),
Скрипник А.Я. (ГЕОХИ РАН), Бельтюков Н.А., Морозов И.А. (ГИ УрО РАН)**

На основании петрографических данных в комплексе с результатами атомно-силовой и электронной микроскопии рассматривается распределение дефектов в исходной структуре фрагментов метеорита Царев и SAU-001. Определяющие деформационно-прочностные характеристики интенсивно метаморфизованных обыкновенных хондритов минеральные комплексы типа ассоциаций сложных хондр или хондр и матрикса в метеоритах являются проводниками пластических деформаций или очагами хрупкого разрушения. Проявляясь в виде аномалий на нагрузочно-деформационных диаграммах, последние служат источниками динамических сколовых форм дробления образцов, осложняющих квазистатические формы межхондрового (межзеренного) разрушения.

Предлагается комплексная методика верификации локальных особенностей физико-механических свойств хондритов на основе распределения химического состава вещества в окрестности элементов дефектной структуры. Степень нарушенности и поведение образцов при осевом и трехосном сжатии оценивается критериями Кулона- Мора и Друккера- Прагера

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМИЧНОСТИ И СВЯЗЬ С ФРОНТАМИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ВНУТРИ СУБДУЦИРУЮЩЕЙ ПЛИТЫ

**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 (тема АААА-А19-119011490129-0) и Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (тема АААА-А18-118012290125-2.2) при частичной поддержке РФФИ (грант № 19-05-00466)

В зонах субдукции сосредоточена основная часть землетрясений, в том числе глубинных и среднеглубинных. Для изучения феномена среднеглубинной активности нами была реализована статистическая обработка данных по землетрясениям в следующих зонах субдукции, соответствующих поверхностным структурам: разлома Хикуранги (Северный остров Новой Зеландии), Алеутского желоба (Аляска), разлома Нанкай (юго-западная Япония), Японского желоба (северо-восточная Япония). Для данных регионов в литературе приведено подробное описание современной вулканической активности, профили субдуцирующей плиты и температурный режим. Наличие подробных сейсмотомографических данных позволяет построить трехмерную модель верхней поверхности океанической плиты с помощью уравнения поверхности Кунса. Таким образом становится возможным рассматривать гипоцентры землетрясений в координатах глубина-расстояние до верхней границы погружающейся плиты. В этих координатах во многих случаях скопления гипоцентров землетрясений формируют подобие планарных структур. Сопоставление расчетных РТ условий этих структур с РТ условиями границ фаций метаморфизма указывает на возможную связь между расположением максимумов глубокой сейсмичности и фронтами метаморфических превращений внутри субдуцирующей плиты.

**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 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 компактии кумулятивных толщ привели к растворению и переносу на сотни метров вверх сульфидного вещества, с формированием разрезов второго типа.

О ЗОНАЛЬНОСТИ КУЛАРИТА

Новиков П. М., Некрасов А.Н., Горбачев П.Н. (ИЭМ РАН)

novikovi@chgn.net.ru, тел.: 8 (496) 522 31 43

Куларит - ортофосфат редких земель Се-подгруппы в массовом количестве был найден в Куларском кряже на Северо-Востоке Якутии. Для детального исследования природного материала были отобраны три типа куларита, различающихся по цвету: серый, темно-серый и черный. Все образцы детально были изучены на микрозонде. Несмотря на различие по цвету, среднестатистическое содержание оксидов редкоземельных элементов всех изученных образцов практически одинаковое. В одном и том же отдельно выбранном образце наблюдаются флуктуации по распределению РЗЭ. Скорее всего, распределение редких земель носит кластерный характер. В образцах куларита, где содержание ThO_2 составляет около 4 мас. %, наблюдается прямая корреляция Th с SiO_2 . Данное обстоятельство даёт повод утверждать, что образуется самостоятельная фаза ThSiO_4 в виде хаттонита. Таким образом, собственно, микроконкреции куларита представляют собой поликристалл. Хаттонит кристаллизуется в моноклинной сингонии, что даёт возможность легко входить в идентичную структуру, такую как куларит. Зональность куларита равно как и монацита вероятней всего связана с различными скоростями роста обеих составляющих поликристалла собственно TRPO_4 - моноклинной фазы и хаттонита - ThSiO_4 тоже с моноклинной структурой.

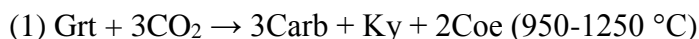
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАРБОНАТИЗАЦИИ ГРАНАТОВ
ЭКЛОГИТОВОГО И ЛЕРЦОЛИТОВОГО ПАРАГЕНЕЗИСОВ В УГЛЕКИСЛОМ И
ВОДНО-УГЛЕКИСЛОМ ФЛЮИДАХ ПРИ 6,3 ГПА И 950-1250 °С**

Новоселов И.Д., Пальянов Ю.Н., Борздов Ю.М. (ИГМ СО РАН)

novoselovid@igm.nsc.ru, тел. 8 953 889 14 33

Исследование выполнено по государственному заданию ИГМ СО РАН

Для изучения взаимодействия CO₂- и CO₂-H₂O-флюидов с мантийными гранатами проведены эксперименты в буферированной ячейке (буфер гематит-магнетит) при давлении 6,3 ГПа в интервале температур 950-1250 °С длительностью 60-100 часов. В качестве исходных веществ использованы гранаты из ксенолитов эклогита и гранатового лерцолита, а также источники флюида – оксалат серебра или щавелевая кислота. Установлено, что в экспериментах происходят перекристаллизация и частичная карбонатизация гранатов по схемам:

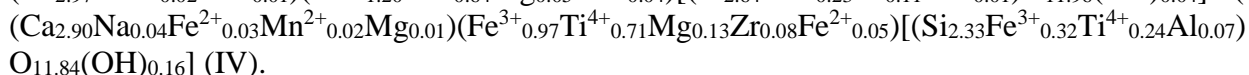
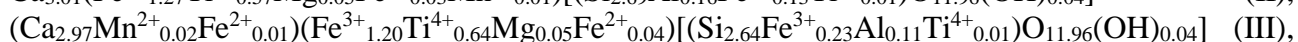
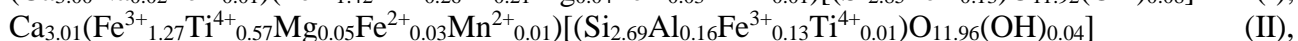
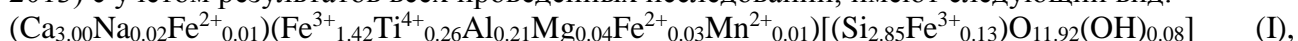


(Grt – гранат, Carb – магнезиальный карбонат, Ky – кианит, Coe – коэсит, Melt – силикатно-карбонатный расплав). Карбонатизация по схеме (1) приводит к снижению доли пиропового компонента в гранатах и сопровождается образованием магнезиального карбоната, кианита и коэсита. По схеме (2) образуются силикатно-карбонатный расплав и кианит, а в перекристаллизованных гранатах уменьшается содержание гроссулярового компонента. Установленные закономерные изменения состава гранатов могут рассматриваться как возможные индикаторные признаки мантийного углекислого метасоматоза.

Ti-СОДЕРЖАЩИЕ ГРАНАТЫ: ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ), Русаков В.С. (физ. ф-т МГУ), Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ)
logor48@mail.ru, тел.: 8 (495) 939 13 49

Методами микронзондового анализа, порошковой рентгенографии, ИК, рамановской и мёсбауэровской спектроскопии, термического анализа изучены титансодержащие гранаты (Одихинча, Маймеча-Котуйская щелочная провинция, Красноярский край, Россия). Формулы изученных образцов, рассчитанные в соответствии с (Locock 2008; Grew et al. 2013) с учетом результатов всех проведенных исследований, имеют следующий вид:



Методом расплавной калориметрии растворения на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «SETARAM» (Франция) впервые определены энтальпии образования титансодержащих гранатов из элементов $\Delta_f H^0_{el}(298.15 \text{ K})$: -5861.1 ± 11.3 кДж/моль для (I), -5915.2 ± 9.0 кДж/моль для (II), -5902.5 ± 9.1 кДж/моль для (III) и -5945.7 ± 10.2 кДж/моль для (IV) С использованием полученных значений энтальпий образования и оцененных энтропий были рассчитаны стандартные энергии Гиббса образования этих гранатов. Также были рассчитаны энтальпии и энергии Гиббса образования конечных членов изоморфной серии шорломит – моримотоит. Полученные термодинамические константы были использованы для моделирования полей устойчивости этих минералов.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛУНИТА $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$
И НАТРОАЛУНИТА $NaAl_3(SO_4)_2(OH)_6$

Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ), **Гриценко Ю.Д.** (геол. ф-т МГУ, Мин. музей
им. А.Е. Ферсмана РАН), **Вигасина М.Ф.**, **Мельчакова Л.В.**,

Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ)

logor48@mail.ru, тел.: 8 (495) 939 13 49

Изучен алуни́т из месторождения Заглик (Азербайджан), диагностированный рентгенографическим, ИК- и КР-спектроскопическими методами. Химическая формула $(K_{0.58}Na_{0.38})(Al_{2.96}Fe^{3+}_{0.04})(SO_4)_{1.97}(OH)_{6.02}$ рассчитана по данным микрозондового и термогравиметрического анализов. Определение энтальпии образования проведено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «SETARAM» (Франция) с использованием термохимического цикла, включающего растворение минерала и составляющих его оксидов, гидроксида алюминия и сульфата кальция. Калориметрические данные по растворению изученного алуни́та позволили рассчитать энтальпии образования из элементов алуни́та $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ (-5164 ± 13 кДж/моль) и натроалуни́та $NaAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ (-5127 ± 13 кДж/моль). Полученное значение $\Delta_f H^0(298.15 \text{ K})$ алуни́та согласуется в пределах погрешностей с результатами единственной калориметрической работы, выполненной методом растворения синтетического основного сульфата калия и алюминия в щелочном растворе (-5169.7 ± 1.9 кДж/моль) (Kelley et al., 1947). Значение $\Delta_f H^0(298.15 \text{ K})$ натроалуни́та согласуется с рассчитанной из обменных равновесий в водных сульфатных растворах величиной (-5131.97 кДж/моль) (Stoffregen, Cygan, 1990). С использованием литературных данных по стандартной энтропии алуни́та и оцененного значения $S^0(298.15 \text{ K})$ натроалуни́та рассчитаны величины $\Delta_f G^0(298.15 \text{ K})$ этих минералов: -4651 ± 13 и -4615 ± 13 кДж/моль соответственно.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЛЕНИТА ПРИ 0-1373К, ОПИСАННЫЕ
ЕДИНОЙ МОДЕЛЬЮ НА ОСНОВЕ НОВЫХ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ (12-338К) И
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

**Осадчий В.О. (ИЭМ РАН), Гуревич В.М. (ИОНХ РАН), Поляков В.Б. (ИЭМ РАН),
Гавричев К.С. (ИОНХ РАН), Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)**

v.osadchii@iem.ac.ru, тел.: +7(49652)25849

Работа выполнена по плану НИР ИЭМ РАН, тема №АААА-А18-118020590150-6

Несмотря на большое количество исследований термодинамических свойств галенита, PbS, на сегодняшний день нет полного актуального анализа его термодинамических параметров и их согласованного описания, а в опубликованных данных есть расхождения. Мы провели собственные определения теплоемкости галенита методом адиабатической калориметрии при 12-338К. Полученные результаты, а также отобранные литературные данные C_p^0 , $H^0(T) - H^0(298)$ и $\Delta_f G^0$ из электрохимических измерений были описаны с помощью колебательного спектра по модели Киффер с учетом квази- и собственного ангармонизма с единым набором параметров ($n=7$) во всем диапазоне температур устойчивости галенита (0-1373К). Для согласованного описания результатов калориметрических данных и $\Delta_f G^0$ энтальпия образования галенита, $\Delta_f H^0$, была включена в модель в качестве оптимизируемого параметра. Оптимизация модели на двух наборах входных данных, с $H^0(T) - H^0(298)$ и без, дала практически идентичные результаты, а оптимизированные значения $\Delta_f H^0$ хорошо согласуются с результатом независимых экспериментальных определений. Таким образом на примере галенита показано, что результаты низкотемпературных адиабатических и высокотемпературных электрохимических измерений достаточны для полного согласованного описания термодинамических свойств соединения.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Cd, Mn И Se МЕЖДУ СОСУЩЕСТВУЮЩИМИ ZnS И PbS**

**Осадчий В.О., Чареев Д.А, Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН), Абрамова В.Д. (ИГЕМ РАН),
Тарнопольская М.Е, Николаева И.Ю., Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ)**

v.osadchii@iem.ac.ru, тел.: +7(49652)25849

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант №19-77-00087

Ранее несколькими научными группами было установлено влияние температуры на коэффициент распределения примесей (Cd, Mn, Se и ряда других) между сосуществующими синтетическими сульфидными минералами. Однако количественные результаты не согласуются между собой, а применение геотермометров к природным объектам дало противоречивые результаты.

