

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**

**ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ**

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

**ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ**

**РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ВСЕРОССИЙСКИЙ**

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

**ВЕСЭМПГ-2014**

**15–16 апреля 2014 г.**

**тезисы докладов**

Москва 2014

## **Председатели семинара**

**проф. Арнольд Арнольдович Кадик (ГЕОХИ РАН)**

**проф. Юрий Андреевич Литвин (ИЭМ РАН)**

## **Оргкомитет:**

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

## **Секретарь семинара:**

Татьяна Ивановна Цехоня (ГЕОХИ РАН)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛЗИДУСОВ РЕДКО-МЕТАЛЬНЫХ ГРАНИТОВ ВОЗНЕСЕНКИ (ПРИМОРЬЕ) И ТУРМАЛИНОВЫХ ГРАНИТОВ КОМСОМОЛЬСКОГО РАЙОНА (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)

**Аксюк А.М., Коржинская В.С., Конышев А. А. (ИЭМ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF SOLIDUS OF RARE-METAL GRANITE FROM VOZNESEKA AREA (PRIMOR'YE) AND KOMOMOLSKY REGION (FAR EAST)

**Aksyuk A.M., Korzhinskaya V.S., Konyshev A.A. (IEM RAS)**

[aksyuk@iem.ac.ru](mailto:aksyuk@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 252 4425

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН и РФФИ (грант 10-05-00292).*

Получены экспериментальные  $P$ - $T$  оценки солидусов биотитовых и литий-фтористых гранитов Вознесенского узла (Приморье) и турмалиновых гранитов Солнечного оловорудного месторождения (Комсомольский район, Дальний Восток) при давлениях 50–500 МПа. Опыты проводились с порошками природных гранитов в воде и в водных фторидных растворах с концентрацией 0.1 м HF. По геологическим данным Вознесенские граниты близки по возрасту и относятся одному комплексу: биотитовые граниты слагают, по-видимому, первую фазу, а Li-F – вторую фазу гранитов. С литий-фтористыми гранитами связаны Ta-Nb месторождения и высоко-фтористые флюиды. С турмалиновыми гранитами в Комсомольском районе связывают формирование крупных месторождений олова. По экспериментальным данным солидус вознесенских биотитовых гранитов лежит на 50°C ниже солидуса гаплогранита, солидус Li-F гранитов – ниже 100°C. Параметры солидуса турмалиновых гранитов Солнечного Sn-месторождения при 50–200 МПа оказались также близки к солидусу гаплогранита в воде. Присутствие фтора (до 0.1 м HF) во флюиде начинает снижать температуру солидуса на 30–40°C при 300–500 МПа. Формирование турмалиновых гранитов и Sn – месторождения Комсомольского района проходило, видимо, с преобладающим участием низкофтористых, хлоридных, флюидов.

**К ВОПРОСУ О ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЯХ ИНТЕНСИВНОСТИ  
ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ЗА ПОСЛЕДНИЙ МИЛЛИАРД  
ЛЕТ: МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ РАДИАЦИОННЫХ ВОЗРАСТОВ  
ЖЕЛЕЗНЫХ МЕТЕОРИТОВ**

**Алексеев В.А. (ГЕОХИ РАН)**

**ON TEMPORAL VARIATIONS OF THE INTENSITY OF GALACTIC COSMIC  
RAYS DURING LAST BILLION YEARS: MODELLING OF THE DISTRIBUTIONS  
OF THE COSMIC-RAY EXPOSURE AGES OF THE IRON METEORITES**

**Alexeev V.A. (GEOKHI RAS)**

[AVAL37@chgnnet.ru](mailto:AVAL37@chgnnet.ru), тел.: 8(499) 137-8614

*Работа частично поддержана Программой № 22 фундаментальных исследований  
Президиума РАН и Программой № 4 ОНЗ РАН.*

Прохождение Солнечной системы через галактические рукава может сопровождаться вариациями интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) и изменениями частоты метеорито-образующих столкновений с родительскими телами. Для изучения этих вариаций за последний миллиард лет могут быть привлечены данные о распределении радиационных возрастов железных метеоритов. На основе анализа распределения таких возрастов было высказано предположение о наличии вариаций интенсивности ГКЛ с периодом ~150 млн. лет (Shaviv, 2003). Однако корректность такого вывода оспаривается (Wieler et al., 2011). Для дальнейшего изучения этого вопроса в докладе приводятся результаты сопоставления параметров модельных распределений радиационных возрастов с таковыми для железных метеоритов.

**ТРЕКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХОНДРИТОВ ЧЕЛЯБИНСК И KOŠICE**

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

**TRACK STUDY OF CHELYABINSK AND KOŠICE CHONDRITES**

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

[AVAL37@chgn.net.ru](mailto:AVAL37@chgn.net.ru), тел.: 8(499) 137-8614

*Работа частично поддержана Программой № 22 фундаментальных исследований Президиума РАН и Программой № 4 ОНЗ РАН.*

Выполнены измерения и анализ распределений плотности треков VН-ядер космических лучей для кристаллов оливина, выделенных из образцов обыкновенных хондритов Челябинск LL5 (падение 15.02.2013 г.) и Коšice H5 (падение 28 февраля 2010 г., Словакия). Около 40% кристаллов из метеорита Челябинск характеризуется высокой плотностью треков –  $10^5$ – $10^6$  трек/см<sup>2</sup>, вплоть до  $10^7$  трек/см<sup>2</sup>, тогда как в остальных кристаллах плотность треков существенно ниже – менее  $\sim 10^3$  трек/см<sup>2</sup>. Полученные данные подтверждают сделанный ранее (Галимов и др., 2013), по результатам трековых исследований других образцов, вывод о сложной, многостадийной радиационно-термической истории вещества метеорита Челябинск. Плотность треков в большинстве кристаллов оливина из метеорита Коšice найдена равной  $\sim 10^5$ – $10^6$  трек/см<sup>2</sup>.

**СЕПАРАЦИЯ КРЕМНЕЗЕМА В ЗАКРЫТОЙ СИСТЕМЕ КВАРЦ–ВОДА–ПАР  
В РЕЗУЛЬТАТЕ ДИСТИЛЛЯЦИИ**

**Алексеев В.А., Медведева Л.С., Седых Э.М., Громяк И.Н. (ГЕОХИ РАН)**

**SILICA SEPARATION IN CLOSED QUARTZ–WATER–VAPOR SYSTEM  
AS A RESULT OF DISTILLATION**

**Alekseyev V.A., Medvedeva L.S., Sedykh E.M., Gromyak I.N. (GEOKHI RAS)**

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

Экспериментально установлено, что при 300°C при небольшом горизонтальном температурном градиенте (0.1 град/см) равновесная система кварц-вода превращается в неравновесную. Это выражается в отложении метастабильного опала выше мениска за счет уменьшения концентрации растворенного кремнезема. Сепарация кремнезема объясняется существованием локального дисбаланса скоростей испарения и конденсации воды на краю мениска и на остальной его поверхности, что приводит к дистилляции. Разработана математическая модель процесса, которая согласуется с экспериментальными данными. В реальных термоградиентных условиях (экспериментальных, техногенных и природных) такая дистилляция может протекать в системах любого состава. В этом случае состав раствора нельзя предсказать на основе только термодинамических или кинетических данных.

**ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ИМПЛАНТАЦИИ  
СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВОГО ГЕЛИЯ В ЛУННЫЙ ГРУНТ**

**Ануфриев Г.С. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург)**

**ABOUT EXPERIMENTAL MODELLING OF SOLAR WIND HELIUM  
IMPLANTATION IN THE LUNAR SOIL**

**Anufriev G.S. (Ioffe Institute RAS, Sankt- Petersburg)**

[anufriev.mass1@mail.ioffe.ru](mailto:anufriev.mass1@mail.ioffe.ru), тел.: 8(909) 584 3698)

*Грант президиума РАН №22 «Фундаментальные процессы исследования и освоения Солнечной системы».*

В работе (Ануфриев и др., 2009) доложены результаты моделирования взаимодействия солнечного ветра (СВ) с лунным грунтом. В качестве образцов использовался земной обсидиан. Основным компонентом солнечного ветра являются ионы водорода. Однако исследование взаимодействия водорода с земными аналогами лунного грунта затруднено присутствием большого количества водорода в земных аналогах. Поэтому на первом этапе исследование процесса имплантации проведено путем исследования имплантации химически нейтрального гелия, который по обилию занимает второе место в СВ потоках. Полученная величина коэффициента имплантации  $3 \cdot 10^{-5}$  очень мала и заставляет искать причины этого. Вероятно, нужно учитывать, что присутствие мощного потока протонов в солнечном ветре придает «уникальность» лунному грунту (Ануфриев, 2010), которая состоит в образовании огромного количества дислокаций в решетке облучаемого твердого тела, что увеличивает эффективность процесса имплантации гелия по сравнению с имплантацией гелия в материал, не подвергавшийся протонному облучению. Именно этот случай имеет место в упомянутой работе.

**РАСЧЁТ МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ  $Q^N$ -СТРУКТОНОВ  
НА ЛИКВИДУСЕ СИЛИКАТНЫХ И АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СИСТЕМ  
СЛОЖНОГО СОСТАВА**

**Арискин А.А. (ГЕОХИ РАН), Шильдт А.В. (геол. ф-т МГУ),  
Поляков В.Б. (ИЭМ РАН)**

**CALCULATION OF MOLECULAR-WEIGHT DISTRIBUTIONS OF  $Q^N$ -  
STRUCTONS ON LIQUIDUS OF SILICATE AND ALUMINOSILICATE SYSTEMS**

**Ariskin A.A. (GEOKHI RAS), Shil'dt A.V. (geol. dep. MSU),  
Polyakov V.B. (IEM RAS)**

[ariskin@geokhi.ru](mailto:ariskin@geokhi.ru), [artem342@yandex.ru](mailto:artem342@yandex.ru), [polyakov@mosinter.net](mailto:polyakov@mosinter.net)

Главной целью исследований является построение и тестирование новых алгоритмов моделирования распределения компонентов между оливином и расплавом с учётом термохимических данных для оливина и информации о строении силикатной жидкости. В отличие от предыдущих разработок (Roeder and Emslie, 1970; Арискин, Бармина, 2000), в данной работе задействована ионная модель строения силикатного расплава (являющаяся модифицированным вариантом модели Тупа–Самиса) в комбинации с экспериментальными данными последних лет по структурно-химическим свойствам расплавов в широком диапазоне содержаний  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Входными параметрами для расчёта молекулярно-массовых распределений (ММР)  $Q^n$  – структонов в этих расплавах являются данные о полимеризации оксидных соединений  $\text{Me}_{n/2}\text{O}$  в зависимости от температуры, состава расплава и физико-химических свойств катионов-модификаторов. Предыдущие работы (Ariskin, Shil'dt and Polyakov, 2011) были посвящены описанию зависимости степени полимеризации силикатных систем от содержания кремнезёма в расплаве. В данной работе излагается методика оценки этого параметра также для алюмосиликатных систем, с учётом разницы зарядов между структонами  $\text{SiO}_4^{4-}$  и  $\text{AlO}_4^{5-}$ .



**ТЕРМОМЕТРИЯ ОЛИВИНОВЫХ ВКРАПЛЕННИКОВ В УЛЬТРАОСНОВНЫХ  
ВУЛКАНИТАХ МЕЙМЕЧИНСКОЙ И ДЕЛЬКАНСКОЙ СВИТ**

**Асавин А.М. (ГЕОХИ РАН)**

**THERMOMETRY OLIVINE PHENOCRYSTS IN ULTRABASIC VOLCANIC  
ROCKS FROM MEIMECHITIC AND DELCANIC SUITES**

**Asavin A.M. (GEOHI RAS)**

aaalex06@inbox.ru, тел.: (499)1373116

Анализ монофракций оливина и мезостазиса порфирированных меймечитов и пикритов из дайковых и лавовых разновидностей вулканитов, позволил оценить их условия кристаллизации ( $fO_2$ ,  $T$ ) и степень равновесности с модельными ультраосновными расплавами отвечающими составу изученного мезостазиса.

На основании модели распределения Mg/Fe Топлиса (Toplis, 2005) и оценки фугитивности кислорода по шпинель–оливин–расплав геотермометрам Пустоветова–Редера и Маурела (Poustovetov, 2000; Poustovetov & Roeder, 2000; Nikolaev et al., 1996; Maurel & Maurel, 1982) рассчитаны равновесные температуры и величина коэффициента сокристаллизации Mg/Fe оливин–расплав.

Кристаллизация шпинелей по нашим данным в меймечитовых расплавах проходила в интервале температур 1200–1700°C и фугитивности кислорода на уровне +0.5QFM–+1NNO. В пикритах +0.5QFM и 1350–1550°C.

Равновесные ассоциации оливин–расплав в пикритах +0.5QFM и 1150–1550°C, в меймечитах – QFM–+0.5NNO и 1400–1800°C.

Сопряженность результатов полученных по независимым расчетам равновесий шпинель–расплав и оливин–расплав в ультраосновных вулканитах доказывает равновесный характер кристаллизации оливина в ультраосновных расплавах в широком интервале температур и режима летучести кислорода.

Наличие в пикрите слюд близких по составу к слюдам высоко температурных ассоциаций (Sato et al., 1997; Konzett & Fei, 2000) и данные по расчету оливинового равновесия свидетельствуют о возможности повышенного содержания воды (до 5%) в исследованных ультраосновных расплавах.

**РАСТВОРИМОСТЬ СЕРЫ ПО РАСЧЕТНЫМ ДАННЫМ В УЛЬТРАОСНОВНЫХ ПРИРОДНЫХ РАСПЛАВАХ**

**Асавин А.М., Арискин А.А. (ГЕОХИ РАН)**

**SOLUBILITY OF SULFUR IN THE ULTRABASIC NATURAL MELTS BY THE NUMERICAL MODEL**

**Asavin A.M., Ariskin A.A. (GEOHI RAS)**

[aaalex06@inbox.ru](mailto:aaalex06@inbox.ru), тел.: (499)1373116

Проведен расчет растворимости серы по новой модели сульфидонасыщенных систем, которая учитывает присутствие никеля и условия кристаллизации ( $fO_2$ ,  $T$ ) в природных вулканических расплавах меймечитов и пикритов. На основании термометрии равновесия оливин-расплав и оценки фугитивности кислорода по шпинель-оливин-расплав геотермометрам были рассчитаны равновесные концентрации насыщения серой в этих расплавах.

Высокие температуры расплава приводят к значительному уровню равновесного содержания серы. В пикритах до 0.4% и в меймечитах до 0.75% серы. При снижении температуры расплавов эти цифры падают до 0.3 и 0.4 соответственно. Однако, крутой наклон линий зависимости растворимости серы от температуры для ультраосновных расплавов в наших расчетах показывает относительно слабое влияние температуры на ее растворимость.

Измеренные в тех же образцах реальные природные содержания серы в ультраосновных лавах оказываются в несколько раз ниже расчетных величин растворимости серы. Это свидетельствует о невозможности появления сульфидной минерализации (ликвации, появление сульфидов) на ранних стадиях эволюции ультраосновных магм. Влияние изменения окислительной обстановки в расплаве в пределах буферов QFM-NNO на растворимость серы оказывается недостаточным для такого значительного понижения предела растворимости. Наши данные также указывают, что реальный процесс дифференциации не может в достаточной степени увеличить содержание серы в расплаве. Таким образом, для формирования сульфидных руд (ликвационного типа) в расплавах данного типа необходимо привлекать дополнительные механизмы обогащения расплавов серой – ассимиляцию, гибризм.

**ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУР ВНЕДРЕНИЯ ПРОТЕРОЗОЙСКИХ ЛАВ ПО  
МИНЕРАЛЬНЫМ РЕАКЦИЯМ КОНТАКТОВОЙ ЗОНЫ  
С КАРБОНАТНЫМИ ОСАДКАМИ**

**Асавин А.М. (ГЕОХИ РАН), Мамонтов В.П. (ОАО МГРЭ),  
Сенин В.Г., Рощина И.А. (ГЕОХИ РАН)**

**EVALUATION TEMPERATURE INTRUDING LAVA IN PROTEROZOIC MARINE  
CARBONATE CLAY BY MINERAL PARAGENESIS FROM CONTACT ZONE**

**Asavin A.M. (GEOHI RAS), Mamontov V.P. (OAO MGRE),  
Senin V.G., Roshina I.A. (GEOHI RAS)**

[aaalex06@inbox.ru](mailto:aaalex06@inbox.ru), тел.: (499)1373116

При бурении в области краевой зоны Протерозойского Ейского зеленокаменного пояса (Беломорской зоны Фенноскандинавского щита) помимо амфиболитов, сформированных по осадочным породам, обнаружен ряд метаморфических пород, по-видимому соответствующих метаморфизованным ультраосновным вулканитам. Об этом свидетельствуют ряд петрографических и геохимических признаков по распределению макро и микрокомпонентов. Кроме того, обнаружены образцы в которых наблюдаются интрузия первичных лав в карбонатный осадок. Карбонатный осадок по составу отвечает доломиту (Ca/Mg – 0.4–0.7) с примесью глинистой составляющей и кварца. Исследование под микрозондом контактовой зоны (мощностью около 300 мкм) одного из таких образцов позволило выявить реакцию разложения целестина из осадка на стронцианит и пирит. Оцененные температуры этой реакции составляют около 800–1000С. С учетом размера ширины контактовой зоны и теплопроводности гидротированного осадка это дает величину исходной температуры внедрения лавы на контакте более 1200 градусов.

Температурные и петрографические характеристики метаморфизованных лав позволяют предполагать ультраосновной высокотемпературный характер исходного расплава.

**ПОЛЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЛАУСОНИТА В  
ПОГРУЖАЮЩЕЙСЯ ПЛИТЕ**

**Багдасаров Н. (Университет Франкфурта-на-Майне),  
Го Ш. и Йошино Т. (Институт Изучения Строения Земли, Мисаса)**

**STABILITY FIELD AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF LAWSONITE IN  
SUBDUCTING SLAB**

**Bagdassarov N. (Goethe University Frankfurt am Main, Germany),  
Guo X. and Yoshino T. (ISEI Misasa, Japan)**

[nickbagd@geophysik.uni-frankfurt.de](mailto:nickbagd@geophysik.uni-frankfurt.de), тел.: 00496979840126

*Visiting scientist Program of Okayama University, Japan*

Глобальная 3D – модель инверсии электромагнитной индукции в мантии Земли, позволяет установить аномальное возрастание проводимости на глубинах от 200 до 300 км в холодной Тихоокеанской плите, погружающейся в зоне субдукции под Японией и Сев.-Вост. Китаем (Kelbert et al., 2009), что может быть объяснено наличием ~ 0,1 % воды в плите. Одним из вероятных водосодержащих минералов в погружающейся океанической коре (система MORB +вода), который в результате разложения отдает воду и вызывает такую аномалию, является лаусонит (Miyuama & Okamoto, 2007). Измерения электропроводности лаусонита были проведены при 2–2.5 ГПа в цилиндре-поршень и при 4–8.5 ГПа на много-пуансонном прессе с помощью импедансной спектроскопии. Результаты показали, что реакция разложения лаусонита приводит к увеличению проводимости при температурах, соответствующих границам его устойчивости (Schmidt & Poli, 1994; Okamoto & Miyuama, 1999). При  $P \sim 2\text{GPa}$  и  $430^\circ\text{C}$  (реакция лаусонит = зоисит +  $\text{H}_2\text{O}$ ) проводимость резко возрастает примерно на 1 порядок, при  $8\text{GPa} > P > 4\text{GPa}$  (реакция лаусонит = гроссуляр + топаз-ОН + egg-фаза +  $\text{H}_2\text{O}$ ) увеличение электропроводности равномерное, скачок составляет менее 0.2 порядка и происходит в диапазоне температур около  $100^\circ\text{C}$  ниже границы устойчивости лаусонита. В продуктах разложения лаусонита наблюдается заметное уменьшение размера зерна. Таким образом, в ходе субдукции холодных и древних плит (возраст  $>30\text{--}50\text{ Ma}$ ) вдоль геотерм, имеющих градиент  $< 7^\circ\text{C}/\text{km}$ , дегидратация плиты вызывает её хрупкость, что может быть ответственным за механизм землетрясений на промежуточной глубине – в зонах Беньоффа.

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ГЕНЕРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ  
БИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ  
ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ  
ВКЛЮЧЕНИЙ**

**Балицкий В.С., Балицкая Л.В., Бубликова Т.М., Голунова М.А. (ИЭМ РАН),  
Пентелей С.В., Пиронон Ж., Баррес О. (Ун-т Лотарингии, Нанси, Франция)**

**ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY TO RECEIVE HYDROCARBONS FROM  
BITUMINOUS ROCKS ON THE BASIS OF HYDROTHERMAL EXPERIMENTS  
WITH USING SYNTHETIC FLUID INCLUSIONS**

**Balitsky V.S., Balitskaya L.V., Bublikova T.M., Golunova M.A. (IEM RAS),  
Penteley S.V., Pironon J., Barres O. (Universite de Lorraine, Nancy, France)**

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

*Работа поддержана РФФИ (гранты № 12-05-00937\_a и № 12-05-91052-НЦНИ\_a).*

Разработаны новые подход и методы для одновременной оценки потенциальной нефтегазоносности битуминозных сланцев и других высокоуглеродистых пород с одновременным выяснением фазового состояния углеводородов в диапазоне температур от 240/280 до 450/500 °С и давления до 150 МПа. Исследования включают проведение экспериментов по изучению взаимодействия пород с гидротермальными растворами и изучение новообразованных твердых, газообразных и жидких фаз (в основном углеводородов), образованных в автоклаве и захваченных во флюидных включениях в кварце, выращенном одновременно с осуществлением указанного взаимодействия. Термометрические исследования включений, кроме того, позволяют непосредственно наблюдать за изменением состава и фазового состояния флюидов при заданных температурах и давлениях. Это имеет важное значение не только для потенциальной оценки нефтегазоносности пород, но и при разработке традиционных нефтегазовых месторождений и добыче т.н. сланцевого газа и сланцевой нефти.

**ХЛОРИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЛАТИНЫ. ЭКСПЕРИМЕНТ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ****Баранова Н.Н. (ГЕОХИ РАН),****Бычкова Я.В., Тагиров Б.Р., Карташова Л.Ф. (ИГЕМ РАН)****PLATINUM CHLORIDE COMPLEXES. EXPERIMENT AND THERMODYNAMIC CONSTRAINTS****Baranova N.N. (GEOKCHI RAS),****Bychkova Y.V., Tagirov B.R., Kartashova L.F. (IGEM RAS)****[tagir@.ru](mailto:tagir@.ru), тел.: (499) 230 82 74**

В последние годы значительно возрос интерес к изучению условий формирования месторождений металлов Pt группы. Активно изучаются условия накопления платиноидов в кварц-сульфидных зонах, железомарганцевых конкрециях, черносланцевых толщах. Понимание генезиса месторождений невозможно без получения количественных экспериментальных данных о возможности переноса платины в широкой области изменения  $T$ ,  $P$ ,  $f(\text{O}_2)$  и солевого состава растворов. С этой целью нами измерена растворимость  $\text{Pt}_{\text{кр}}$  в кислых хлоридных растворах при  $T$  – 400–475°C,  $P$  – 0.8–1.0 кбар с использованием автоклавной методики. Окислительно-восстановительный потенциал системы задавался буферами Ni–NiO,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ – $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , либо небольшим количеством  $\text{Al}_{\text{мет}}$ . Поскольку в ходе опыта неизбежны потери водорода за счет реакции со стенками автоклавов, то одна серия была выполнена с измерением давления водорода после опыта. Содержание Pt определяли методами ААС в электротермическом варианте после сорбционного концентрирования на комплексообразующем сорбенте ПОЛИОРГС-IV, либо прямым определением методом ИСП-МС. В целом следует отметить, что с ростом летучести водорода содержание растворенной платины снижается, с увеличением содержания хлорида – растет и основной формой нахождения платины в растворе является комплекс  $\text{PtCl}_3^-$ . Этот вывод согласуется с низкотемпературным потенциометрическим экспериментом (Николаева, Еренбург, 1977) и данными по растворимости сульфидов Pt при 300°C (Gammons, 1992) Путем анализа литературных данных и их согласования с результатами настоящей работы, определены значения термодинамических свойств и параметров модели НКФ (Хелгесон–Киргхэм–Флауэрс) иона  $\text{Pt}_2^+$  и Pt-Cl комплексов ( $\text{Pt-Cl}_{2n}$ ,  $n=1-4$ ) для 25–500°C и 2 кбар.

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ, СОЗДАВАЕМЫЕ ПАДЕНИЯМИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОМЕТ**

**Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)**

**GEOLOGICAL STRUCTURES ON THE SURFACE TERRESTRIAL PLANETS CREATED BY DOWNS GALACTIC COMETS**

**Barenbaum A.A. (OGRI RAS)**

[azary@mail.ru](mailto:azary@mail.ru), тел: (499) 135-72-21

С привлечением разработанной автором теоретической модели анализируются геологические структуры импактной природы, которые могут возникать при падениях галактических комет на планеты земной группы: Меркурий, Марс, Землю, Венеру, а также Луну. Модель предсказывает, что в зависимости от сочетания ряда физических условий галактические кометы могут образовать на этих планетах следующие типы геологических структур: кратеры, диатремы, лавовые покровы, вулканические конуса, куполовидные поднятия поверхности, а также короны и монсы (на Венере). Главными факторами образования той или иной структуры являются: 1) наличие или отсутствие у планеты газовой оболочки, 2) плотность газовой оболочки, 3) толщина планетной литосферы, 4) состав литосферных пород и степень их нагрева, 5) частота падений и энергия галактических комет. На конкретных примерах обсуждаются особенности этих структур на Луне, Марсе, Земле и Венере.

**ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ Li–F ГРАНИТНЫХ СИСТЕМ, ОБОГАЩЕННЫХ  
ФОСФОРОМ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ)**

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

**DIFFERENTIATION OF Li–F GRANITE SYSTEMS ENRICHED BY PHOSPHORUS  
(EXPERIMENTAL DATA)**

**Bezmen N.I., Gorbachev P.N. (IEM RAS)**

bezmen@iem.ac.ru, тел. 8(919)139 30 97

Редкометальное оруденение часто приурочено к Li–F содержащим гранитным системам, пространственно располагающимся в виде куполов в верхних частях гранитных массивов. Породы, слагающие Li–F гранитные купола, обогащены  $P_2O_5$ , Cl и B, присутствие которых повышает растворимость воды в расплавах. В умеренных восстановительных условиях вблизи Co–CoO – MW буферных систем присутствие водорода во флюидной фазе также повышает растворимость воды в силикатных расплавах, в том числе и гранитного состава. В данном докладе приводятся детальные результаты экспериментального изучения дифференциации магматических расплавов гранитов Li–F куполов с высокими содержаниями фосфора на примере изучения образцов Подлеси (Чешская республика) и Эхренфредерсдорф (Германия), расположенных в юго-западной части гранитного массива Эрцгебирге Богемского плутона. В процессе эксперимента было детально изучено влияние фтора, фосфора и флюида системы H–C–O на надликвидусное расслоение в гранитных расплавах. Эксперименты проводились на УВГД с применением методики «Шоу мембраны» при температуре 800°C и давлении 200 МПа при контроле мольных долей флюида сложного состава. При температурах выше ликвидуса образуются флюидно-силикатные нано-кластеры, способные гравитационно перемещаться в расплавах с образованием скрытого и контрастного нано-кластерного расслоения в виде слоев и линз, обогащенных  $SiO_2$  или  $Al_2O_3$ , между которыми распределяются флюидные и рудные компоненты.



**СООСАЖДЕНИЕ БИОПОЛИМЕРНОГО АЛЬГИНА С КАЛЬЦИТОМ****Белова Д.А. (Копенгагенский ун-т), Карасева О.Н., Лакштанов Л.З. (ИЭМ РАН)****COPRECIPITATION OF BIOPOLYMERIC ALGINATE WITH CALCITE****Belova D.A. (Univ. Copenhagen), Karaseva O.N., Lakshtanov L.Z. (IEM RAS)**[olga@iem.ac.ru](mailto:olga@iem.ac.ru), тел.: +7(916)5222993

Проведены экспериментальные исследования взаимодействия модельного аналога природных полисахаридов - альгината натрия - с кальцитом, являющегося основным минералом меловых коллекторов нефти. Влияние полисахаридов, являющихся продуктами жизнедеятельности бурых водорослей (адсорбция, внедрение в кристаллическую структуру кальцита) является одной из возможных причин чрезвычайно низких скоростей перекристаллизации мела. Предыдущие исследования механизмов влияния полисахаридов на скорость процессов растворения-осаждения минералов, например, (Lakshtanov *et al*, 2011, Nielsen *et al.*, 2012), свидетельствуют о том, что альгин замедляет скорость осаждения кальцита тем больше, чем выше концентрация альгина и чем меньше степень пересыщения раствора по отношению к кальциту. Кроме того, было показано, что адсорбированный альгин захоранивается слоями растущего кальцита, и представляет собой удобный субстрат для роста кальцита.

Мы провели серию экспериментов по изучению соосаждения полимерного альгина с синтетическим кальцитом. Опыты проводились методом «постоянной добавки», заключающимся во введении в реакционный сосуд с постоянной заданной скоростью реагентов  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и альгина с тем, чтобы обеспечить постоянную скорость осаждения кальцита и, вместе с тем – постоянную скорость соосаждения альгина. Результаты экспериментов показывают, что при данных условиях экспериментов ( $25^\circ\text{C}$ , pH 8.3, концентрации альгина 0.1–0.5 г/л, скорости осаждения кальцита 10–150 микромоль/м<sup>2</sup> мин) максимальное содержание полимерного альгина в кальците, измеренное методом термо-гравитационного анализа, составляет 1.5 вес.%. При низкой концентрации альгина в растворе скорость кристаллизации кальцита оказывает сильное влияние на содержание альгина в кальците: чем ниже скорость кристаллизации, тем больше захват альгина растущими кристаллами кальцита. При высокой концентрации альгина в растворе скорость кристаллизации практически не оказывает влияния на захват альгина осаждающимся кальцитом.

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОСАДКА С ПЕРИДОТИТОМ ПРИ 7.5–12 ГПа**

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

**SEDIMENT-PERIDOTITE INTERACTION AT 7.5–12 GPa**

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

[v.bulatov@bk.ru](mailto:v.bulatov@bk.ru)

*Работа выполнена при поддержке гранта Президиума РАН 37П.*

С целью определения механизмов и параметров процессов, приводящих к образованию магм и флюидов в глубинных частях зон субдукции, проведено изучение взаимодействия модельного осадка (GLOSS–Global Oceanic Subducted Sediments; Plank and Langmuir, 1998) с гранатовым гарцбургитом. Эксперименты проводились на многопуансонном аппарате при 7.5–12 ГПа и 900–1400°C. Исходные образцы состояли из слоев перидотита и осадка в непосредственном контакте друг с другом. В результате взаимодействия перидотитовый материал замещается агрегатом граната и низкокальциевого пироксена. Осадочный материал представлен ассоциацией коэсит/стишовит + жадеит + гранат + карбонат вблизи солидуса; при повышении температуры из ассоциации исчезает карбонат. На границе двух материалов образуется переходная зона, обогащенная гранатом. Массоперенос включал в основном миграцию Si из осадка в перидотитовую зону и Mg и Fe из перидотита в осадок. Гранат-клинопироксеновый рестит, образующийся за счет частичного плавления и взаимодействия осадок-перидотит, сходен с высокомагнезиальными алмазсодержащими эклогитами из кимберлитовых трубок.

**ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА  
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АТОМОВ ПОВЕРХНОСТИ,  
СОРБЦИОННЫЕ И ФЛОТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГАЛЕНИТА И КАЛЬЦИТА**

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

**EFFECT OF HIGH-VOLTAGE NANOSECOND PULSES ON PHASE  
COMPOSITION, CHEMICAL STATE OF SURFACE ATOMS, SORPTION AND  
FLOATATION PROPERTIES OF GALENA AND CALCITE**

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

[bunin\\_i@mail.ru](mailto:bunin_i@mail.ru), [ryzanceva@mail.ru](mailto:ryzanceva@mail.ru), [xabosi@mail.ru](mailto:xabosi@mail.ru), [for\\_nataliya@list.ru](mailto:for_nataliya@list.ru)

тел.: 8(495)3607328

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

Методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС, спектрометр Axis Ultra DLD), инфракрасной Фурье-спектроскопии диффузного отражения (ИКФС, Shimadzu IR Affinity ) и ультрафиолетовой спектроскопии (УФС, Shimadzu UV-1700) изучали механизм воздействия высоковольтных наносекундных импульсов (МЭМИ:  $\tau$  (фронта импульса)  $\leq 1-5$  нс,  $U$ (амп. имп)  $\sim 20$  кВ,  $E \sim 10^7$  В/м, частота повторения импульсов 100 Гц, энергия в импульсе  $\sim 0.1$  Дж) на фазовый состав поверхности галенита и кальцита. По данным РФЭС и ИКФС структурно-фазовые преобразования поверхностного слоя галенита (5 нм) в результате импульсной обработки в основном связаны со следующими изменениями химического состояния атомов серы: формированием метастабильного тиосульфата (свинца) на начальной стадии импульсного воздействия (время обработки  $< 10$  С); восстановлением тиосульфата продуктами радиолитического распада воды до исходного состояния при увеличении времени обработки до 30 с и его окислением на поздних стадиях воздействия ( $> 50$  С). Это обуславливало изменение электрохимических и флотационных свойств полупроводникового сульфидного минерала: рост электродного потенциала создавало благоприятные условия для адсорбции анионного собирателя (БКс, по данным УФС) и способствовало повышению флотационной активности галенита.