С целью более надежной калибровки примесных геотермометров указанных элементов, а также отработки методики для создания таких термометров для микропримесных элементов (С ~ 1-1000 ppm, напр. Te, Co, Ge, Ga, In, Sn, Ag и др.), мы синтезировали серии сростков кристаллов ZnS-PbS (минералы сфалерит-галенит) размером до нескольких миллиметров, содержащих разное количество Cd, Mn или Se при 777, 580 и 450 °С.

Аналитические исследования методами SEM WDS, LA ICP-MS и ICP-MS, с одной стороны, подтвердили качественные тенденции распределения элементов. С другой – попарное сравнение результатов, полученных указанными методами, выявило их несогласованность.

Мы считаем, что для применения сульфидных термометров необходимо провести их калибровку с использованием надежных независимых методов анализа состава вещества.

СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА Pt(Cu_{0.67}Sn_{0.33})

Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН), Барков А.Ю. (ЧГУ), Кирюхина Г.В. (МГУ)

euo@iem.ac.ru, тел.: +7(49652)25849

Работа выполнена по плану НИР ИЭМ РАН, тема №АААА-А18-118020590150-6

Указанное соединение обнаружено в материалах россыпи реки Большой Хайлык, западный Саян, юг Красноярского края (Barkov et al., 2018).

Синтез интерметаллида (сплава) состава Pt(Cu_{0.67}Sn_{0.33}) и его рентгенофазовый анализ впервые осуществлены Juarez-Arellano et al. (2020). При 773°К из элементов получалась чистая фаза состава Pt(Cu_{0.67}Sn_{0.33}). Уточнение структуры соединения методом Ритвельда соответствует структурному типу CuAu (L1₀) с пространственной группой *P4/mmm* и параметрами ячейки $a = 2.823(1) \text{ \AA}$, $c = 3.64(1) \text{ \AA}$, $V = 29.00(4) \text{ \AA}^3$, $Z = 1$.

Дифрактограмма синтезированного нами соединения оказалась идентичной, полученной Juarez-Arellano et al. (2020).

**ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ О ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ТРЕКОВ VН ЯДЕР
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В СИЛИКАТНОМ ВЕЩЕСТВЕ ИЗ МЕТЕОРИТОВ В
ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ПАЛЛАСИТОВ**

Павлова Т.А. (ГЕОХИ РАН)

pavlova4tat@mail.ru

Исследование и анализ физических свойств вещества метеоритов разных классов является эффективным методом познания процесса эволюции метеоритного вещества в космосе. Эти данные дают возможность получать информацию не только о природе их родительских тел, но и о процессах, происходивших с метеороидами после их формирования и последующего пребывания в космическом пространстве перед падением на Землю.

Радиационные воздействия космических лучей на вещество метеоритов с образованием треков VН ядер космических лучей в минералах силикатов необходимо учитывать при изучении истории формирования вещества палласитов. Облучение вещества может происходить на доаккреционной стадии или в условиях реголита на поверхности родительского тела метеорита, в незащищенном от космического излучения состоянии. При отсутствии дальнейшего сильного нагрева вещества треки могут быть термически стабильны и сохраняться до настоящего времени с момента их формирования. Обнаружение в кристаллах силикатов из палласитов треков VН ядер элементов группы Fe космических лучей может свидетельствовать о том, что часть вещества метеорита могла какое-то время находиться на поверхности его родительского тела.

ОБРАЗОВАНИЕ АЛМАЗА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ P-T ПАРАМЕТРАХ МАНТИИ ЗЕМЛИ

**Пальянов Ю.Н., Борздов Ю.М., Сокол А.Г., Баталева Ю.В.,
Куприянов И.Н., Реутский В.Н., Соболев Н.В. (ИГМ СО РАН),**

Виденбек М. (Центр наук о Земле, Потсдам, Германия)

palyanov@igm.ncs.ru, тел. 8 (913) 470 99 77

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 19-17-00075)

Электрохимические процессы в глубинных зонах Земли связывают с вариациями магнитного поля и редокс гетерогенностью мантии. Для экспериментального изучения минералообразующих процессов под действием электрического поля разработаны специальные ячейки высокого давления (Palyanov et al., 2021, Science Advances). В работе впервые предложена и экспериментально обоснована модель образования алмаза в условиях мантии Земли при воздействии электрического поля на карбонатные и карбонатно-силикатные расплавы, соответствующие по составу природным алмазообразующим средам. Эксперименты проведены при давлениях 6,3 и 7,5 ГПа в интервале температур 1300-1600°C. Установлено, что за счет разности потенциалов (0,4-1 вольт) происходит экстракция углерода из карбонатов и кристаллизация алмаза на катоде в ассоциации с мантийными минералами. В изученном процессе карбонаты являются главными компонентами среды кристаллизации алмаза и единственным источником углерода. При кристаллизации алмаза и графита под действием электрического поля происходит фракционирование изотопов углерода, существенно превышающее термодинамически равновесное. Полученные результаты доказывают, что электрические поля могут значимо влиять на мантийные минералообразующие процессы, изотопное фракционирование углерода и глобальный углеродный цикл.

УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АЛМАЗА И ГРАФИТА В ПРОЦЕССАХ
СУЛЬФИДИЗАЦИИ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ РАСПЛАВОВ

Пальянов Ю.Н., Баталева Ю.В., Борздов Ю.М., Куприянов И.Н. (ИГМ СО РАН)

palyanov@igm.ncs.ru, тел. 8 (913) 470 99 77

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 19-17-00075)

В последние годы доказана возможность образования части природных алмазов из металл-углеродных расплавов (Smith et al., 2016; Shatsky et al., 2020). Для моделирования процессов генезиса алмаза экспериментально исследовано влияние содержания серы в системе Fe₉Ni₁-C на процессы роста, морфологию и дефектно-примесный состав алмаза при 6 ГПа и 1400°C. Установлено, что сульфиды оказывают сильное ингибирующее действие на кристаллизацию алмаза. С увеличением содержания серы (X_S) в системе от 0 до 20 мас % степень трансформации графита в алмаз уменьшается со 100% до нуля, а растворимость углерода в расплаве снижается с 6,6 до 0,4 мас %. Установлено, что содержание примеси азота в синтезированных алмазах уменьшается от 50-100 ppm при X_S=0 до 5-10 ppm при X_S=10-15 мас %. Учитывая существенное снижение растворимости углерода в металл-сульфидных расплавах с увеличением содержания в них серы, экспериментально продемонстрировано, что образование алмаза в процессе сульфидизации металл-углеродных расплавов является одним из потенциальных механизмов генезиса алмаза в восстановленных доменах мантии Земли.

СИНТЕЗ АЛМАЗА В РАСПЛАВАХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ: УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ, СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ.

**Пальянов Ю.Н., Борздов Ю.М., Куприянов И.Н.,
Хохряков А.Ф., Нечаев Д.В. (ИГМ СО РАН)**

palyanov@igm.ncs.ru, тел. 8 (913) 470 99 77

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (грант № 18-29-12041) и по государственному заданию ИГМ СО РАН

Представлены результаты экспериментальных исследований по кристаллизации алмаза в расплавах 15 редкоземельных металлов при давлении 7.8 ГПа в интервале температур 1800-2100°C (Palyanov et al., 2021, Sci Rep, in press). Определены граничные условия и оптимальные параметры синтеза алмаза. Сочетание высоких скоростей роста и низких значений числа центров кристаллизации обеспечивает наилучшие условия для получения кристаллов алмаза в расплавах Sc, Ce, Tb, Dy, Ho, Er, Tm и Lu. В зависимости от состава редкоземельных металлов алмаз кристаллизуется в форме кубооктаэдров, октаэдров или образует кристаллы с габитусными гранями тетрагонтриоктаэдров и тригонтриоктаэдров. Алмазы, синтезированные в системах РЗМ-С, относятся к безазотным (тип IIa), а расплавы редкоземельных металлов являются не только растворителями–катализаторами, но и геттерами. Установлено, что в системах РЗМ-С возможно легирование алмаза с образованием оптически-активных центров SiV, GeV и SnV, перспективных для квантовых технологий.

**ВЯЗКОСТЬ ГЕТЕРОГЕННЫХ БАЗАЛЬТОВЫХ РАСПЛАВОВ
ПОД ДАВЛЕНИЕМ ВОДОРОДА.**

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

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

Работа выполнена в рамках темы № 2 НИР ИЭМ РАН

В продолжение экспериментально - теоретических исследований процесса взаимодействия базальтовых магм с водородом (Персиков и др. 2019; Persikov et al., 2020) выполнено изучение вязкости базальтовых расплавов, образующихся при таком взаимодействии. Установлено, что в результате водородно-магматического взаимодействия, исходно гомогенные базальтовые расплавы становятся гетерогенными.

В них образуются включения металлической фазы (Fe, сплавы FeNiCo), H₂O, кристаллы высокомагнезиальных оливинов и пироксенов, пузыри флюидной фазы. Вязкость таких расплавов оценена с использованием нашей новой структурно-химической модели достоверных расчетов температурной, концентрационной, фазовой и барической зависимостей вязкости магм (Persikov, Bukhtiyarov, 2020).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАРБИДА ЖЕЛЕЗА (Fe_3C) С ВОДОРОДОМ
ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 1000 – 1150 °С И ДАВЛЕНИЯХ 30 -100 МПа**

**Персиков Э.С. (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЕМ РАН),
Бухтияров П.Г., Некрасов А.Н., Бондаренко Г.В. (ИЭМ РАН)**
persikov@iem.ac.ru, тел.: 8 (49652) 25058

Работа выполнена в рамках темы № 2 НИР ИЭМ РАН

Экспериментальные данные по возможности совместного вхождения водорода и углерода в металлическое железо при высоких давлениях противоречивы. В предлагаемой работе приведены результаты опытов по взаимодействию цементита Fe_3C с водородом при давлении 30-100 МПа, температуре 1300 оС и длительностью опытов 1.0 - 4.5 час. Комплексные методы (микронд, рентген, газовая хроматография, спектроскопия комбинационного рассеяния, расчеты баланса масс) использованы для тщательного анализа состава образующихся флюидной и металлической фаз в закалочных опытах. Результаты опытов сопоставлены с расчетами состава С-Н флюида, равновесного с металлической фазой с фиксированным содержанием углерода. Полученные результаты вскрывают некоторые принципиальные особенности взаимодействия водорода с углеродсодержащей металлической фазой.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ 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.: 373-05-26 (доб.826)

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект №21-17-00024)

Плавление лерцолита в упрощенной системе CMAS-CO₂ контролируется реакцией $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ (Срх) + 2MgCO_3 (Mgs) = $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (L) + $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (Орх). Данная реакция обеспечивает перераспределение CaO из силикатной части системы в карбонатную, что приводит к образованию доломитового расплава при $T \geq 1350$ °С. Исследование более сложных систем показало, что присутствие Na₂O и K₂O может понижать температуры солидусов карбонатизированного лерцолита на 200-300 °С. Нами было показано, что при 4.5-6 ГПа присутствие натрия в клинопироксене не оказывает сильного влияния на реакцию, контролирующую плавление системы карбонатизированный перидотит. Максимальное понижение температуры солидуса не превышает 50 °С. Однако с понижением давления ниже 4.5 ГПа Na становится менее совместимым и перераспределяется из клинопироксена в Na₂CO₃, что приводит к понижению температуры солидуса до 1050 °С при 3 ГПа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ
Na₂CO₃-CaCO₃-MgCO₃ 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.: 373-05-26 (доб.826)

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект №21-17-00024)

Система Na₂CO₃-CaCO₃-MgCO₃ исследована при 3 и 6 ГПа. При 3 ГПа система имеет восемь промежуточных соединений: Mg-содержащий Na₂Ca₄(CO₃)₅ бурбанкит, Na₂Ca₃(CO₃)₄, Mg-шортит Na₂Ca₂(CO₃)₃, Na₂Ca(CO₃)₂ ниеререит, Na₄Ca(CO₃)₃, Na₂Mg(CO₃)₂ эйтелит, доломит и обогащенный Са доломит. Система имеет одну эвтектическую точку, расположенную при 850 °С и 52Na₂CO₃·48(Ca_{0.62}Mg_{0.38})CO₃, которая контролируется реакцией, при которой охлаждение расплава приводит к образованию шортита, Na₂CO₃ и эйтелита. Кроме того, система имеет пять тройных перитектических точек.

При 6 ГПа система имеет пять промежуточных соединений: Na₂Ca₄(CO₃)₅ бурбанкит, Na₂Ca₃(CO₃)₄, Na₄Ca(CO₃)₃, Na₂Mg(CO₃)₂ эйтелит и доломит. Эвтектика контролируется реакцией, при которой охлаждение расплава приводит к образованию Na₂Ca₃(CO₃)₄, Na₄Ca(CO₃)₃ и эйтелита. Также, в системе установлено пять тройных перитектических точек. Наличие только одной эвтектики при 3 и 6 ГПа указывает на возможность фракционной кристаллизации доломитового расплава в сторону натродоломитового расплава с содержанием Na₂CO₃ до 53 мол.%.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЛАТИНЫ

Полотнянко Н.А. (Гос. Универ. «Дубна»), Тюрин А.В. (ИОНХ РАН),

Чареев Д.А. (ИЭМ РАН, Гос. Универ. «Дубна»)

polot.nat@gmail.com, тел.: 8 (903) 110 10 98

На основании собственных измерений изобарной теплоемкости методами адиабатической, релаксационной и дифференциальной сканирующей калориметрии определены значения стандартных термодинамических функций дихалькогенидов платины, синтетических аналогов природных минералов.

Используемые образцы порошков PtS₂ и PtTe₂ были синтезированы из простых веществ и затем исследованы методами рентгенофазового и рентгеноспектрального анализа.

По результатам новых экспериментальных данных в широком интервале температур рассчитаны теплоемкость, энтропия, изменение энтальпии и приведенная энергия Гиббса для дисульфида и дителлурида платины. Полученные термодинамические данные для систем S-Pt, Te-Pt в будущем могут быть использованы в физико-химическом моделировании условий образования месторождений благородных металлов.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФОСФАТНО-КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЕ 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 $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CaO}(\text{CO}_2) > 1.7$ содержат Na-фосфатное стекло, с концентрациями ZrO_2 , TiO_2 , Nb_2O_5 и кристаллы апатита, обогащенные REE. При $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CaO}(\text{CO}_2) = 0.25-0.40$ получены закаленный Ca-карбонатно-фосфатный расплав с высокими концентрациями REE, и чисто содовые обособления с ZrO_2 , TiO_2 , Nb_2O_5 , без REE, что выходит за рамки эвтектики сода–двойной карбонат (результат выпадения избытка соды из остаточного расплава?). Вторая серия была проведена при тех же параметрах из смеси с отношением $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CaO}(\text{CO}_2) = 0.34$, с переменным количеством NaF от 0 до 25 мол.%. Продукты опытов при $\text{NaF} = 40-56$ мг состоят из видимо несмешиваемых содового и Ca-карбонатно-фосфатного расплавов, с апатитом. При меньшем количестве NaF в исходных смесях образовались закаленный Na-фосфатно-карбонатный расплав и фазы Na-Ca фосфата и апатита. Во всех ампулах присутствуют пустоты, указывающие на наличие свободного CO_2 . Зависимости влияния F на наличие редких элементов в закаленных расплавах не наблюдается

**ВЫСОКОБАРИЧЕСКАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЯ ЩЁЛОЧНО-КАЛЬЦИЕВЫХ
КАРБОНАТОВ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ УГЛЕРОДА
В МАНТИИ ЗЕМЛИ**

Ращенко С.В., Шацкий А.Ф. (ИГМ СО РАН, НГУ), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)

rashchenko@igm.nsc.ru, тел.: 8 (952) 926 21 72

РФФИ 21-55-14001

Несмотря на то, что в верхней мантии состав карбонатов субдуцирующей плиты ограничен хорошо изученной тройной системой $\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3\text{-FeCO}_3$, недавние экспериментальные исследования, а также природные находки позволяют предположить, что в условиях переходной зоны мантии основным резервуаром окисленного углерода, определяющим солидус и состав глубинных расплавов, становятся Na-Ca карбонаты. Интерес к K-Ca карбонатам в свою очередь вызван накоплением многочисленных свидетельств присутствия в верхней мантии щелочных карбонатитовых расплавов, богатых калием, таких как данные по расплавленным включениям в алмазах и высокобарические эксперименты по частичному плавлению кимберлитов, карбонатизированных перидотитов, эклогитов и пелитов. В докладе будут представлены последние данные по кристаллохимии многочисленных высокобарических щёлочно-кальциевых карбонатов, синтезированных в последние годы и рассмотрены их возможные роли в транспорте углерода и других элементов в мантии Земли.

**ПАРАДОКС СЕЙСМИЧНОСТИ - НОВЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА И УКАЗАНИЯ
НА ФИЗИКУ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Родкин М.В. (ИТПЗ РАН)

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

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 19-05-00466)

Физической модели сейсмичности не существует, известны парадоксы сейсмичности. Можно показать, что в условиях литосферы, при существующих здесь давлении и температуре, землетрясения должны бы прекращаться на глубине нескольких десятков километров. Однако землетрясения регистрируются даже в верхней мантии, до глубин чуть более 700 км. Непонятно и отсутствие тепловых аномалий, ожидаемых при трении смещающихся блоков (например, на разломе Сан-Андреас). Общепринятого объяснения парадоксов нет. Предлагались модели, основанные на предположении о подплавлении, наличии флюидной фазы, связи землетрясений с метаморфическими превращениями. Полноценные эксперименты по проверке этих моделей отсутствуют, хотя и показано, что такие механизмы правдоподобны. Накопление и уточнение геофизических данных позволяет получить новые свидетельства. Выявляется отрицательная (а не положительная) корреляция между локализацией землетрясений и уровнем напряжений. В ряде районов наблюдается, что при отсутствии вертикальных перемещений блоков сейсмичность не распространяется глубже 40-50 км несмотря на несомненные быстрые относительные смещения. Приводятся свидетельства связи положения гипоцентров землетрясений с положением фронтов метаморфизма. Эти свидетельства указывают на возможную физику сейсмического процесса.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ КОКЧЕТАВИТА
ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ ПО ДАННЫМ МОНОКРИСТАЛЛЬНОЙ
РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ

**Романенко А.В., Ращенко С.В., Корсаков А.В. (ИГМ СО РАН),
Глазырин К.В. (PETRA III)**

romanenko@igm.nsc.ru, тел.: +7-913-932-53-77

Исследована сжимаемость и эволюция кристаллической структуры кокчетавита - метастабильного полиморфа $KAlSi_3O_8$, который широко распространен в качестве включений в минералах пород высокого и сверхвысокого давления. Эксперименты проведены с использованием техники алмазных наковален и синхротронной монокристалльной дифракции. Объем элементарной ячейки (V/Z) кокчетавита нелинейно уменьшается на 28,2% при сжатии до 14,9 ГПа с 189,4 до 147,7 Å³. На давлении ~1,8 ГПа кокчетавит меняет пространственную группу с $R\bar{6}/mcc$ на $R\bar{6}_3/mcm$ и становится изоструктурен гексацельзиану. При сжатии выше 11 ГПа происходит другой фазовый переход, и фаза наблюдается до давления не менее 15 ГПа, но данные рентгеновской дифракции приобрели порошкообразный вид, и появились сателлитные отражения, связанные как с двойникованием, так и с модуляцией, что не позволило расшифровать структуру с необходимой точностью. Для первых двух фаз по давлению посчитаны уравнения состояния, а также изучен механизм сжатия для данного типа соединений.