Для мономинеральной флотации галенита и кальцита установлены оптимальный режим предварительной электромагнитной импульсной обработки и условия флотации минералов (время обработки МЭМИ  $> 10$  с; рН 9.5; БКс 30 г/т), при которых с увеличением флотирруемости галенита с 83 % до 93 % (до и после обработки МЭМИ соответственно) выход кальцита в пенный продукт флотации оставался практически неизменным и составлял в среднем 9.7 %, что свидетельствует о принципиальной возможности использования импульсных энергетических воздействий для решения задачи разделения рудных и нерудных минералов в процессах обогащения и переработки руд сложного вещественного состава.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЛАВЛЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО ПЕРИДОТИТА В ПРИСУТСТВИИ ВОДНО-СОЛЕВОГО ФЛЮИДА ПРИ 6.0 ГПа**

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

**EXPERIMENTAL STUDY OF PERIDOTITE MELTING IN PRESENCE OF THE H<sub>2</sub>O–NaCl FLUID AT 6.0 GPa**

**Butvina V.G. (geol. Dep. MSU), Safonov O.G. (IEM RAS)**

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

*Работа выполнена при поддержке: РФФИ 13-05-00353*

С целью дальнейшего изучения влияния NaCl на преобразование богатого Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O водосодержащего перидотита при давлениях более 3 ГПа проведены эксперименты по взаимодействию модельного перидотита Fo<sub>57</sub>En<sub>17</sub>Prp<sub>14</sub>Di<sub>12</sub> с флюидом H<sub>2</sub>O–NaCl при давлении 6.0 ГПа, температурах 950-1450<sup>o</sup>C и при разной концентрации NaCl во флюиде. В качестве стартового материала для экспериментов использовались смеси окислов, Mg(OH)<sub>2</sub> и жадеита (мг): SiO<sub>2</sub> (37.04); Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3.66); CaO (3.62); Mg(OH)<sub>2</sub> (48.30); MgO (4.14), NaAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> (3.24). В эту смесь добавлялся NaCl в 0.8; 5.4; 12.2 мас. %, что при содержании воды 15 мас. % в системе соответствует мольной доле X<sub>NaCl</sub> = NaCl/(NaCl+H<sub>2</sub>O) во флюиде 0.05; 0.1; 0.2. Предыдущие результаты показали (Бутвина, 2013; Сафонов, Бутвина, 2013), что присутствие NaCl во флюиде, также, как и KCl понижает температуру солидуса водосодержащего перидотита. Этот вывод противоречит экспериментам по плавлению ассоциации Fo+En в присутствии H<sub>2</sub>O+KCl при 5.0 ГПа (Chu et al., 2011), которые показали, что температура начала плавления этой ассоциации повышается с увеличением концентрации KCl в системе. Влияние щелочных хлоридов на плавление комплексных перидотитовых ассоциаций во многом определяется характером химического взаимодействия хлоридов с алюмосиликатными фазами, который может пересиливать эффект снижения активности воды в водно-солевом флюиде.

**О ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПИРЕНА НА ПОВЕРХНОСТИ ЛЕДЯНЫХ СПУТНИКОВ САТУРНА**

**Валиев Р.Р. (Томский ГУ), Фрейдзон А.Я. (ЦФ РАН),  
Бережной А.А. (ГАИШ МГУ)**

**ABOUT POSSIBILITY OF PYRENE DETECTION AT THE SURFACE OF ICE SATELLITES OF SATURN**

**Valiev R.R. (Tomsk State University), Freidzon A.Ya. (Photochemistry Center, RAS),  
Berezhnoy A.A. (SAI MSU)**

[ber@sai.msu.ru](mailto:ber@sai.msu.ru), тел.: (495) 939 10 29

*Данное исследование проведено при финансовой поддержке программы президиума РАН № 22.*

Показано, что пирен и другие сложные органические соединения могут быть частично сохранены на поверхности ледяных спутников Сатурна при ударной переработке их поверхности во время падений комет. Флуоресценция является наиболее чувствительным методом обнаружения пирена. Проведены *ab initio* расчеты спектров флуоресценции и поглощения пирена с учетом колебательных переходов в газовом кластере и в матрице из водяного льда. Показано, что наличие водяного льда приводит к незначительному смещению и заметному изменению вибронной формы полос пирена. Полученные результаты могут быть использованы для разработки методов обнаружения органических соединений на поверхности ледяных тел Солнечной системы.

**СИНТЕЗ РАЗЛИЧНЫХ СИЛИКАТНЫХ ФАЗ  
В СИСТЕМЕ Ga–Ca–Fe–Al–Si–O–H<sub>2</sub>O**

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

**SYNTHESIS OF DIFFERENT SILICATE PHASES  
IN Ga–Ca–Fe–Al–Si–O–H<sub>2</sub>O SYSTEM**

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

Tatiana76@iem.ac.ru, dima@iem.ac.ru, тел: 8(49652)25857

Интерес к изучению минеральных фаз в системе Ga–Ca–Fe–Al–Si–O–H<sub>2</sub>O вызван находкой в малых количествах в рудопроявлении Тыкатлова (Полярный Урал) эпидотов и алланитов с высоким содержанием галлия. Была поставлена задача по синтезу эпидота-(Ga) и промежуточных членов его твердого раствора с эпидотом, а также возможных галлийсодержащих силикатных и алюмосиликатных фаз с замещением галлием алюминия и трехвалентного железа.

Синтез эпидотоподобных фаз проходил в 3 этапа: 1-й – синтез конечных членов ряда эпидот-эпидот-(Ga); 2-й – синтез стехиометричных стекол с различным содержанием Ga относительно железа и алюминия; 3-й – раскristаллизация полученных в ходе второго этапа стекол. На основе полностью галлиевой системы при выполнении первого этапа исследований были получены однородные кристаллиты от 5–10 до 50–60 мкм (редко – с ядрами затравочного эпидота) с составами, полностью отвечающими идеализированной формуле эпидота-(Ga). Для этой фазы определены параметры элементарной ячейки. Раскristаллизация полученных на втором этапе стекол (гомогенных по данным микронзондового и рентгенодифракционного анализов) производилась при температуре 600°C и давлении 4 кбар в платиновых ампулах на высокотемпературной газовой установке. Длительность опытов составляла от 7 до 14 суток. В качестве исходной смеси использовались перемолотые стекла установленных составов, затравочный эпидот (2 мас.% от массы стекла) и дистиллированная вода. Опыты по изучению замещения Fe<sup>3+</sup> ↔ Ga<sup>3+</sup> (составы с шагом 25 ат.% или 0.25 ф.е.) в эпидоте показали, что галлий входит в кристаллическую решетку граната, плагиоклаза и эпидота при содержании Ga > 0.5 ф.е. Проведенная серия экспериментов показала возможность вхождения галлия в структуру силикатов и алюмосиликатов и образования стабильных силикатных фаз.

**РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СМЕШАНОСЛОЙНЫХ СИЛИКАТОВ  
ИЗ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ ОБЪЕКТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧУКОТКИ (РОССИЯ)**

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

**X-RAY STUDY OF MIXED-LAYER SILICATES OF GOLD-SILVER OBJECTS OF  
CENTRAL CHUKOTKA (RUSSIA)**

**Vlasov E.A. (geol. dep. MSU), Krupskaya V.V. (IGEM RAS), Melchakova L.V.,  
Vigasina M.F. (geol. dep. MSU)**

[lmelchak@geol.msu.ru](mailto:lmelchak@geol.msu.ru), тел.:(495) 939 13 49

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00211).*

Смешанослойные силикаты являются типичными минералами низкотемпературных колчеданных, ртутных и золотосеребряных месторождений. Исследованные образцы были отобраны из кварцевых и адуляр-кварцевых жил, а также аргиллизированных пород Водораздельной и Утэвеемской площадей, перспективных на выявление промышленного золотосеребряного оруденения. На рентгеновских дифрактометрах Ultima-IV и D/Max-2200 фирмы Rigaku (Япония) получены спектры ориентированных препаратов изучаемых образцов в воздушно-сухом и насыщенном этиленгликолем состояниях. Полученные спектры моделировались в программе Sybilla компании Sevron для определения состава пакетов смешанослойных образований и их количественных соотношений. На основании проведенных исследований установлено, что соотношение хлоритовых и смектитовых слоев сильно варьируется. Образцы из Утэвеемской площади характеризуются доминированием хлоритовых слоев над смектитовыми (от 90:10 до 70:30, соответственно), тогда как образцы смешанослойного минерала Водораздельной площади демонстрируют преобладание смектитовой компоненты (40:60). Данный минерал наиболее близок к тосудиту, имеющему упорядоченную смешанослойную (50:50 хлорит-смектит) структуру.

**ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ СЕРНИСТЫХ ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ  
ЦЕОЛИТОВ АРМЕНИИ**

**Галстян А. В., Геворкян Р. Г., Саркисян Ш. Э.**  
*(ф-т географии и геологии, ЕГУ, Армения)*

**NEUTRALIZATION SULFURIC GASES BY NATURAL ZEOLITES OF ARMENIA**

**Galstyan A.V., Gevorkyan R.G., Sarkisyan S.E.**  
*(dep. geography and geology, YSU, Armenia)*

[rgev@ysu.am](mailto:rgev@ysu.am)

Извлечение рения и утилизация сернистых газов предприятий цветной металлургии Армении в связи с большими объемами, высокой температурой процессов и низкой концентрацией сернистого ангидрида в выбросах отходящих газов в атмосферу является достаточно сложной, но важной задачей. Утилизацию сернистого ангидрида целесообразно организовать с применением твердых адсорбентов, одним из которых служит природный цеолит. Данные по равновесной адсорбции SO<sub>2</sub> свидетельствуют о высокой адсорбционной емкости исследуемых цеолитов по SO<sub>2</sub>. А сами изотермы адсорбции SO<sub>2</sub> удовлетворительно описываются уравнением Ленгмюра. Из экспериментальных данных вычислены теплота адсорбции и предельный объем адсорбционного пространства цеолитов.

Показано, что природные и модифицированные цеолитовые породы Ноемберянского месторождения Армении являются эффективными адсорбентами для поглощения SO<sub>2</sub> из отходящих газов.



**ГЕЛИЙ-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ  
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

**Геворкян Р.Г.**, Айвазян А.А., Геворкян А.Р., Геворкян М.Р.,  
Джугарян А.К. (*ф-т географии и геологии, ЕГУ, Армения*)

**HELIUM-HIDROCHEMICAL TECHNOLOGY BY EARTHQUAKE PREDICTION**

**Gevorkyan R.G.**, Aivazyan A.A., Gevorkyan A.R., Gevorkyan M.R.,  
Juharyan A.K. (*dep. geography and geology, YSU, Armenia*)

[rgev@ysu.am](mailto:rgev@ysu.am), тел.: (+37410)57-81-35

Значение гелий-гидрогеохимических технологий прогнозирования землетрясений и других катастрофических геологических событий в последние годы заметно повысилось. Гелий, радон и другие глубинные газы в комплексе с гидрогеохимическими данными используются при сейсмологическом прогнозировании в странах СНГ (в т.ч. Армении), Японии, Китае, Индии, Западной Европе, Турции, США и Канаде.

Гелий-гидрогеохимические технологии в определении зон высокого сейсмического риска являются наиболее эффективными. Так, в период подготовки Спитакского землетрясения 1988 г. коэффициент корреляции содержания гелия в газовой и водной фазах начал изменяться с середины сентября 1988г. В октябре–ноябре 1988 г. его значения стали отрицательными и изменялись в широком диапазоне. В момент землетрясения значение стало нулевым. Технологическая цепочка гелий-гидрогеохимических исследований включает: выбор ключевых участков и информативных водопунктов, проведение водно-гелиевой съёмки (с гидрогеохимическим опробованием) и режимных наблюдений, интерпретацию полученной информации с прогнозированием места, времени и разрушительной силы землетрясений. По опыту гелий-гидрогеохимических исследований в Армении их целесообразно комплексовать как с геолого-геофизическими наблюдениями, дистанционным зондированием территорий, так и с ГГД-мониторингом, гидротермическими работами. Перспективно также использование отношения  $^3\text{He}/^4\text{He}$ .

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ GRT, Cpx, КАРБОНАТОМ ПРИ  $T=1050-1250^{\circ}\text{C}$ ,  $P=4$  ГПа (ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)

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

RARE AND REE ELEMENTS PARTITIONING BETWEEN GRT, Cpx, CARBONATE AT  $T=1050-1250^{\circ}\text{C}$ ,  $P=4$  GPa (FOR EXPERIMENTAL DATA)

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

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

*Грант РФФИ 12-05-00777а*

Карбонатный метасоматоз играет важную роль в формировании «обогащенной» верхней мантии. Для выяснения поведения микроэлементов в при плавлении карбонатизированного мантийного источника изучено распределение микроэлементов между клинопироксеном Cpx, гранатом Grt и карбонатом Cb при  $P=4$  ГПа, в интервале  $T$  1050–1250°C. Эксперименты проводились на аппарате НЛ-10 в ИЭМ РАН с использованием закалочной методики. Продукты экспериментов изучались на микрозонде, анализировались методом ICP MS в ИПТМ РАН.