ОСОБЕННОСТИ СУБЛИКВИДУСНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В ВЫСОКОФТОРИСТОЙ
МОДЕЛЬНОЙ ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЕ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

**Русак А.А. (ГЕОХИ РАН), Щекина Т.И., Зиновьева Н.Г. (геол. ф-т МГУ),
Хвостиков В.А. (ИПТМ РАН)**

aleks7975@yandex.ru, t-shchekina@mail.ru, тел.: +7 (495) 939-20-40

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

В модельной высокофтористой литийсодержащей гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H при снижении температуры от 1250°C до 400°C при 1 кбар наблюдается определенный порядок кристаллизации минеральных фаз из сосуществующих алюмосиликатного (L) и солевого щелочноалюмофторидного (LF) расплавов. При 1250°C и $C_{H_2O} = 0-50$ мас.% силикатный расплав является гомогенным. В опытах при 1000°C при содержании воды ~ 10 мас.% появляются признаки силикатно-солевой ликвации в виде шарообразных выделений алюмофторидного состава. Начиная с 800°C и $C_{H_2O} = 2-15$ мас.% жидкостная несмесимость стабильно присутствует в системе, а при 700°C и $C_{H_2O} = 2-50$ мас.% начинается частичная кристаллизация солевого расплава с образованием K-Na криолита (Cr1). В силикатном расплаве первым кристаллизуется кварц в интервале температур от 700 до 600°C. При дальнейшем понижении температуры происходит кристаллизация Li-слюды типа полилитионита (при $C_{H_2O} = 15$ мас.% в системе) на границе силикатного и солевого расплава. В солевом расплаве продолжает кристаллизоваться криолит, но остается еще и расплав, насыщенный R3Э, Y и Sc, которые были введены в состав системы. В интервале между 600 и 500°C в системе наряду с кварцем кристаллизуется ортоклаз и Na- и Na-K криолит в виде отдельных фаз. Силикатный расплав остается в системе вплоть до 400°C, находясь в метастабильном, переохлажденном состоянии. В солевых глобулах остаточный расплав присутствует при 500°C, а при 400°C полностью кристаллизуется. Наблюдаемые выделения Na- и Na-K криолита внутри крупных зерен кварца (~200 мкм) подобны найденным в криолитсодержащих гранитах (например, месторождение Мадейра). Одновременная кристаллизация двух составов Na- и Na-K-криолита, говорит о распаде гомогенного твердого раствора криолита и сосуществовании двух фаз – криолита и эльпасолита, начиная с 600-500°C.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ УПРОЩЕННОГО СОСТАВА $\text{SiO}_2\text{-MgO-FeO}$, ОТВЕЧАЮЩЕГО СРЕДНЕМУ СОСТАВУ СИЛИКАТНОЙ ЗЕМЛИ, В ПРИСУТСТВИИ ГРАФИТА И КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ

Русак А.А., Луканин О.А., Кононкова Н.Н., Каргальцев А.А. (ГЕОХИ РАН)

aleks7975@yandex.ru, lukanin@geokhi.ru, тел. +7 (499) 137 30 55

При поддержке государственного задания №0137-2019-0017.

Проведены первые эксперименты в системе $\text{SiO}_2\text{-MgO-FeO}$ в присутствии кальциевой и графитовой фаз при температуре 1500 – 1600 °С и давлениях 2,5 – 3,5 ГПа. Эксперименты проводились на установке высокого давления НЛ-13Т с тороидальным уплотнением типа «наковальня с лункой» с выдержкой 40 минут. В продуктах экспериментов обнаружено зональное строение образцов. Центральная зона сложена стеклом основного состава и мелкими кристаллами кварца, а краевая – кристаллами кальциевого пироксена и округлыми кристаллами графита. При более высоком давлении центральная часть обеднена кристаллами кварца. Наблюдается прямая зависимость концентраций $\text{SiO}_2\text{-FeO}$ при $T = 1600$ °С и $P = 3$ ГПа. В стекле без кварца содержание FeO меньше, чем в стекле с мелкими кристаллами кварца. Несмотря на пересыщение исходной смеси по FeO, отдельных металлических капель не образовалось, т.к. летучесть кислорода была выше области железо-вюстит ($f\text{O}_2 > IW$). Данный результат является случаем кристаллизации в области нестабильности металлической фазы.

ФАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ ФОСФИДОВ И СУЛЬФИДОВ НИКЕЛЯ
ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

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

sagatovnye@igm.nsc.ru, тел.: 8 (952) 940 32 47

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №19-35-90043)

Фосфор и сера являются одними из потенциальных кандидатов на роль легкого элемента в ядрах Земли и планет (Stevenson, 1981; Mason, 1966; Li et al., 2001). В силу их распространенности в железных метеоритах (Bullock et al., 2005), поведение соединений фосфора и серы с никелем и железом при высоких давлениях привлекает большое внимание. В нашей работе, на основе первопринципных расчетов в рамках теории функционала плотности и алгоритмов поиска кристаллических структур мы исследовали структуру и стабильность соединений в системах Ni-P и Ni-S при давлениях 100–400 ГПа. В результате исследования выявлены два ряда твердых растворов: (Ni,P), представленный соединениями Ni₁₄P, Ni₁₂P, Ni₁₀P, Ni₈P, Ni₇P, Ni₅P, и Ni₃P; и (Ni,S), представленный соединениями Ni₁₄S, Ni₁₃S, Ni₁₂S, Ni₅S, Ni₄S, и Ni₃S. Фосфор и сера проявляют значительную смесимость в ГЦК структуре Ni: до 14.96 мас.% фосфора и 15.41 мас.% серы может входить в структуру Ni при низких температурах. На основе сравнения найденных соединений в системах Ni-X и Fe-X (X=S, P) мы предполагаем, что при высоких давлениях Ni способствует вхождению фосфора и серы в плотноупакованную структуру d-металлов, а смесимость P и S в сплаве (Fe,Ni) может быть выше, чем в чистом Fe.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ОРТОКАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ,
 Ca_2CO_4 -*Pnma*, ОТНОСИТЕЛЬНО ОСНОВНЫХ МАНТИЙНЫХ МИНЕРАЛОВ

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

sagatovadn@igm.nsc.ru, тел.: 8 (961) 871 17 84

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №20-35-90043)

Недавно с помощью алгоритмов предсказания структур нами было выявлено новое соединение в системе CaO - CaCO_3 , ортокарбонат кальция Ca_2CO_4 -*Pnma*, стабильное выше 13 ГПа в интервале температур 0-2000 К (Sagatova et al., 2020). Впоследствии эксперименты с помощью алмазных наковален подтвердили результаты наших расчетов и показали устойчивость Ca_2CO_4 -*Pnma* при ~20 ГПа и 1830 К (Binck et al., 2021). Здесь мы исследуем термодинамическую стабильность Ca_2CO_4 относительно MgSiO_3 (бриджманит), MgO (периклаз) и SiO_2 (кремнезем) в диапазоне давлений 20–100 ГПа и температур 500–2000 К на основе теории функционала плотности с помощью метода решеточной динамики в рамках квазигармонического приближения. Согласно полученным результатам, во всем исследованном *PT*-диапазоне Ca_2CO_4 находится в термодинамическом равновесии с периклазом, тогда как его сосуществование с бриджманитом не выгодно и приводит к образованию магнезита, Са-перовскита и периклаза. В ассоциации с кремнеземом Ca_2CO_4 сосуществует до 70-90 ГПа при 500-2000 К, где они реагируют с образованием твердого CO_2 -V и Са-перовскита (Sagatova et al., 2021).

РАСЧЕТЫ ФАЗОВЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ CaSiO_3 ДО 100 ГПА И 2500 К

**Сагатова Д.Н., Шацкий А.Ф. (НГУ, ИГМ СО РАН), Сагатов Н.Е. (ИГМ СО РАН),
Литасов К.Д. (ИФВД РАН)**

sagatovadn@igm.nsc.ru, тел.: 8 (961) 871 17 84

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект №21-17-00024)

На основе теории функционала плотности с помощью метода решеточной динамики в квазигармоническом приближении впервые комплексно исследованы фазовые взаимоотношения в одной из ключевых петрологических систем, CaSiO_3 , в интервале давлений 0-100 ГПа и температур 0-2500 К. При нормальных условиях CaSiO_3 представлен в структуре волластонита, который при нагреве до 1250 К переходит в структуру псевдоволластонита. В интервале давлений 4-8 ГПа CaSiO_3 стабилизируется в структуре брейита. Выше 8 ГПа силикат кальция распадается на ассоциацию Ca_2SiO_4 -ларнита и CaSi_2O_5 со структурой титанита. При давлении 13 ГПа Ca_2SiO_4 -ларнит реагирует с CaSi_2O_5 , образуя фазу с перовскитоподобной структурой – CaSiO_3 -перовскит, сохраняющий свою устойчивость до глубин нижней мантии Земли. В низкотемпературной области Ca-перовскит стабилен в тетрагональной модификации CaSiO_3 -I4/mcm. Выше 340 К при 13 ГПа Ca-перовскит стабилизируется в кубической модификации CaSiO_3 -Pm $\bar{3}m$. С увеличением давления до 100 ГПа, температура фазового перехода возрастает до 755 К. Кроме этого, рассчитаны термодинамические параметры для всех исследуемых фаз (Сагатова и др., 2021).

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ТОРФЕ
МЕТОДОМ ОКСИТЕРМОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА

Сараева А.Е. (ГЕОХИ РАН)

saraeva.88@inbox.ru, тел.: 8 (905) 760 53 09

Органический углерод (ОУ) повсеместно участвует в геохимических процессах. Знание количественного содержания ОУ позволяет узнать степень его участия в природных процессах. Разработка экологичных методов определения ОУ в веществах – до сих пор актуальная задача геохимии, биогеохимии и аналитической химии. Из известных методов анализа природных объектов перспективным является метод окситермографии, в полной мере отвечающий требованиям нового направления «зелёная» химия. На примере образцов низинного торфа показаны возможности окситермографии. Метод позволяет определять ОУ в больших диапазонах содержаний от долей до 100%, окисление проводится кислородом воздуха и при низких температурах (500 °С), в отличие от методов высокотемпературной пиролизной хроматографии (>1250 °С), дает возможность получить развертку спектра окисления, что позволяет варьировать условиями окисления. Прибор портативный и приспособлен для работы в полевых условиях. Количественное определение проводится по методу градуировочного графика, построенного с использованием аттестованных образцов сравнения веществ, подобных гуминовым кислотам, либо с установленным содержанием ОУ другим гостированным методом.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ МЕТАНА
В УСЛОВИЯХ НЕДР ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТ – «ЛЕДЯНЫХ ГИГАНТОВ»

Семерикова А.И. (физ. ф-т НГУ, ИГМ СО РАН),
Чанышев А.Д. (Bayerisches Geoinstitut Universitaet Bayreuth, Photon Science DESY),
Глазырин К., Пахомова А. (Photon Science DESY),
Курносков А. (Bayerisches Geoinstitut Universitaet Bayreuth),
Литасов К.Д. (ИФВД РАН),
Дубровинский Л.С. (Bayerisches Geoinstitut Universitaet Bayreuth),
Ращенко С.В. (ИГМ СО РАН, НГУ)
a.semerikova@g.nsu.ru, тел.: 8 (923) 236 28 33
РФФИ №18-35-20047

Метан – один из самых распространенных углеводородов во Вселенной, входящий в состав льдов планет – «ледяных гигантов» (Урана и Нептуна). Фазовая диаграмма метана при условиях недр этих планет представляет собой исходную информацию, необходимую для понимания их физики. Кроме того, интерес представляет стабильность легких углеводородов как составляющей глубинных флюидов Земли, в том числе в связи с образованием восстановленных углеродсодержащих фаз (алмазов, карбидов и других). Результаты предыдущих исследований традиционно интерпретировались в пользу разложения метана с образованием алмаза при давлении 16 – 60 ГПа и температуре 1700 – 3200 К. Однако, для повышения эффективности нагрева в соответствующих экспериментах использовались материалы-поглотители излучения (в основном платина). Нами убедительно продемонстрировано, что в условиях высоких давлений (20 – 100 ГПа) и температур (1500 – 2500 К) разложение метана в присутствии платины на самом деле связано с образованием гидридов PtH. Проведенные термодинамические оценки показали, что образование таких гидридов может снижать давление разложения метана на водород (связывающийся в гидрид) и алмаз на ~200 ГПа.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И СТРУКТУРА БРУНОГАЙЕРИТА (Fe_2GeO_4)

Сеткова Т.В., Балицкий В.С., Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Искрина А.В. (ИЭМ РАН, МГУ), Кузьмин А.В. (ИФТТ РАН), Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН), Хасанов С.С. (ИФТТ РАН), setkova@iem.ac.ru, тел.: 8(496)5225847

Работа выполнена в рамках государственных заданий АААА-А18-118020590140-7 и АААА-А18-118020590140-5 ИЭМ РАН.