Выявлены широкие (на 2.5–3 порядка) вариации коэффициентов распределения  $D$  микроэлементов между силикатом и карбонатом, способствуя тем самым фракционированию микроэлементов в силикатно-карбонатных системах. Высоким сродством к карбонату (концентрируются в карбонатах,  $D$  силикат/Cb  $< 1$ ) обладают P, LREE, Sr, Ba, U, Th, Ta, а к силикатам – элементы группы Fe – Sc, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn. В ассоциации с карбонатом в отношении большинства микроэлементов Grt является более эффективным концентратором микроэлементов, чем Cpx. В ряду REE от La до Lu зависимость  $D$  REE силикат/Cb положительная,  $D$  REE Grt/Cb возрастает от  $n10^{-2}$  до 10, Cpx/Cb, от  $n10^{-2}$  до 1. Полученные экспериментальные данные позволяют количественно моделировать и прогнозировать формирование месторождений редких и редкоземельных элементов в карбонатитах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЛЮИДА НА ПЛАВЛЕНИЕ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И КРИТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ В СИСТЕМЕ ПЕРИДОТИТ–БАЗАЛЬТ ПРИ  $T=1400^{\circ}\text{C}$ ,  $P=4$  ГПа

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

EXPERIMENTAL STUDY OF EFFECT OF FLUIDS ON MELTING, PHASE COMPOSITION, AND CRITICAL RELATIONSHIP IN SYSTEM PERIDOTITE–BASALT AT  $T=1400^{\circ}\text{C}$ ,  $P=4$  GPa

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

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

*Грант РФФИ 12-05-00777а*

Геофизические и геохимические данные свидетельствуют о крупномасштабном обмене веществом между корой и мантией. Важнейшим его механизмом является субдукция океанической коры, приводящая к формированию в мантии обогащенных летучими резервуаров с протолитами субдуцированной океанической коры. Для выяснения роли флюидов в процессах магмообразования из таких источников система перидотит-базальт (эклогит)–флюид изучена экспериментально при  $P$ – $T$  мантийной адиабаты (4.0 ГПа,  $1400^{\circ}\text{C}$ ). Эксперименты проводились на установке НЛ-10 с использованием многоампульной методики с Pt-перидотитовой ампулами. Продукты экспериментов – полированные препараты закалочных образцов анализировались на микрозонде. Флюид оказывает эффективное влияние фазовые соотношения и состав образующихся при плавлении расплавов. В зависимости от состава флюида наблюдались такие эффекты как пироксенизация и флогопитизация перидотитового рестита, образование К-содержащего  $\text{Sr}$ x, галита, карбоната, формирование обогащенных  $\text{SiO}_2$  расплавов нормальной или повышенной щелочности, существование критических соотношений между парциальными силикатными расплавами и флюидом. Сверхкритические флюидорасплавы обладают высокой реакционной способностью, при закалке межзерновое силикатное стекло не образуется, что приводит к деструкции закалочных образцов. Выявленные эффекты объясняют локальное развитие фазовой, структурной и химической гетерогенности верхней мантии и мантийных магм.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНЫХ ГИСТЕРЕЗИСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ НЕОДНОФАЗНОМ ОКИСЛЕНИИ ПРИРОДНЫХ ТИТАНОМАГНЕТИТОВ В ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**Грибов С.К., Долотов А.В. (ГО «Борок» ИФЗ РАН)**

**A STUDY OF THE REGULARITIES IN THE CHANGE OF MAGNETIC HYSTERESIS PARAMETERS DURING THE MULTIPHASE OXIDATION OF NATURAL TITANOMAGNETITES UNDER ISOTHERMAL CONDITIONS**

**Gribov S.K., Dolotov A.V. (GO "Borok" IPE RAS)**

[adolotov@borok.yar.ru](mailto:adolotov@borok.yar.ru), тел/факс: (48547) 24 024

*Работа поддержана РФФИ (грант 14-05-00365)*

Исследования закономерностей изменения магнитных гистерезисных параметров ( $J_s$ ,  $J_{rs}$ ,  $H_c$ ,  $H_{cr}$ ) и их отношений проводились в рамках работ по лабораторному моделированию процесса термохимического намагничивания природных титаномagnetитов (ТМ). Исходные образцы пермо-триасового траппового ферробазальта отжигались на воздухе при температурах 400, 450, 500 и 530<sup>0</sup>С с экспозицией от 5 минут до 200 часов. Результаты измерения гистерезисных свойств сопоставлялись с составом, структурными особенностями зерен ТМ на различных стадиях термообработки.

Временной ход изменения исследованных магнитных характеристик указывает на суперпарамагнитное состояние новообразованных выделений собственно шпинельной фазы, близкой по составу к магнетиту (МТ), а также свидетельствует о их последующем переходе в однодоменное состояние и лишь отчасти дальнейшем росте данных выделений в пределах однодоменности. Увеличение длительности отжига сопровождается «вторичным» окислением образовавшегося МТ. При этом выявленные закономерности временного поведения гистерезисных характеристик однозначно отражают изменение объемов и состава сосуществующих магнетитовой и гемоильменитовой фаз, а также характер их кристаллографического сопряжения. В результате проведенных экспериментов была выявлена прямая корреляция величины намагниченности насыщения продуктов преобразования ТМ и уровня их термохимического намагничивания в ходе фазовых превращений в условиях высокого окислительного потенциала и длительного воздействия умеренных температур.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ  $\text{MoO}_3$  В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ  $\text{HCl}$  ПРИ  $T=300^\circ\text{C}$  И  $P=100$  БАР**

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

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE SOLUBILITY OF  $\text{MoO}_3$  IN AQUEOUS SOLUTIONS OF  $\text{HCl}$  AT  $T=300^\circ\text{C}$  И  $P=100$  BARS**

**Dadze T.P., Kashirtseva G.A., Novikov M.P., Plyasunov A.V. (IEM RAS)**

[dadze@iem.ac.ru](mailto:dadze@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 5848

Целью настоящего исследования являлось изучение растворимости кристаллического  $\text{MoO}_3$  в водных растворах  $\text{HCl}$  при  $T=300^\circ\text{C}$  и  $P=100$  бар. Опыты проводились в титановых автоклавах из сплава ВТ-8, помещаемых в безградиентную зону вертикальной цилиндрической печи. Колебания температуры в течение опытов составляли  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Давление в автоклавах задавалось по *PVT* – данным для воды. Растворы  $\text{HCl}$  нужной концентрации готовили из стандарт-титров. Значения рН растворов  $\text{HCl}$  до и после опыта измеряли ионоселективным анализатором «ЭКОТЕСТ-120». Концентрацию молибдена в растворах после опыта определяли колориметрическим методом на приборе Spesol-11 при  $\lambda=453$  нм и дублировали методом потери веса. Следует отметить удовлетворительное совпадение результатов определения  $\text{Mo(VI)}$  в растворе колориметрическим методом и определение содержания  $\text{MoO}_3$  по потере веса при пересчете на  $\text{Mo(VI)}$ . Результаты исследования показали сложную зависимость растворимости  $\text{MoO}_3$  от содержания  $\text{HCl}$ . При увеличении концентрации  $\text{HCl}$  от  $5 \cdot 10^{-5}\text{m}$  до  $2.5 \cdot 10^{-2}\text{m}$  содержание молибдена в растворах уменьшается от  $1.4 \cdot 10^{-2}\text{m}$  до  $9 \cdot 10^{-3}\text{m}$ , при этом растворы после опыта заметно подкисляются. При дальнейшем увеличении концентрации кислоты от  $5 \cdot 10^{-2}\text{m}$  до  $1 \cdot 10^{-1}\text{m}$  рН растворов после опыта не меняется, а содержание молибдена в растворе резко возрастает до  $2 \cdot 10^{-2}\text{m}$ , что возможно связано со сменой комплексов в растворе при данных параметрах.

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЭЖХ-НАМ СПЕКТРОФЛУОРИМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ**

**Данилова В.Н., Хушвахтова С.Д., Ермаков В.В. (ГЕОХИ РАН) APPLICATION OF HPLC-NAM SPECTROFLUORIMTRY TO DETERMINATION OF SULFUR-CONTAINING COMPOUNDS IN BIOGEOCHEMICAL OBJECTS**

**Danilova V.N., Khvushvakhtova S.D., Ermakov V.V. (GEOKHI RAS)**

val1910@mail.ru, тел.: 8(499) 137 4773

Разделение и количественное определение серосодержащих соединений в биогеохимических объектах на уровне нг и пг является сложной задачей. Нами для разделения различных соединений серы применена высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) с предварительной дериватизацией веществ N-9(акридинил)малеимидом (НАМ) и их разделение на колонках типа BioSep.

Установлено, что порядок выхода НАМ-производных из колонки не соответствовал эксклюзивному механизму – глутатион (Гл) с меньшей молекулярной массой выходил ранее белка металлотioneина (МТ). По-видимому, в данном случае дериватизация резко меняла полярность молекул, что и отражалось на их хроматографических свойствах.

Относительное время удерживания серосодержащих веществ в форме комплекса с НАМ на колонке BioSep было следующим (в скобках указана их молекулярная масса): глутатион восстановленный (307.32) – 1.00, металлотioneин (6000–7000) – 1.19, ацетилцистеин (163.2) – 1.25, Na<sub>2</sub>S (78.05) – 1.37, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> (126.04) – 1.40, L-цистеин (121.16) – 1.42, Dl-метионин (149.21) – 2.05. Таким образом, на данной колонке при использовании соответствующего элюента была разделена целая группа серосодержащих соединений, включая неорганические (сульфиды и сульфиты) после их восстановления и дериватизации с НАМ. При этом чувствительность определения серосодержащих соединений достигала 1–10 нг в анализируемом объеме (5–20 мкл), а количественное измерение концентраций Гл и МТ стало возможным с использованием стандартов по относительной площади пика. Посредством разработанного метода были проанализированы различные биогеохимические объекты.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫНОСА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ  
ИЗ ГОРЯЩИХ ОТВАЛОВ В ГАЗО-АЭРОЗОЛЬНОЙ ФАЗЕ**

**Девятова А.Ю. (ИНГГ СО РАН, НГУ), Юркевич Н.В. (ИНГГ СО РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY TRACE ELEMENTS OF EMISSION FROM BURNING  
DUMPS IN GAS-AEROSOL PHASE**

**Devyatova A.Y. (IPGG SB RAS, NSU), Yurkevich N.V. (IPGG SB RAS)**

[adevyatova@ipgg.sbras.ru](mailto:adevyatova@ipgg.sbras.ru), тел.: +7(913) 745 53 79

*Грант президента РФ МК-2574.2012.5*

Проведена серия натуральных и лабораторных экспериментов по сбору парогазовых конденсатов на горящих отвалах, по изучению летучести химических элементов при нагревании отвального вещества Беловского цинкового завода, а так же по созданию геохимических сорбционных барьеров, направленных на осаждение загрязняющих примесей из газо-аэрозольных потоков. Летучесть элементов увеличивается со степенью окисления клинкера. Общий объем микроэлементов в газе при нагревании окисленного материала превышает 850 ppm. В газо-аэрозольной фазе переносится до 20% Zn, ~ 30% As, Cd, Ag от их общей концентрации в отходах горения.

В экспериментах по минимизации и предотвращения загрязнения в качестве сорбционных барьеров использовались глины и цеолиты. Микроэлементный анализ конденсатов прошедших через барьеры показал высокую сорбционную способность глин. Содержание таких элементов как: Al, Mn, Cu, Fe, Zn, Pb уменьшилось на порядок по сравнению с холостой пробой. Цеолиты показали низкую сорбционную способность высокотемпературных водонасыщенных газов.

Результаты анализов конденсатов, собранных на горящем отвале, при лабораторных экспериментах свидетельствуют о возможности газового транспорта широкого круга элементов при высокотемпературных антропогенных процессах. Исследование переноса элементов в газовой фазе требует гораздо большего внимания, чем ему уделялось до сих пор, поскольку масштабы этого процесса могут быть очень велики (например, горение угольных терриконов, лесные пожары) и оказывать существенное влияние на состав окружающей среды.

**УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ТВЕРДОГО И ЖИДКОГО ЖЕЛЕЗА****Дорогокупец П.И. (ИЗК СО РАН), Литасов К.Д. (ИГМ СО РАН),  
Соколова Т.С. (ИЗК СО РАН)****EQUATIONS OF STATE OF SOLID AND LIQUID IRON****Dorogokupets P.I. (IEC SB RAS), Litasov K.D. (IGM SB RAS),  
Sokolova T.S. (IEC SB RAS)**dor@crust.irk.ru, тел.: (3952)511680*Работа выполнена при поддержке РФФИ (12-05-00758) и интеграционного проекта № 97 СО РАН, РФФ (14-17-00601).*

Железо является главным компонентом ядра Земли, поэтому знание его  $P$ - $V$ - $T$  и термодинамических свойств очень важны для нашего понимания физического состояния и физико-химических процессов в недрах Земли (Фунтиков, 2000; Funtikov, 2003; 2003; Bazhanova et al., 2012; Hirose et al., 2013). Из-за наличия полиморфизма фазовая диаграмма железа имеет сложную структуру (см. Swartzendruber, 1982; Тонков, 1988). Рассчитанная в работе (Komabayashi, Fei, 2010) фазовая диаграмма железа соответствует уровню  $P$ - $V$ - $T$  измерений до 2009 года. В течение последних нескольких лет фазовая диаграмма железа обновилась, а кривая плавления железа была существенно сдвинута в область более высоких температур (Anzellini et al., 2013). Кроме того, были проведены новые  $P$ - $V$ - $T$  измерения параметров ячейки  $\gamma$ -Fe и  $\varepsilon$ -Fe в области высоких  $T$  и  $P$  (Tateno et al., 2010; Sakai et al., 2011; Yamazaki et al., 2012; Nishihara et al., 2012; Tsujino et al., 2013; Anzellini et al., 2013), что ставит задачу пересмотра уравнений состояния всех фаз железа. Путем одновременной обработки экспериментальных измерений теплоемкости, теплового расширения, адиабатического модуля сжатия и рентгеновских измерений  $P$ - $V$ - $T$  свойств построены уравнения состояния bcc-Fe, fcc-Fe, hcp-Fe и жидкого железа. В качестве термодинамической модели используется модифицированный формализм из (Dorogokupets, Oganov, 2007; Dorogokupets et al., 2012; Соколова и др., 2013), в котором вклады внутренней ангармоничности и свободных электронов представлены уравнениями из работы (Zhang et al., 2012). Полученные уравнения состояния позволяют рассчитать любые термодинамические функции в зависимости от температуры и объема или в зависимости от температуры и давления и рассчитать фазовую диаграмму железа.



**УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ В1-KCl И В2-KCl**

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

**EQUATIONS OF STATE OF V1-KCl AND V2-KCl**

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

[dor@crust.irk.ru](mailto:dor@crust.irk.ru), тел: (3952)511680

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (12-05-00758) и интеграционного проекта № 97 СО РАН.*

Уравнение состояния KCl было построено на основе ударных данных в работе (Decker, 1971). Там же были рассчитаны  $P$ - $V$ - $T$  соотношения, что позволяет использовать их в качестве шкал давления до температуры 1073 К и до давления 40 ГПа (Dewaele et al., 2012). Однако в зависимости от давления KCl имеет две фазы: при низких давлениях сильвин (В1-KCl) имеет кубическую структуру, при давлении выше 2 ГПа переходит в фазу В2-KCl со структурой типа CsCl с уменьшением объема на 4 см<sup>3</sup>/моль (Walker et al., 2002). Уравнение состояния В2-KCl (Dewaele et al., 2012) было использовано в качестве шкалы давления при изучении плавления железа до давления 200 ГПа в работе (Anzellini et al., 2013), поэтому очень важно знать термодинамические свойства В2-KCl при высоких температурах и давлениях. Путем одновременной обработки экспериментальных измерений теплоемкости, теплового расширения, адиабатического модуля сжатия и рентгеновских измерений  $P$ - $V$ - $T$  свойств были построены уравнения состояния KCl со структурами В1 и В2. В качестве термодинамической модели используется модифицированный формализм из [Dorogokupets et al., 2012; Соколова и др., 2013], в котором вклады внутренней ангармоничности и свободных электронов представлены уравнениями из работы (Zhang et al., 2012). Полученные уравнения состояния позволяют рассчитать любые термодинамические функции в зависимости от температуры и объема или в зависимости от температуры и давления и рассчитать фазовый переход В1-В2 в KCl.

**СОДЕРЖАНИЕ ЛЕТУЧИХ КОМПОНЕНТОВ В ЛОКАЛЬНЫХ  
МАГМАТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКАХ НА ЛУНЕ**

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

**THE CONTENT OF VOLATILES IN LOCAL MAGMA SOURCE ON THE MOON**

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

[dorofeeva@geokhi.ru](mailto:dorofeeva@geokhi.ru), тел. (495) 939-70-60

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

*Работа частично поддержана Программой президиума РАН №22*

Обобщены экспериментальные данные последних лет по содержанию и формам нахождения летучих компонентов эндогенного происхождения на Луне – H<sub>2</sub>O, S, F, Cl. Особое внимание уделено анализу имеющихся изотопных данных, значения которых могут свидетельствовать о степени и условиях дегазации исходного магматического расплава, что необходимо для оценки его состава, а также для выявления возможного источника эндогенных летучих на Луне. Основываясь на близости интервалов изменения содержаний и характера распределения воды, как в лунных, так и в земных апатитах из базальтовых расплавов, выявленной в (Tartese et al., 2013), мы оценили содержания воды и других летучих (Cl, F, S) в мантийном источнике лунных базальтов. Для получения этих оценок были использованы данные по составу газовой-жидких включений в минералах основных ( $54 > [\text{SiO}_2] \geq 40$  масс.%) расплавов базальтов срединно-океанических хребтов Земли, представленных в базе данных (Наумов и др. 2010).

**ПРОИСХОЖДЕНИЯ N<sub>2</sub> В АТМОСФЕРЕ ТИТАНА – ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ  
МОДЕЛЬ**

**Дорофеева В.А., Черкасова Е.В. (ГЕОХИ РАН)**

**ORIGIN N<sub>2</sub> IN TITAN'S ATMOSPHERE – THERMODYNAMIC MODEL**

**Dorofeeva V.A. Cherkasova E.V. (ГЕОКНИ RAS)**

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

*Работа частично поддержана Программой президиума РАН №22*

N<sub>2</sub> – главный компонент атмосферы крупнейшего спутника Сатурна, однако его происхождение остается до сих пор неясным, поскольку общепризнано, что в каменно-ледяных протоспутниковых телах азот мог аккумулироваться только в форме NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O.

В работе методами термодинамического моделирования исследованы условия возможного происхождения N<sub>2</sub> в атмосфере Титана в результате взаимодействия внутри протоспутникового тела каменной компоненты с водным раствором и с растворенными в нем газами. Валовый состав системы принят эквивалентным «солнечным» обилиям, существовавшим 4.56 млрд. лет назад (Lodders, 2010). Состав твердой фазы оценивался из данных о кометной пыли (Hanner, Bradley, 2003), состав твердых органических соединений CHON принимался по (Hayatsu, 1980). В качестве модельной рассматривалась 13-ти компонентная закрытая система, состоящая из основных элементов околосолнечного газопылевого диска: H–O–K–Na–Ca–Mg–Cl–Fe–Al–Si–C–S–P. Система включала набор индивидуальных твердых фаз постоянного состава (более 60 минералов), водный раствор с ионами и комплексами (более 50 растворенных частиц) и газовую фазу с широким набором S-, N-, C-, O-, H- содержащих компонентов. Оценка изменения давления (1–4 кбар) в подледном водном слое прото-Титана получена в приближении двухслойной модели (ядро-мантия); за основу была взята модель внутреннего строения Титана (Sohl et al., 2003). Температура в системе принималась, равной 10°C. Состав газовой фазы протопланетного диска, а также эффективность аккумуляции из нее различных компонентов являлись параметрами модели. В результате моделирования были выявлены условия, при которых N<sub>2(газ)</sub> становится преобладающим азотсодержащим компонентом системы, а его поступление в атмосферу вместе с метаном в результате криовулканической деятельности вполне вероятным.

**МОДЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ТИТАНА С КАМЕННО-ЛЕДЯНОЙ  
ИЛИ ГИДРОСИЛИКАТНОЙ МАНТИЕЙ**

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

**TITAN'S INTERIOR MODELS WITH THE ROCK-ICE  
OR HYDROSILICATE MANTLE**

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

[dunaeva@kmail.ru](mailto:dunaeva@kmail.ru)

*Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-00178, № 12-05-00033), а также программы Президиума РАН № 22.*

Наиболее известные в настоящее время модели внутреннего строения Титана, позволяющие согласовать величину момента инерции спутника с его массой и плотностью, рассматривают Титан, состоящий из трех основных структурных областей. В их состав входят: 1) внешняя ледяная оболочка, сложенная высокobarными водными льдами и, вероятно, содержащая внутренний океан с растворенными в нем солями и летучими компонентами; 2) центральное железосиликатное (Fe–Si) ядро однородной плотности и 3) расположенная между ними мантия. В зависимости от выбранной модели, мантия может быть представлена либо гомогенной каменно-ледяной смесью (Tobie, 2012; Дунаева и др., 2014), либо гидратированным материалом низкой плотности, типа серпентина (Castillo-Rogez, 2010). В ряде моделей допускается существование в центре спутника небольшого металлического ядра (Fortes, 2012).

В настоящей работе выполнены подробные численные расчеты внутреннего строения Титана по двум альтернативным моделям. При этом дополнительно учитывалось непрерывное изменение плотности вещества спутника с глубиной в пределах гидросиликатной мантии и в железокремниевом ядре. В моделях Титана с каменно-ледяной мантией предполагалось существование глобальной конвекции вещества во всем мантийном резервуаре.

Результаты проведенных расчетов позволили восстановить фазовый состав в системе H<sub>2</sub>O, а также плотность льдов во всех водосодержащих слоях спутника, получить распределение плотности вещества по глубине гидросиликатной мантии и в железосиликатном ядре, определить размеры внутреннего ядра, мощность мантии и внешней водно-ледяной оболочки Титана.

**ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ Pd–Sn–Te**

**Евстигнеева Т.Л., Боева Н.М., Трубкин Н.В. (ИГЕМ РАН),  
Вимазалова А. (Чешская Геол. Служба)**

**PHASE FORMATION IN THE SYSTEM Pd–Sn–Te**

**Evstigneeva T.L., Boeva N.M., Trubkin N.V. (IGEM RAS),  
Vimazalová A. (Czech Geol. Survey)**

[evst@igem.ru](mailto:evst@igem.ru)

С целью уточнения фазового состава и фазовых соотношений изучен ряд соединений, полученных в системе Pd–Sn–Te при 400<sup>0</sup> С. Среди синтезированных тройных фаз (Vimazalova et al., 2010) не оказалось аналогов минералов Pd–Sn–Te. Полученные образцы были изучены с помощью оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии (+ЭДД) и РФА. Установлена фазовая неоднородность считавшихся гомогенными соединений сложного состава, что позволяет уточнить области составов фаз и пересмотреть фазовые соотношения в системе Pd–Sn–Te. Методом синхронного термического анализа (термогравиметрия и дифференциальная сканирующая калориметрия) определены температурные интервалы термических эффектов, температуры образования и энергетические характеристики исследуемых соединений.