Редкий Ge-минерал бруногайерит со структурой шпинели найден нижней зоне окисления гидротермального месторождения полиметаллических руд месторождения Цумеб, Намибия. Экспериментально нами были получены кристаллы бруногайерита размером до 500 мкм в автоклаве в результате взаимодействия раствора борной кислоты на металлическую железную проволоку в присутствии оксида германия (GeO_2) при температуре 600 °С и давлении 100 МПа. Синтетический бруногайерит $(\text{Fe}^{2+})_2\text{Ge}^{4+}\text{O}_4$ кристаллизуется в пространственной группе ($Fd\bar{3}m$), имеет структуру шпинели с параметрами элементарной ячейки: $a = 8.3783(6) \text{ \AA}$, $b = 8.3783(6) \text{ \AA}$, $c = 8.3783(6) \text{ \AA}$, $V = 588.12(13) \text{ \AA}^3$.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И СТРУКТУРА БРУНОГАЙЕРИТА (Fe_2GeO_4)

Сеткова Т.В., Балицкий В.С., Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Искрина А.В. (ИЭМ РАН, МГУ), Кузьмин А.В. (ИФТТ РАН), Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН), Хасанов С.С. (ИФТТ РАН)
setkova@iem.ac.ru, тел.: 8(496)5225847

Работа выполнена в рамках государственных заданий АААА-А18-118020590140-7 и АААА-А18-118020590140-5 ИЭМ РАН.

Редкий Ge-минерал бруногайерит со структурой шпинели найден нижней зоне окисления гидротермального месторождения полиметаллических руд месторождения Цумеб, Намибия. Экспериментально нами были получены кристаллы бруногайерита размером до 500 мкм в автоклаве в результате взаимодействия раствора борной кислоты на металлическую железную проволоку в присутствии оксида германия (GeO_2) при температуре 600 °С и давлении 100 МПа. Синтетический бруногайерит $(\text{Fe}^{2+})_2\text{Ge}^{4+}\text{O}_4$ кристаллизуется в пространственной группе ($Fd\bar{3}m$), имеет структуру шпинели с параметрами элементарной ячейки: $a = 8.3783(6) \text{ \AA}$, $b = 8.3783(6) \text{ \AA}$, $c = 8.3783(6) \text{ \AA}$, $V = 588.12(13) \text{ \AA}^3$.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОРОДЫ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

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

sidkinaes@yandex.ru, mikhail_mironenk@mail.ru, тел.: 8(499)1375040

Проведено термодинамическое моделирование преобразования осадочной породы, содержащей кероген, в интервале температур 50 - 400°C при постепенно повышающемся давлении от 300 до 2200 бар. Расчеты воспроизводят химическую направленность трансформации керогена и метаморфизма минеральной составляющей породы. Заложенный в качестве исходного вещества кероген состава $C_{292}H_{288}O_{12}$ преобразуется в менее высокомолекулярный и более окисленный кероген $C_{128}H_{68}O_7$ уже начиная с температуры 50°C. По результатам расчетов жидкая углеводородная фаза (нефть) появляется при более высоких температурах, чем в природе по геологическим данным, и примерно при тех же температурах, что в экспериментальных работах по получению синтетической нефти. При этом кероген и нефть существуют вместе только в узком интервале температур ~ 300-350°C. Полученная нефть в расчете на 92% состоит из алкановых углеводородов. При дальнейшем повышении температуры кероген полностью разрушается, а в нефти возрастает доля ароматических углеводородов до 49-77%. Метаново-углекислая газовая фаза присутствует в системе во всем рассматриваемом интервале температур и давлений.

ОБРАЗОВАНИЕ КОЛЛОИДНОЙ ПЛАТИНЫ ПРИ ОКИСЛЕНИИ
РАСТВОРА КАРБОНИЛА В АЦЕТОНЕ

**Симакин А.Г. (ИЭМ РАН, ИФЗ РАН), Шапошникова О.Ю. (ИЭМ РАН),
Тютюнник О.А. (ГЕОХИ РАН)**
simakin@iem.ac.ru, тел.: 8 (49652) 25853

В ходе экспериментальных исследований растворимости платины во флюиде CO-CO₂ (при P = 50–200 МПа и T= 950°C) в результате реакции флюида со стенками платиновой ампулы образуется карбонил платины. После опыта неразложившийся при закалке карбонил в периклазовой матрице (продукт разложения источника флюида Mg₂C₂O₄), а также на стенках ампулы, растворялись в ацетоне. После суточной выдержки раствор анализировался методом атомной абсорбции (ЕТ-ААС). Полученные растворы были проанализированы дважды, до и после центрифугирования. После центрифугирования наблюдается существенное снижение концентраций валового содержания платины. Это свидетельствует об образовании нанокристаллов самородной платины при окислении карбониллов. Наличие самородной мелкодисперсной платины в растворе ацетона позволило снять Рамановский спектр адсорбированного на ней карбонила с концентрацией не больше 1 ppm.

КОРОВАЯ ПРИРОДА УЛЬТРАМАФИТОВЫХ КСЕНОЛИТОВ ВУЛК. БЕЗЫМЯННЫЙ И АВАЧА ПО ДАННЫМ МИНЕРАЛЬНЫХ ГЕОСЕНСОРОВ.

Симакин А.Г. (ИЭМ РАН, ИФЗ РАН), Шапошникова О.Ю. (ИЭМ РАН)
simakin@iem.ac.ru, тел.: 8 (49652) 25853

Ультрамафитовые ксенолиты вулканов Камчатки принято интерпретировать как мантийные. Нами были проанализированы опубликованные данные по составу минералов ксенолитов из вулканов Авача (Ishimaru et al., 2008; 2007, Ionov et al., 2010) и Безымянный (Ionov et al., 2013). Использованы двупироксеновый геотермобарометр (Putirka, 2008) и последняя версия нашего амфиболового барометра (Simakin et al., 2019). В связи с высокой магнезиальностью амфиболов потребовалась коррекция пересчета катионов по позициям и степени окисления железа с учетом перехода части магния в позицию В. Двупироксеновые параметры ксенолитов вулкана Безымянный составляют: давление 5 ± 1.5 кбар, $T = 920 \pm 30^\circ\text{C}$. Причем сходные значения получены как для кайм, так и для ядер минералов. Амфиболовый барометр дает давление 4.2 кбар. Для ксенолитов вулкана Авача получены значения, по двупироксеновому сенсору $P = 5$ кбар, $T = 946^\circ\text{C}$, по амфиболовому 3 и 4.5 кбар по разным источникам. Т.е. в обоих случаях параметры указывают на кумулус среднекоровых интрузивов, которые фиксируются по геофизическим данным (например, Nurmukhamedov and Sidorov, 2019).

ФАЗЫ СИСТЕМЫ Fe-Fe₃C-Fe₃N ПРИ 7,8 ГПа И 1150°С КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ
КОНЦЕНТРАТОРЫ С И N В МАНТИЙНОМ САМОРОДНОМ ЖЕЛЕЗЕ

Сокол А.Г., Крук А.Н., Кораблин А.А. (ИГМ СО РАН)

sokola@igm.nsc.ru, тел.: 8 (383) 330 75 01

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Фазовый состав самородного железа на глубине около 250 км может быть промоделирован системой Fe-Fe₃C-Fe₃N. Согласно данным химического травления, XRD и ЕМРА эта система при 7,8 ГПа и 1150°С находится в условиях субсолидуса. В центральной части изотермического сечения диаграммы присутствует трехфазное поле α -Fe + Fe₃C + α -Fe₃(N/C), которое ограничивается тремя двухфазными полями (α -Fe + Fe₃C, α -Fe + α -Fe₃(N/C) и Fe₃C + α -Fe₃(N/C)) и тремя однофазными полями α -Fe, Fe₃C и α -Fe₃(N/C) твердых растворов. Особенности фазовых границ и состав фаз позволяют сделать вывод о том, что в деплетированных участках металл-насыщенной мантии при тепловом потоке ≤ 35 мВт/м² основными концентраторами углерода и азота будут γ -Fe и Fe₃C либо γ -Fe, а в обогащенных летучими участках мантии - γ -Fe, Fe₃C и карбонитрид α -Fe₃(N/C). Из-за высокой растворимости углерода карбонитрид имеет значительную область стабильности в системе. Таким образом, впервые экспериментально показано, что карбонитрид железа, обнаруженный ранее в глубинных алмазах, может быть важной фазой-концентратором С и N в самородном железе.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ**

**Сокол А.Г. (ИГМ СО РАН), Заикин П.А. (НИОХ СО РАН),
Заикина О.О. (ИК СО РАН), Сокол И.А. (ИГМ СО РАН)**

sokola@igm.nsc.ru, тел.: 8 (383) 330 75 01

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Исследования модельных систем при высоких давлениях и температурах позволяют воспроизводить процессы, обуславливающие формирование органических молекул в условиях мантии Земли. Мы в первом приближении реконструировали химические процессы, связанные с образованием углеводородов при P-T- fO_2 параметрах, близких к условиям в мантиях планет земного типа. Имеющиеся данные однозначно подтверждают образование углеводородов путем гидрирования различных источников углерода в условиях с различной фугитивностью кислорода. Карбонаты, диоксид углерода, элементарный углерод в форме алмаза, графита или аморфного углерода и, наконец, карбиды металлов могут выступать в качестве источников для образования углеводородов. В условиях с низкой fO_2 преобладает образование легких линейных алканов. С повышением fO_2 начинается конденсация легких алканов в более тяжелые. Присутствие оксидов металлов стимулирует изомеризацию и дегидроциклизацию, приводящую к образованию разветвленных алканов и аренов. В азотсодержащих системах образуется метанимин, аза-аналог формальдегида, который может участвовать в образовании аминокислот, альтернативно формальдегидному пути.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ КАЛЬЦИТА И АРАГОНИТА ОТ 10 К ДО ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

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

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

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-77-00031)

Карбонаты являются одним из основных носителей углерода в коре и мантии Земли и играют важную роль в транспортировке и хранении углерода в ее недрах. Обнаружение включений кальцита и арагонита в глубинных алмазах указывает на их присутствие в мантии, и что они могут формироваться по крайней мере на глубине переходной зоны [Brenker et al., 2007; и др.]. Таким образом, термодинамическое описание минералов группы CaCO_3 (кальцита и арагонита) на основе новейших P - V - T измерений из работ [Litasov et al., 2017; Wang M. et al., 2018; Wang X. et al., 2019; и др.] определит их устойчивость в мантии. Уравнения состояния кальцита и арагонита построены на основе термодинамической модели из [Dorogokupets et al., 2015; Sokolova, Dorogokupets, 2021]. Для описания тепловой части свободной энергии Гельмгольца использовалась расширенная модель Вине-Дебая-Эйнштейна с тремя характеристическими температурами (Θ_D , Θ_{E01} и Θ_{E02}), которая позволяет аппроксимировать теплоемкость минералов и другие термодинамические функции от низких температур ~ 10 К до температуры плавления. Основные параметры полученных уравнений состояния кальцита и арагонита следующие: $V_0 = 36.91 \text{ см}^3\text{моль}^{-1}$, $K_0 = 73.46 \text{ ГПа}$, $K' = 4$, $\Theta_D = 244 \text{ К}$, $\Theta_{E01} = 461 \text{ К}$, $\Theta_{E02} = 1563 \text{ К}$ и $V_0 = 34.17 \text{ см}^3\text{моль}^{-1}$, $K_0 = 66.5 \text{ ГПа}$, $K' = 5.04$, $\Theta_D = 359 \text{ К}$, $\Theta_{E01} = 3148 \text{ К}$, $\Theta_{E02} = 915 \text{ К}$, соответственно. Детали расчета и фазовые соотношения в системе CaCO_3 будут обсуждаться в докладе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ НАНОФАЗНОГО
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА В РЕГОЛИТЕ ЛУНЫ

**Сорокин Е.М. (ГЕОХИ РАН), Герасимов М.В. (ИКИ РАН), 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, оливину и перидотиту. В расплавных продуктах «удара» обнаружены наноглобулы железа, структурированные в цепочки. 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.

**КР-СПЕКТРОСКОПИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО КРИЗЕЛИТА $\text{Al}_2\text{GeO}_4(\text{OH},\text{F})_2$
ПРИ ДАВЛЕНИИ ДО 30 ГПа**

**Спивак А.В., Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН), Боровикова Е.Ю. (МГУ),
Квас П.С. (ИЭМ РАН, МГУ), Балицкий В.С., Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН)**

spivak@iem.ac.ru, тел.: 8(496)5225876

*Работа выполнена в рамках государственных заданий АААА-А18-118020590140-7 и
АААА-А18-118020590140-5 ИЭМ РАН*

Гидротермальным методом при температуре 600 °С и давлении 100 МПа были получены спонтанные кристаллы кризелита (Ge-топаза). Кристаллохимическая формула синтезированных кристаллов – $\text{Al}_{2.00}(\text{Ge}_{0.87}\text{Si}_{0.09}\text{Al}_{0.04})\text{O}_4(\text{F}_{1.36}\text{OH}_{0.64})$. КР-спектроскопия при нормальных условиях показала основные отличия спектра кризелита от спектра топаза. Методом *in situ* КР-спектроскопии при высоких давлениях была установлена зависимость сдвига положения основных полос КР-спектра от давления. По данным КР-спектроскопии выявлено, что структура кризелита не претерпевает серьёзных изменений при повышении давления до 30 ГПа.

ФОРМИРОВАНИЕ И СТАБИЛЬНОСТЬ АРЕНСИТА γ - Fe_2SiO_4 ПРИ 15-20 ГПа

Спивак А.В., Литвин Ю.А., Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН)

spivak@iem.ac.ru, тел.: 8(496)5225876

Исследование выполнено в рамках государственного задания

АААА-А18-118020590140-7 ИЭМ РАН

Аренсит – железистая ($\#Mg < 50$) разновидность твердого раствора γ - $(\text{Fe},\text{Mg})_2\text{SiO}_4$, обнаружен в метеорите (Tissint Martian). Среди включений в глубинных алмазах также найдены разновидности рингвудита, обогащенного железистым компонентом ($\#Mg = 75$). В связи с этим возникает необходимость экспериментального изучения стабильности и реакционного взаимодействия железистой разновидности рингвудита с карбонатсодержащими расплавами для понимания процессов мантийного генезиса пород и минералов, а также алмазообразования в условиях переходной зоны Земли. Проведен цикл экспериментов по изучению фазовых отношений в рамках политермического сечения $(\text{Mg}_2\text{SiO}_4)_{70}(\text{Carb}^*)_{30} - (\text{Fe}_2\text{SiO}_4)_{70}(\text{Carb}^*)_{30}$ системы $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 - \text{Fe}_2\text{SiO}_4 - \text{CaCO}_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{K}_2\text{CO}_3$ при 15-20 ГПа. Получены экспериментальные данные по условиям формирования и стабильности аренсита, а также по фазовым реакциям в алмазообразующей системе, обогащенной железистым компонентом Fe_2SiO_4 .

КР-СПЕКТРОСКОПИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО БРУНОГАЙЕРИТА (Fe_2GeO_4)
ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 30 ГПА

Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Боровикова Е.Ю. (МГУ),

Сеткова Т.В. Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН)

spivak@iem.ac.ru, тел.: 8(496)5225876

Работа выполнена в рамках государственных заданий АААА-А18-118020590140-7 и АААА-А18-118020590140-5 ИЭМРАН.

Бруногайерит редкий минерал, германат железа $(\text{Fe}^{2+})_2\text{Ge}^{4+}\text{O}_4$, со структурным типом шпинели. Для синтетического бруногайерита было проведено КР-спектроскопическое исследование при давлениях до 30 ГПа с использованием аппарата с алмазными наковальнями. Дополнительно были проведены фактор-групповой анализ колебаний и моделирование динамики решетки на основе структурных данных бруногайерита. Полученные КР-спектры при нормальных условиях синтетического кристалла бруногайерита состоят из основной интенсивной полосы при 756 см^{-1} и трех менее интенсивных полос ~ 644 , 302 и $\sim 205\text{ см}^{-1}$. Полосы $\sim 756\text{ см}^{-1}$ (A_{1g}) и $\sim 644\text{ см}^{-1}$ (F_{2g}) соответствуют симметричным и асимметричным валентным колебаниям тетраэдров GeO_4 , и аналогичны полосам колебаний SiO_4 тетраэдра при ~ 840 и $\sim 790\text{ см}^{-1}$ в спектре рингвудита $\gamma\text{-Mg}_2\text{SiO}_4$. Полоса 302 см^{-1} относится к деформационным симметричным колебаниям GeO_4 . Экспериментальные и расчетные данные показали возможный фазовый переход при $\sim 1,5$ ГПа.

**СОКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В РУДНЫХ
МИНЕРАЛАХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Таусон В.Л., Липко С.В., Бычинский В.А., Смагунов Н.В. (ИГХ СО РАН)

vltauson@igc.irk.ru, тел (3952)429967

Грант РФФИ № 20-05-00142, Проект ФНИ № 0284-2021-0002

При $T = 450^{\circ}\text{C}$ и $P = 100$ МПа, с использованием метода гидротермального синтеза с внутренним пробоотбором флюида, изучали распределение и сокристаллизацию благородных металлов (Au, Ag, Pt, Pd) в системах рудный минерал – гидротермальный раствор. Для разделения структурной и поверхностной составляющих содержания БМ в минеральных кристаллах применяли методы атомно-абсорбционной спектроскопии в версии СВАДМ (статистические выборки аналитических данных для монокристаллов), ЛА-ИСП-МС, РСМА. Показано, что коэффициенты сокристаллизации более устойчивы к изменению физико-химических параметров по сравнению с коэффициентами распределения, что делает их предпочтительными при решении задачи определения содержания БМ в рудообразующих флюидах. Причины вариаций этих коэффициентов выявлены путем моделирования реальных экспериментальных систем с помощью программного комплекса Селектор.

ИЗУЧЕНИЕ ФАЗОВЫХ ОТНОШЕНИЙ В СИСТЕМЕ $\text{NdO}_{1.5}\text{-TiO}_2\text{-ZrO}_2$

**Уланова А. С. (ИГЕМ РАН), Циркунова В. Д. (МГУ),
Никольский М. С. (ИГЕМ РАН),**

Одной из проблем, определяющих перспективное развитие ядерной отрасли, является проблема долговременного хранения высокоактивных отходов (ВАО). Для иммобилизации ВАО необходимо использовать консервирующие матрицы, обладающие комплексом специальных физико-механических и химических свойств. В настоящее время в качестве таких матриц используют алюмофосфатные и боросиликатные стёкла. Их недостатки – низкая емкость в отношении отходов (4–15 мас. %), высокая растворимость в воде, быстрая кристаллизация, ухудшение защитных свойств со временем. В качестве альтернативы стёклам предлагается использовать кристаллические матрицы. Изучение тройной системы $\text{NdO}_{1.5}\text{-TiO}_2\text{-ZrO}_2$ необходимо для прогнозирования составов керамик, перспективных в качестве матриц редкоземельно-актинидной фракции ВАО. Методом твердофазного синтеза были получены 6 образцов с 60 мас. % $\text{NdO}_{1.5}$ и переменным отношением TiO_2 и ZrO_2 , и 6 образцов с 35 мас. % $\text{NdO}_{1.5}$ и переменным отношением TiO_2 и ZrO_2 , при температурах 1450 и 1500 °С. Синтезированные керамики изучались методами рентгенофазового анализа и сканирующей аналитической электронной микроскопии. Сравнение результатов эксперимента с литературными данными указывает на необходимость уточнения строения фазовой диаграммы $\text{Nd}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-ZrO}_2$.

ФАЗОВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ $\text{CaCO}_3\text{--CaSiO}_3$ ПРИ 6 ГПа

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

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

Работа выполнена при поддержке РНФ (проект №21-17-00024)

Обнаружение алмазов, содержащих включения кальциевых силикатов, обычно CaSiO_3 валстромита, а также CaCO_3 , привело к предположению об их кристаллизации из мантийного субстрата, отличного от эклогитового и перидотитового. Минимальное давление, при которых возможно образование подобных включений оценено в 6 ГПа. При этом критерии оценки температуры их образования отсутствуют.

В следствие этого нами исследованы фазовые взаимоотношения в системе $\text{CaCO}_3\text{--CaSiO}_3$ при 6 ГПа и 1300–1750 °С. Установлено, что $T\text{-}X$ диаграмма данной системы имеет эвтектический вид. Субсолидус представлен ассоциацией арагонита и валстромита. Эвтектика расположена при 1400 °С и 57 мол.% CaSiO_3 . До 1600 °С кристаллы CaCO_3 закалываются в арагонит, а при 1650 °С — в кальцит. CaCO_3 плавится конгруэнтно при 1660 °С. Валстромит плавится инконгруэнтно при 1750 °С с образованием ларнита и расплава.

Таким образом выявлено, что совместная кристаллизация алмаза и валстромита из раствора углерода в кальциевом карбонат-силикатном расплаве возможна при температурах не ниже 1400 °С, что согласуется с гипотезой о сублитосферном генезисе подобных алмазов.