**ВЛИЯНИЕ ТИТАНА НА СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ  
БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ**

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

**INFLUENCE OF TITANIUM ON THE STRUCTURAL FEATURES OF  
BOROSILICATE GLASSES**

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

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

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

Методами инфракрасной (ИК) и рамановской (КР) спектроскопии изучено влияние 5 и 10 мас. % титана на структурные особенности литиевых, натриевых и калиевых боросиликатных стекол состава  $x\text{Li}_2\text{O} \cdot (1-x)\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ,  $x\text{Na}_2\text{O} \cdot (1-x)\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  и  $x\text{K}_2\text{O} \cdot (1-x)\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  ( $x=0.3, 0.5, 0.7$ ), полученных быстрым охлаждением расплавов. Установлено, что в стеклах с высоким содержанием щелочных металлов добавление титана способствует увеличению полимеризованности структуры стекла, а в стеклах с низким содержанием лития, натрия и калия – ее деполимеризации. Сделан вывод о том, что наблюдаемое изменение структуры стекол связано со структурной ролью титана, представленного ионами в четверной координации и выступающего в качестве сеткообразователя. Это позволяет рассматривать добавление титана в расплавы и стекла как фактор, определяющий их структурные особенности, и выработать новые подходы к корректировке структуры матричных материалов в рамках работ, посвященных исследованию факторов, определяющих устойчивость стеклообразных матричных материалов для захоронения радиоактивных отходов.

**МЕТОД РАСЧЁТА СТАНДАРТНЫХ ЭНТАЛЬПИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ КАНКРИНИТА****Ерёмин О.В. (ИПРЭК СО РАН)****THE METHOD OF CALCULATION STANDARD ENTHALPIES OF FORMATION FROM ELEMENTS FOR MINERALS OF CANCRINITE GROUP****Yeriomín O.V. (INREC SB RAS)**yeroleg@yandex.ru, тел. 89243743873*Работа поддержана РФФИ и Правительством Забайкальского края (проект № 14-05-98012 р\_Сибирь\_а)*

Минералы группы канкринита представляют класс каркасных алюмосиликатов со связанной водой, катионами щелочных и щелочноземельных металлов и анионов – карбонат, оксалат, фосфат, сульфат, хлорид.

В предлагаемом докладе рассмотрен метод расчёта стандартных энтальпий для минералов группы канкринита на основе двойственных решений задач линейного программирования. В качестве исходных данных были взяты результаты термохимического анализа для канкринита Хибино-Ловозёрского щелочного комплекса (Кольский полуостров, Россия), полученные в работе (Огородова и др., 2009). На основе энтальпии образования из элементов  $\Delta_f H^\circ = 14490.0$  (кДж/моль) калибровочного минерала  $\text{Na}_{6.93}\text{Ca}_{0.545}\text{K}_{0.01}[\text{Si}_{6.47}\text{Al}_{5.48}\text{Fe}_{0.05}\text{O}_{24}](\text{CO}_3)_{1.25} \cdot 2.3\text{H}_2\text{O}$  получены инкременты химических элементов в системе Ca–Na–K–Al–Fe–Si–C–O–H (таб.).

**Таблица.** Элементные вклады в величины стандартных энтальпий образования минералов группы канкринита (Дж/моль).

Ca	Na	K	Al	Fe	Si	C	O	H
-358195	-23878	-107355	-248127	67009	-87954	257867	-419316	15986

Приведены примеры расчётов энтальпий для семи минералов с экспериментально определённой и оцененной термодинамикой. Средняя относительная ошибка расчётов для рассмотренной группы веществ составляет 0.53%.

Полученные значения элементных вкладов могут быть использованы для оценок стандартных термодинамических потенциалов минералов группы канкринита.

**НОВЫЕ МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ  
Жариков А.В., Мальковский В.И. (ИГЕМ РАН)**

**NEW LABORATORY METHODS OF PERMEABILITY STUDY  
Zharikov A.V., Malkovsky V.I. (IGEM RAS)**

[vil@igem.ru](mailto:vil@igem.ru), тел.: 8(499) 230 8440

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-05-00736),  
Программы 4 РАН и Программы 9 ОНЗ РАН.*

Разработаны новые методы для высокоточных лабораторных измерений проницаемости (в том числе анизотропной) как при нормальных, так и при высоких  $P$ ,  $T$  параметрах. Для изучения фильтрации через образец используется инертный газ – аргон. Аппаратура и методика разработаны на основе нестационарного метода, модифицированного с учетом эффекта Клинкенберга и изменения плотности и динамической вязкости газа при фильтрации через образец. Для слоистого образца с одноосной анизотропией предложенная аппаратура и методика позволяют одновременно получать и осевую, и радиальную компоненты тензора проницаемости.

Такой подход позволяет избежать нежелательного геохимического взаимодействия флюид-порода в процессе опыта, что дает возможность проводить эксперименты в широком диапазоне температур и давлений и выявить основные закономерности изменения проницаемости пород в результате воздействия высоких  $P$ ,  $T$ . Однако физические свойства газа отличаются от свойств водного флюида. В связи с этим вполне возможно, что за счет специфических особенностей уравнения состояния реального флюида (в особенности в околокритической области параметров состояния) проницаемость пород для реального флюида при  $P$ ,  $T$  параметрах, соответствующих условиям залегания пород, могут существенно отличаться от проницаемости этих пород для конденсированного флюида вне околокритической области параметров состояния. Поэтому также рассмотрена принципиально новая методика определения проницаемости с использованием для фильтрации термодинамически подобного воде флюида –  $\text{CO}_2$ .



**ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ КИСЛОРОДА МИНЕРАЛОВ ИЗ ШПИНЕЛЕВЫХ И ГРАНАТОВЫХ ЛЕРЦОЛИТОВ, ГРАНАТОВОГО ПИРОКСЕНИТА И МЕГАКРИСТОВ ВУЛКАНА ШАВАРЫН-ЦАРАМ (МОНГОЛИЯ)**

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

**REDOX CONDITIONS IN UPPER MANTLE: EXPERIMENTAL DETERMINATIONS OF INTRINSIC OXYGEN FUGACITY OF THE MINERALS FROM SPINEL AND GARNET LHERZOLITHS, GARNET PYROXENITE AND MEGACRYSTS FROM VOLCANO SHAVARIN-TSARAM (MONGOLIA)**

**Zharkova E.V., Kadik A.A. (GEOKHI RAS)**

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-14-05-00136а).*

Для определения собственной летучести кислорода (intrinsic oxygen fugacity-  $fO_2$ ) были выбраны различные минералы из шпинелевых и гранатовых лерцолитов, гранатового пироксенита и мегакристы: граната, оливина, клинопироксенов и санидина из вулкана Шаварын-Царам, Монголия (коллекция В.И.Коваленко)

Измерения  $fO_2$  проводились на высокотемпературной установке с двумя твердыми электролитами в интервале температур от 750 до 1150°C и нормальном атмосферном давлении.

Следует отметить, что почти во всех исследуемых образцах наблюдалось вскрытие газовой-жидких включений на первой стадии эксперимента (нагрев), которые, однако, не повлияли на окислительно-восстановительное состояние самих образцов. Проведенные определения показывают, что величины собственной летучести кислорода минералов из шпинелевых лерцолитов лежат в области буферных равновесий  $IW-WM$ . Формирование минералов из гранатовых лерцолитов и пироксенитов происходило также в области буферных равновесий  $IW-WM$ , но минерального равновесия друг с другом достигнуто не было, в отличие от минералов из шпинелевых лерцолитов вулкана Шаварын-Царам (Монголия).

Собственная летучесть кислорода, измеренная для мегакристов вулкана Шаварын-Царам лежит в области буферного равновесия  $WM$ , и выше, за исключением пузырчатого мегакриста клинопироксена.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЛЕТУЧЕСТИ  
КИСЛОРОДА МИНЕРАЛОВ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ ВЕРХ-НЕЙВИНСКОГО  
И ГУЛИНСКОГО МАССИВОВ**

**Жаркова Е.В., Кадик А.А. (ГЕОХИ РАН),  
Баданина И.Ю., Малич К.Н., Мурзин В.В. (ИГГ УрО РАН)**

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF INTRINSIC OXYGEN FUGACITY FOR  
MINERALS OF PLATINUM GROUP FROM VERCH-NEVINSKII AND GULINSKII  
MASSIF**

**Zharkova E.V., Kadik A.A. (GEOKHI RAS),  
Badanina I.Y., Malitch K.N., Murzin V.V. (IGG UrD RAS)**

[kadik@geokhi.ru](mailto:kadik@geokhi.ru), [dunite@yandex.ru](mailto:dunite@yandex.ru)

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 12-05-01166-а).*

Для исследования и определения собственной летучести кислорода (intrinsic oxygen fugacity) были выбраны несколько минералов платиновой группы (МПГ) из Верх-Нейвинского района. Измерения показали, что в отличие от ранее изученных образцов минералов МПГ Гулинского массива, данные минералы обладают более высокой собственной летучестью кислорода и лежат в области буферного равновесия вюстит–магнетит (*WM*) и выше, тогда как МПГ из Гулинского массива располагаются между буферными равновесиями *WM* и железо–вюстит (*IW*).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМ ПЕРЕНОСА  
НЕОДИМА В ВОДЯНОМ ПАРЕ**

**Загртденов Н.Р., Бычков А.Ю., Николаева И.Ю. (геол.ф-т МГУ)**

**THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE NEODIMIUM  
SPECIATION IN WATER VAPOUR**

**Zagrtdenov N.R., Bychkov A.Y., Nikolaeva I.Y. (geol.dep. MSU)**

nailzag@yandex.ru, тел.: 8 (903)-276-39-63

*Проект РФФИ 13-05-00954*

На сегодняшний день существуют данные, относящиеся к геотермальным источникам, к поствулканическим процессам и процессам формирования гидротермальных месторождений, подтверждающие факт переноса редкоземельных элементов в газовой фазе. Исследование растворимости твердых фаз  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  и  $\text{Nd}(\text{OH})_3$  в водяном паре производилось двумя методами. В случае растворимости  $\text{Nd}(\text{OH})_3$  был использован статический метод в автоклавах при температурах 200, 250 °С в интервале давлений от 3 до 15 бар и от 5 до 38 бар соответственно. Экспериментальные результаты показали, что растворимость  $\text{Nd}(\text{OH})_3$  не зависит от фугитивности воды и предполагаемая реакция имеет вид:  $\text{Nd}(\text{OH})_3$  (тв.) =  $\text{Nd}(\text{OH})_3$  (газ.). Логарифм константы реакции составляет  $9.15 \pm 0.42$  для 200 °С и  $-9.30 \pm 0.31$  для 250 °С.