КИНЕТИКА ВЫДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ КСЕНОНА
ИЗ НАНОАЛМАЗА МЕТЕОРИТОВ

Фисенко А.В., Семенова Л.Ф. (ГЕОХИ РАН)
anat@chgn.net.ru, тел. 8 903 1269535

Проведен анализ кинетики выделения при пиролизе наноалмазов метеоритов Orgueil и Indarch вычисленных компонентов Хе-РЗ, Хе-S, Хе-prHL и Хе-prP6эх. Используемые нами впервые две последние сверхизотопно аномальные компоненты могли быть образованы в р- и г-процессах нуклеосинтеза при взрыве одной из сверхновых II типа. Основные результаты анализа: максимумы выделения компонентов ксенона различны, что указывает на их нахождение в индивидуальных популяциях зерен алмаза с разной термоокислительной стабильностью. Выявленная ассоциация Хе-prP6эх с компонентой Хе-S показывает, что зернами SiC с Хе-S могут быть зерна типа SiC-X, образующиеся при взрыве сверхновой II типа. Метаморфизм в окислительных условиях, например для Orgueil, ведет к изменениям морфологии поверхностных слоев наноалмаза и SiC, в результате чего понижаются температуры выделения Хе-prP6эх и Хе-S относительно Indarch и появляются низкотемпературные пики их выделения (480-680⁰С). Таким образом, новый компонентный состав ксенона, использованный для моделирования измеренных изотопных составов ксенона, позволяет также изучать фазы носители этих компонентов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕРЫ
НА СУЛЬФИДИЗАЦИЮ ОЛИВИНА ПРИ ВЫСОКИХ P,T-ПАРАМЕТРАХ

**Фурман О.В. (ИГМ СО РАН, НГУ), Баталева Ю.В., Борздов Ю.М.,
Пальянов Ю.Н. (ИГМ СО РАН)**

furmano@igm.nsc.ru, тел.: +7 (913) 797 70 73

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН

Экспериментальные исследования, направленные на моделирование процессов взаимодействия агентов серного метасоматоза с мантийными силикатами и оценку влияния концентрации серы на сульфидизацию оливина, проведены в системе Fe,Ni-оливин+сера на аппаратуре высокого давления БАРС (1050 и 1450 °С, 6,3 ГПа, 40-60 часов, концентрации серы (X_s) 0.1, 2, и 6 мол. %). Экспериментально установлено, что в результате перекристаллизации Fe,Ni-оливина в расплаве серы происходит экстракция Fe и Ni из оливина в этот расплав и реализуется кристаллизация Fe,Ni-сульфидов и низкожелезистых силикатов в виде самостоятельных фаз. При повышении X_s происходит закономерное увеличение количества новообразованных сульфидов и силикатов, сопровождающееся снижением содержаний FeO и NiO в оливине и новообразованном ортопироксене. Предложен новый механизм сульфидизации железосодержащих силикатов в мантии под воздействием серы, как компонента восстановленного глубинного флюида. Экспериментально продемонстрировано, что восстановительные агенты серного метасоматоза даже в минимальных концентрациях способны растворять и транспортировать мантийные силикаты и сульфиды, а также играть одну из ключевых ролей в рудообразующих процессах с участием мантийных серных флюидов.

МОДИФИЦИРОВАННАЯ FeS -Ni – NiS ЭВТЕКТИКА В УДАРНОМ ПРОЖИЛКЕ
ПАЛЛАСИТА СЕЙМЧАН

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

Палласит Сеймчан характеризуется коалесценцией и агрегированием ударно переплавленных зерен оливина с заполнением межзеренного пространства остаточным фосфат-(Ph)-металл (Me)-сульфидным (Sulf) расплавом. Микроструктура и химический состав Me-Sulf образований в прямолинейном прожилке исследованы методами EMPA и SEM. Прожилок имеет структуру жидкостной Ph-Me-Sulf несмесимости, что указывает на локальное ударное плавление вещества прожилка. Структура Me-Sulf образований характеризуется «островками» троилита FeS в окружении волокнисто-спутанных сростаний сульфида и металла. Фазовый состав Me-Sulf ассоциации соответствует системе Ni – FeS – NiS. Морфология и химический состав выделений в участках с волокнистой микроструктурой являются признаком модифицированной FeNi-FeS эвтектики. Причина парадоксального изменения исходного состава FeNi + FeS расплава, а именно возрастание концентраций S и Ni, означает поступление дополнительной S из внешней зоны прожилка; источник дополнительной серы остается предметом обсуждения. Me-Sulf образования в ударном прожилке Сеймчана кардинально отличаются от структур FeS-FeNi эвтектических сростаний в хондритах.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АМФИБОЛА С H₂O-NaCl-KCl ФЛЮИДОМ ПРИ 750°C, 700МПа:
ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ И РАСПЛАВОВ

Ходоревская Л.И., Варламов Д.А. (ИЭМ РАН)
khodorevskaya@mail.ru, тел.: 8 (916) 651 25 53

При $T=750^{\circ}\text{C}$, $P=700$ МПа проведено экспериментальное изучение взаимодействия амфибола с растворами (K,Na)Cl-H₂O при высоком и варьирующем содержании солей. При низких отношениях $X_{\text{KCl}}/(X_{\text{KCl}}+X_{\text{NaCl}})$ во флюиде стабильны ассоциации $Hbl+Ne+Sdl+Pl+Bt\pm Cpx$. Увеличение данного отношения приводит к нестабильности Ne , Sdl , Pl , Hbl . При значениях $X_{\text{KCl}}/(X_{\text{KCl}}+X_{\text{NaCl}}) > 0.5$ устойчива ассоциация $Cpx+Bt+Kfs+Grt$ (гроссуляр-андрадит). Таким образом, индикаторами высокой активности натрия является нефелин, калия - гранат $Grs-Andr$ состава. Появление $Grs-Andr$ подтверждает выводы о генезисе святоноситов при участии флюидов с высокой a_{K} . При уменьшении валовой солености флюидов и увеличении $a_{\text{H}_2\text{O}}$ ($a_{\text{H}_2\text{O}} > 0.4$) появляются расплавы, состав которых меняется от трахитов до фонолитов. С ростом X_{KCl} в составе флюидной фазы снижается глиноземистость расплавов. Увеличение общей солености флюида приводит к увеличению содержания калия в расплаве и уменьшению содержания в нем хлора.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ И СОСТАВА ЧАСТИЦ
КОСМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ИЗ ТРЕПЕЛА И ПЕСКА ПУСТЫНИ**

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

tselm@mail.ru, тел.8 906 6327448, larissa_maxe@rambler.ru

Работа выполнена по гос. заданию ИФЗ РАН

Рассматриваются магнитные сферические частицы космической пыли (Mt-сферы) из палеопланшета-коллектора – осадочной породы трепел. Mt-сферы, извлеченные из трепела и магнитного концентрата, стали объектом сравнительного анализа с подобными металлическими микросферами, обнаруженными около кратера близ горы Камил (22 ° 01 ' 06"N, 26°05 ' 15"E), образовавшегося при падении метеорита 5000 лет назад. Комплексное обследование с помощью SEM микросфер, предпринятое нами, в сравнении с результатами исследований микросфер горы Камил, позволило составить представление об источнике и механизмах их образования. Микросферы, как из трепела, так и из песка пустыни, имеют чрезвычайное сходство морфологии, микроструктуры, состава. Основным результатом исследования является (более чем вероятно) демонстрация того, что первичный источник металлических магнитных микросфер, обнаруживаемых в трепеле и песке пустыни, имеет космическую природу.

**ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ТОРФЯНЫХ ТОЛЩ
ПРИ ГЛОБАЛЬНЫХ ПОХОЛОДАНИЯХ, СВЯЗАННЫХ
С АКТИВИЗАЦИЯМИ ЭКСПЛОЗИВНОГО МАГМАТИЗМА**

Цельмович В.А., Куражковский А. Ю. (ГО «Борок» ИФЗ РАН)

tselm@mail.ru, тел.8 906 6327448

Работа выполнена по гос. заданию ИФЗ РАН

Исследовано влияние активизации эксплозивного вулканизма (536 г. н.э.) и последующего похолодания на экосистемы торфяных болот, формировавшихся на территории России. Изучаемые торфяные толщи двух болот имели координаты (55°с.ш., 88° в.д. и 58°с.ш, 38°в.д., Кемеровская и Ярославская области). Положение горизонтов торфа предположительно соответствует событию 536 года и определено радиоуглеродным методом. Подошва этих горизонтов соответственно находилась на глубине 120 см и 105 см. Микроминералогические исследования показали, что на этих глубинах торф обогащен ферро-силикатными сферами диаметром 0,1-10 мкм и характеризуется относительно высокой остаточной намагниченностью и плотностью. Мощность слоя, обогащенного ферро-силикатными сферами и имеющими относительно высокую остаточную намагниченность, составляет в среднем 7 см. Мощность слоя с повышенной плотностью была 10-20 см. Вероятный временной интервал между изменением и восстановлением экосистем составлял около 200 лет.

**МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МАГНИТНОЙ И ДОМЕННОЙ
СТРУКТУР В МИНЕРАЛАХ ПРИ ПОМОЩИ ФЕРРОКОЛЛОИДА**

Цельмович В.А., Афиногенова Н.А. (ГО «Борок» ИФЗ РАН)

tselm@mail.ru, тел.: 8(906)6327448,

Работа выполнена в рамках гос. задания ИФЗ РАН

Применение магнитных ферроколлоидных жидкостей на образцах, содержащих в своём составе магнитную и немагнитную части, хорошо визуализирует структуру магнитных частиц, а именно: магнетит-ильменитовые сростки, структуры гетерофазного распада, распределение по зерну зон с различной намагниченностью. При больших увеличениях, доступных для оптического микроскопа, диагностируется доменная структура, что позволяет визуализировать саму структуру и определить размеры доменных стенок. Метод позволяет не только быстро диагностировать магнитную структуру зёрен, но и экономить время оператора при последующем изучении образцов при помощи СЭМ. В настоящей работе приведён обзор экспериментальных работ по исследованию магнитной микроструктуры образцов из различных коллекций магнитными жидкостями, приведены микрофотографии изученных структур с использованием магнитного контраста, полученного благодаря ферроколлоиду.

ПОЛУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ СУЛЬФИДНЫХ МИНЕРАЛОВ
В ХАЛЬКОГЕНОВЫХ ПАРАХ И РАСПЛАВАХ

Чареев Д.А., Некрасов А.Н., Осадчий В.О. (ИЭМ РАН), Евстигнеева П.В. (ИГЕМ РАН)
chareev@iem.ac.ru, тел. +7(910)4638923

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ 20-35-70049 Стабильность

Показана возможность получения монокристаллов многих предельных селенидов и теллуридов переходных металлов с помощью испарения насыщенного халькогенового расплава. Также показана возможность получения некоторых сульфидов при испарении расплавов селена или теллура.

Кроме того, для получения кристаллов три- и дисульфидов может быть использована газообразная сера в качестве транспортного реагента. Перенос в серных парах нельзя назвать методом сублимации, так перенос металла осуществляется в виде газовых частиц с большим количеством атомов серы и не осуществляется в отсутствие паров серы.

О РАСТВОРИМОСТИ ФТОРИДОВ В РАСПЛАВЕ ПРИРОДНОГО
КАЛИЕВОГО СИЕНИТА

Чевычелов В.Ю., Плюснина О.Е., Вирюс А.А. (ИЭМ РАН)

chev@iem.ac.ru, тел.: 8(496)52-258-61

Экспериментально исследована растворимость фторидов во флюидонасыщенном расплаве природного калиевого сиенита из золоторудного месторождения Таборное при $T = 900-600^{\circ}\text{C}$, $P = 250-150$ МПа. Эксперименты были поставлены с целью подтверждения предположения о достаточно высокой растворимости фтора в расплаве ультракалиевых сиенитов, что могло способствовать формированию внедрившихся в виде силлов специфических и маловязких расплавов. Химический состав, использованного в экспериментах сиенита (в мас.%): $\text{SiO}_2 - 63.9$, $\text{TiO}_2 - 0.2$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 16.8$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2.0$, $\text{MnO} - 0.1$, $\text{MgO} - 0.1$, $\text{CaO} - 1.0$, $\text{Na}_2\text{O} - 0.2$, $\text{K}_2\text{O} - 15.8$, ППП – 2.5, $\Sigma - 97.3$.

В результате экспериментов резко изменялась кислотность-щелочность сосуществующего с расплавом флюида: кислый исходный раствор ($\text{pH} = 2-2.5$) становился щелочным ($\text{pH} = 9$). Определены температуры солидуса ($613 \pm 13^{\circ}\text{C}$) и ликвидуса ($725 \pm 75^{\circ}\text{C}$) изучаемого расплава. По данным волнового рентгеновского спектрометра получены довольно высокие содержания фтора в сиенитовом расплаве до 4.0-4.2 мас.% в диапазоне $650-800^{\circ}\text{C}$ и до 4.0-5.0 мас.% при 625°C .

НИЗКОБАРИЧЕСКОЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ МЕРГЕЛИСТОГО ИЗВЕСТНЯКА ИЗ ПИРОМЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МОНГОЛИИ (ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ)

Чевычелов В.Ю., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН, Перетяжко И.С. (ИГХ СО РАН), Вирюс А.А., Сук Н.И. (ИЭМ РАН, Савина Е.А. (ИГХ СО РАН))

chev@iem.ac.ru, тел.: 8(496)52-258-61

Эксперименты проведены при $T = 1300^{\circ}\text{C}$, $P = 10-12$ МПа и повышенном парциальном давлении CO_2 . Их задачей являлось определение условий образования мелилит-нефелиновой паралавы и карбонатного расплава, формирующихся в результате плавления известняка, содержащего 40 мас.% пелитового материала. Химический состав, использованной в экспериментах породы (мас.%): 16.3 SiO_2 , 0.3 TiO_2 , 9.1 Al_2O_3 , 0.8 Fe_2O_3 , 0.4 FeO , 0.1 MnO , 1.9 MgO , 39.9 CaO , 2.6 Na_2O , 0.3 K_2O , 0.2 P_2O_5 , 26.2 CO_2 , 1.5 H_2O^+ , 0.5 H_2O^- , 0.2 S_{tot} , 0.2 SrO , 100.6 Σ .

Первые результаты показывают присутствие следующих фаз в продуктах опытов (микронзондовый анализ, мас.%): (?)ларнит Ca_2SiO_4 – 64.1-65.0 CaO , 25.5-31.4 SiO_2 , 1.8-2.8 Na_2O , 0.7-2.0 MgO , 0.3-1.1 TiO_2 , 96.8-101.3 Σ ; (?)геленит $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ – 43.2-45.2 CaO , 35.5-40.6 Al_2O_3 , 14.5-19.6 SiO_2 , 0.5-1.1 MgO , 99.6-103.2 Σ ; кальцит $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ – 57.8-58.2 CaO , 0.4-0.6 SrO , 60.0-61.5 Σ и продукты закаливания двух расплавов: щелочно-карбонатного – 33.9-34.8 CaO , 11.6-12.2 Na_2O , 3.7-3.9 K_2O , 1.8-4.1 SO_3 , 53.4-56.0 Σ и карбонатно-силикатного – 43.3-48.4 CaO , 13.7-14.9 SiO_2 , 9.4-10.9 Al_2O_3 , 2.6-3.6 Na_2O , 2.3-2.9 MgO , 0.4-0.8 TiO_2 , 0.3-0.6 K_2O , 0-0.8 SrO , 73.6-83.0 Σ . В опыте без повышенного давления CO_2 были получены близкие по составу фазы, исключая карбонатно-силикатный расплав.

ОБРАЗОВАНИЕ КАЛИЕВЫХ КАРБОНАТНЫХ И АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ
РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ МОДЕЛЬНЫЙ ПЕЛИТ-CO₂
ПРИ P-T ПАРАМЕТРАХ АЛМАЗООБРАЗОВАНИЯ

**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 РНФ (проект №21-17-00024)

В системе модельный пелит при 6 ГПа субсолидусная ассоциация представлена K₂TiSi₃O₉ вадеитом, омфацитом, гранатом, коэситом, кианитом и доломитом. При 1000 °С K₂TiSi₃O₉ реагирует с доломитом с образованием граната, кианита, коэсита и карбонатной жидкости 40(K_{0.90}Na_{0.10})₂CO₃·60Ca_{0.55}Mg_{0.24}Fe_{0.21}CO₃ + 1.9 мас.% SiO₂ + 1.0 мас.% TiO₂ + 2.5 мас.% Al₂O₃. Увеличение температуры до 1100 °С сопровождается образованием молекулярного CO₂, а до 1200 °С – алюмосиликатной жидкости, содержащей (мас.%): SiO₂ = 52.4, TiO₂ = 2.3, Al₂O₃ = 13.0, FeO = 1.6, MgO = 1.2, CaO = 3.2, Na₂O = 3.0, K₂O = 15.2, CO₂ = 8.0. Обе несмешивающиеся жидкости и CO₂-флюид устойчивы до 1500 °С в равновесии с минералами эклогитового парагенезиса, омфацитом (0.4-1.5 мас.% K₂O), гротсуляр-альмандин-пироповым гранатом, кианитом и коэситом. Составы этих жидкостей близки к составам ультракалиевых карбонатитовых и алюмосиликатных расплавов из включений в природных алмазах, что обосновывает возможность их образования в результате частичного плавления карбонатизированного материала континентальной коры, субдуцированного на глубину 200 км (Shatskiy et al., 2019).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ В СИСТЕМЕ MgO–FeO–SiO₂

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

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

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00801

Физико-химические свойства системы MgO–FeO–SiO₂ представляют значительный интерес для петрологии и космохимии, а также для практического применения в металлургии и производства высокоуглеродистых магнетитовых огнеупоров.

Расчеты термодинамических свойств расплавов в системе MgO–FeO–SiO₂ в области температур 1800–2400 К были выполнены 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 и их двойных соединений. В составе газовой фазы над расплавом учитывали наличие Mg, Mg₂, MgO, Fe, Fe₂, FeO, FeO₂, Si, Si₂, SiO, SiO₂, Si₂O₂, O, O₂, O₃ и O₄.

Расчитанные величины активностей оксидов и энергий смешения в расплавах системы MgO–FeO–SiO₂ сопоставлены с имеющимися в литературе экспериментальными (Kojima et al., 1969; Ban-Ya, Shim, 1982; Plante et al., 1992; Costa et al., 2017) и теоретическими данными (Wu et al., 1993; Bjorkvall et al., 2000).

ПОВЕДЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ
МОДЕЛЬНОЙ ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЫ С ВОДОЙ И ФТОРОМ

Щекина Т.И. (*геол. ф-т МГУ*), **Русак А.А.** (**ГЕОХИ РАН**), **Алферьева Я.О.**,
Зиновьева Н.Г. (*геол. ф-т МГУ*), **Хвостиков В.А.** (*ИПТМ РАН*)

t-shchekina@mail.ru, тел.: +7 (495) 939-20-40,

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

Изучено поведение редкоземельных элементов (REE), Y, Sc в модельной гранитной системе Si-Al-Na-K-Li-F-O-H с предельным содержанием фтора при температурах от 1250 до 400°C, давлении 1 кбар. Показано, что при высоких температурах 1250 - 1000°C алюмосиликатный расплав L является гомогенным, лишь при закалке в нем образуются мелкие выделения Li-K-Na алюмофторидов различного состава, в которых наблюдаются повышенные содержания REE. Начиная с 800°C, когда в системе проявляется область жидкостной несмесимости, все редкоземельные элементы преимущественно концентрируются в солевом алюмофторидном расплаве LF по сравнению с силикатным. Коэффициентами разделения между солевым и алюмосиликатным расплавами намного превышают $KD_{REE}^{(LF/L)} \gg 1$. Редкоземельные элементы не образуют собственных фаз в силикатном расплаве. С понижением температуры вплоть до 500°C REE продолжают накапливаться в остаточном расплаве солевых глобулей, заполняющем интерстиции между кристаллизующимися в них K-Na-алюмофторидами. При 400°C солевой расплав полностью кристаллизуется, и REE, Y, Sc образуют фторидные соединения типа LnF_3 (аналога флюоцерита CeF_3) или $(Na,K)_3LnF_6$ (аналога гагаринита $NaCaYF_6$). Только скандий из рассматриваемой группы элементов проявляет склонность к вхождению в структуры других кристаллизующихся в системе фаз, частично замещая Al в криолите $(Na,K)_3(Al,Sc)F_6$ и Li-слюде, подобной полилитиониту $KLi_2(Al,Sc)Si_4O_{10}(F,OH)_2$. При 800 и 750°C наблюдается положительная корреляция между коэффициентами разделения REE, Y, Sc и Li. Существенное накопление REE в остаточных солевых расплавах, богатых летучими компонентами (H_2O и F), указывает на возможный механизм концентрации REE, Y и Sc в гранитных массивах на последних стадиях их дифференциации и в пегматитах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ОКСИДА МОЛИБДЕНА (VI) В РАСТВОРАХ HF ПРИ 25-230°C И ДАВЛЕНИИ НАСЫЩЕННОГО ПАРА ВОДЫ

Якименко А. А., Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ)

yakimenko_alice@mail.ru, тел.: 8 (926) 670 04 70

РНФ (проект № 19-17-00200)

Растворимость оксида молибдена (VI) в растворах HF была исследована только при низких температурах, данные же о растворимости MoO_3 при повышенных температурах отсутствуют. Целью данной работы является определение стехиометрии фторидного комплекса Mo (VI) и его роли в переносе молибдена в условиях гидротермального процесса. Исследована растворимость оксида MoO_3 в растворах HF концентрацией от 0 до 1 моль/кг и с постоянной концентрацией HCl 0,05 моль/кг при температуре 25, 100, 150, 200, 230°C и давлении насыщенного пара воды. Для определения времени установления равновесия в системе была проведена кинетическая серия. Результаты показали, что растворимость оксида молибдена (VI) возрастает в кислых растворах с концентрацией HF выше 0,01 М. Это можно объяснить образованием комплекса $\text{H}_3\text{MoO}_4\text{F}^\circ_{(\text{aq})}$.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ИСПАРЕНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ
КОМПОНЕНТОВ ИЗ РАСПЛАВОВ ХОНДР

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

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

Проблема геохимии натрия и калия является ключевой при расшифровке физико-химических условий образования хондр хондритов. Экспериментальные данные по испарению K_2O и Na_2O из расплавов с разным содержанием SiO_2 показали, что процесс испарения явно зависит от кислотно-основных свойств расплава. Наблюдаемая зависимость интерпретируется в рамках теории Д.С. Коржинского о кислотно-основном взаимодействии компонентов. На примерах испарения модельных составов близких к хондрам, а также на примере испарения хондр хондрита Саратов (L4) подтверждается главный тезис теории, что базовые параметры активности компонентов – концентрация и коэффициент активности – управляют поведением K_2O и Na_2O . Эксперимент с хондрами проведён методом испарения в ячейке Кнудсена, что позволило получить количественные параметры парциальных давлений и температур испарения щелочных компонентов. При испарении хондр щёлочи наблюдались в газовой фазе в диапазоне температур 1050–1300°C при парциальных давлениях 10^{-8} - 10^{-7} бар. На основании этих данных можно уверенно утверждать, что если бы испарение хондр происходило в условиях медленного испарения в вакууме, то щелочи в расплавах хондр исчезли бы полностью.

Отпечатано на ризографе
в ОНТИ ГЕОХИ РАН
тираж 100 экз.