Метод потока использовался для изучения растворимости  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  в водяном паре при температурах 300, 350, 450 °С и интервале давлений от 0.025 до 0.7 бар. Воздушный поток с определенной влажностью пропусклся через кварцевую трубку с  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  и улавливался в 3% раствор  $\text{HNO}_3$ . Экспериментальные результаты демонстрируют, что растворимость растет с фугитивностью воды при всех температурах и угловой коэффициент близок к 1.5. Нами предложена реакция вида:  $0.5 \text{Nd}_2\text{O}_3$  (тв.) +  $1.5 \text{H}_2\text{O}$  (газ.) =  $\text{Nd}(\text{OH})_3$ (газ.); логарифм константы реакции составляет  $-8.31 \pm 0.42$  для 300 °С,  $-7.74 \pm 0.31$  для 350 °С и  $-7.03 \pm 0.61$  для 450 °С.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СКОРОСТИ РАЗЛОЖЕНИЯ  
ЭВДИАЛИТА АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ**

**Зайцев В.А., Громяк И.Н., Седых Э.М. (ГЕОХИ РАН),  
Зайцева Н.Э. (ГБОУ Гимназия 1576 СПш 213)**

**EXPERIMENTAL ESTIMATION OF EUDIALITE DECOMPOSITION RATE  
BY NITRIC ACID**

**Zaitsev V.A., Gromyak I.N., Sedykh E.M. (GEOKHI RAS),  
Zaytseva N.E. (Gymnasia 1576-SPsh213)**

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

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 13-05-12021.*

Исследована скорость растворения эвдиалита г. Аллуайв (Ловозерский массив) в растворах азотной кислоты. Скорость растворения определялась по изменению концентрации компонентов эвдиалита в пробах раствора, отобранных через определенное время.

Наилучшее разложение эвдиалита происходит в кислоте средней концентрации (15%). Использование как более разбавленной, так и концентрированной кислоты приводит к существенному замедлению растворения эвдиалита. Для 15% азотной кислоты зависимость скорости реакции от температуры охарактеризована уравнением  $V=7.45 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(t \cdot 0.0505)$ , где  $V$  – скорость растворения эвдиалита в граммах в минуту на квадратный метр площади поверхности.

Оцененная скорость поступления кремнезема в раствор при растворении эвдиалита ( $S=2.32 \cdot 10^{-2} \cdot \exp(t \cdot 0.0505)$ ) где  $S$  – масса  $\text{SiO}_2$  (в граммах), поступающего за минуту квадратного метра поверхности эвдиалита) с увеличением температуры возрастет слабее, чем скорость осаждения кремнезема на затравках (Айлер, 1982). Из этого следует, что для эффективного отделения кремнезема целесообразно проводить кислотное разложение эвдиалита при максимально возможной температуре.

**О СОХРАННОСТИ КРЕМНЕКИСЛОРОДНЫХ КОЛЕЦ  
ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ЭВДИАЛИТА**

**Зайцев В.А., Медведева Л.С., Седых Э.М. (ГЕОХИ РАН)**

**ABOUT POSSIBLE PRESERVATION OF SILICATE RINGS DURING EUDIALITE  
DECOMPOSITION RATE BY HYDROCHLORIC ACID**

**Zaitsev V.A., Medvedeva L.S., Sedykh E.M. (GEOKHI RAS)**

alkaline@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7063

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-05-31254*

Для проверки возможности сохранения кремнекислородных комплексов при кислотном разложении эвдиалита был проведен специальный эксперимент: эвдиалитовый концентрат, загружен в 10% HCl при постоянном перемешивании при комнатной температуре отобранные через различные промежутки времени пробы разбавлялись дистиллированной водой и разделялись на 2 части, одна из которых замораживалась для сохранения первичной формы нахождения кремнезема в растворе, а другая-выдерживалась в термосе с горячей водой. Содержание кремнезема в растворах анализировалось спектрофотометрически и методом ИСП-АЭС.

Обнаружено, что в растворах кислотного разложения эвдиалита значительная часть кремнезема находится в состоянии, которое не обнаруживается реакцией с молибденовым реагентом, т.е. в виде комплексов, которые крупнее чем димеры. После «вызревания» растворов при температуре близкой к 90°C весь кремнезем переходит в мономерно-димерную форму.

Наши наблюдения позволяют предположить, что существующие в структуре эвдиалита в блоки, например, трех- или девятичленные кольца тетраэдров способны кратковременно сохраняться в водных растворах.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ В СОЧЕТАНИИ С МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЕЙ (ПГХ/МС) ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В СОСТАВЕ CV3-ХОНДРИТА ЕФРЕМОВКА И БОЛЬШОГО ТЁМНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ «GRANDI»**

**Зайцев М.А., Герасимов М.В. (ИКИ РАН), Иванова М.А., Лоренц К.А., Корочанцев А.В. (ГЕОХИ РАН)**

**APPLICATION OF PYROLYTICAL GAS CHROMATOGRAPHY COUPLED WITH MASS SPECTROMETRY (PYR-GS/MS) FOR A COMPARATIVE INVESTIGATION OF ORGANICS IN EFREMOVKA CV3 CHONDRITE AND BIG DARK INCLUSION "GRANDI"**

**Zaitsev M.A., Gerasimov M.V. (IKI RAS), Ivanova M.A., Lorenz C.A., Korochantsev A.V. (GEOKHI RAS)**

mzaitsev@iki.rssi.ru, тел.: 8(495) 333 3512

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 12-05-01161-а.*

В CV3-хондрите Ефремовка было обнаружено уникальное большое тёмное включение GRANDI (размером 3×3×5 см) (Ivanova et al., 2014; 45<sup>th</sup> LPSC, abstract # 1014). Методом ПГХ/МС проведено сравнительное исследование вещества метеорита Ефремовка и GRANDI. Аналитический комплекс состоял из самостоятельно изготовленной пиролизической ячейки, соединённой с газовым хроматографом «Хроматэк-Кристалл 5000.2» (ЗАО «СКБ Хроматэк») и квадрупольным масс-спектрометром DSQ II (Thermo Scientific).

Качественный состав летучих органических соединений (ЛОС), выделившихся при пиролизе 40 мг тонкоизмельчённого основного вещества метеорита при 460°C в токе гелия, схож с составом ЛОС из аналогичного количества GRANDI. ЛОС представлены ароматическими углеводородами (бензолом, толуолом, ксилолами, алкилбензолами с боковыми цепями от C<sub>2</sub> до C<sub>4</sub> включительно, нафталином и метилнафталинами), тиофеном, метилтиофенами и некоторым количеством ацетонитрила, бензонитрила, ацетона и лёгких непредельных углеводородов (бутена). При последующем пиролизе остатков при 900°C были выделены только незначительные количества бензола и толуола. В количественном отношении GRANDI обеднено органикой по сравнению с основной массой метеорита.

В целом, Ефремовка и GRANDI содержат намного меньше летучей органики по сравнению с углистыми хондритами других классов (CI, CM, CO) и заключённое в них органическое вещество может состоять в значительной степени из термически стойких высококонденсированных керогеноподобных структур. Можно предполагать, что вещество Ефремовки и вещество GRANDI имеют сходную историю образования и последующей эволюции. Потеря летучих веществ могла произойти в процессе термального метаморфизма, условия которого до консолидации у каждого из этих объектов могли различаться.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ЗОЛОТА В  
ПАРОВОЙ ФАЗЕ СИСТЕМЫ H<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ПРИ ПОВЫШЕННЫХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ**

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

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SOLUBILITY OF Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> IN THE STEAM  
PHASE OF H<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> SYSTEM AT INCREASED TEMPERATURES AND  
PRESSURE**

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

[lera@iem.ac.ru](mailto:lera@iem.ac.ru) тел.: 8(496) 522 2554

Образование щелочно-карбонатных растворов возможно связано с взаимодействием растворов хлоридов щелочей с карбонатными породами при повышенных температуре и давлении по схеме:



В связи с этим данные о свойствах щелочно-карбонатных растворов необходимы для построения модели полианионных флюидов.

Ранее нами был определён состав пара на кривой кипения в бинарной системе H<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в широком диапазоне состава исходного раствора в интервале температуры 300÷500°C и давления 10.36÷48.28 МПа (Закиров, Суворова, Аранович, 2013). Оригинальная установка, позволяющая отбирать пробу пара в режиме эксперимента (Закиров, Сретенская, 1994), была модифицирована, чтобы обеспечить её устойчивость в сильнощелочных средах. Типичная жильная ассоциация золота с кварцем позволяет предполагать, что кремнезем и золото переносятся совместно в щелочной среде. В связи с этим мы провели серию опытов по определению растворимости золота в растворах Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Опыты проводились в интервале температуры 350–500°C и давления от 23 до 60 МПа по той же методике, что и при изучении растворимости Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Исходный состав раствора соответствовал 0.05, 0.1 и 0.2М Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Анализ закалочных растворов (конденсата), отобранных в ходе опытов при высоких *P–T* параметрах, выполняли методом ICP–MS.

Результаты показывают, что растворимость золота в щелочно-карбонатных растворах составляет  $n \cdot 10^{-7} \div 10^{-6}$ , и слабо падает при повышении давления для всех изученных значений концентрации исходного раствора. Характер зависимости содержания золота от температуры имеет сложный вид. При возрастании температуры от 350 до 375 растворимость золота падает для давлений 25÷35 МПа, но растёт для давлений 40÷55 МПа. С повышением температуры выше 375°C растворимость золота растёт для всего интервала давления.

**ЭФФЕКТИВНАЯ РАСТВОРИМОСТЬ ФТОРА В АЛЮМОСИЛИКАТНОМ СТЕКЛЕ (СИСТЕМА Si–Al–Na–F–O–H) ПРИ 650–750° И 0.1 ГПа**

**Зубков Е.С., Котельников А.Р., Ковальская Т.Н.,  
Коньшев А.Е. (ИЭМ РАН)**

**EFFECTIVE FLUORINE SOLUBILITY IN ALUMOSILIKATE MELT (SYSTEM Si–Al–Na–F–O–H) AT 650–750°C AND 0.1 GPa**

**Zubkov E.S., Kotelnikov A.R., Kovalskaya T.N., Konyishev A.E. (IEM RAS)**

eszubkov@gmail.com тел.:+7(916) 261 2568

Изучение системы Si–Al–Na–F–O–H проводилось на гидротермальных установках высокого давления с внешним нагревом и холодным затвором (УВД-10000) при температурах 650, 700 и 750°C и давлении 0.1 ГПа. Все изучаемые составы были насыщены водой и имели предельные содержания фтора, что обеспечивало образование солевых фторидных фаз, равновесных с алюмосиликатным расплавом. Исследовалось зависимость предельного содержания фтора (эффективная растворимость) от состава системы и температуры. Показана сложная картина растворимости с несколькими локальными максимумами, положение которых зависит от температуры. Проведено сравнение полученных результатов с природными объектами.



**ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ЗАКАЛКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА В  
ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЕ Si–Al–Na–K–Li–F–O–H ПРИ 700–750° И 1 КБАР**

**Зубков Е.С. (ИЭМ РАН), Щекина Т.И., Алферьева Я.О.,  
Граменицкий Е.Н. (геол.ф-т МГУ), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

**THE MODEL GRANITE SYSTEM Si–Al–Na–K–Li–F–O–H  
AT 700–750° AND 1 KBAR**

**Zubkov E.S. (IEM RAS), Shchekina T.I., Alferyeva Ya.O.,  
Gramenitskiy E.N (geol.dep.MSU), Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

[eszubkov@gmail.com](mailto:eszubkov@gmail.com), тел.: +7(916) 361 2568

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

Изучение системы Si–Al–Na–K–Li–F–O–H проводилось на 2-х типах гидротермальных установок высокого давления УВД, отличающихся скоростью закалки. Установка первого типа обеспечивает охлаждение системы до температуры 200°C в течение первых секунд, а установка второго типа требует для достижения данной температуры, по крайней мере, 2–5 минут.

Для сравнения фазовых отношений в системе при разной скорости закалки продуктов опытов были проведены 3 серии экспериментов: в натриевой, в калиево-натриевой и в литиево-калиево-натриевой частях системы с составами, отличающимися соотношениями главных компонентов (Si, Al, Na, K, Li). Все составы были насыщены водой и имели предельные содержания фтора, что обеспечивало образование солевых фторидных фаз, равновесных с алюмосиликатным расплавом. С каждым составом проводили два одинаковых (парных) опыта, отличавшихся только скоростью охлаждения. Было обнаружено, что фазовые отношения в парных опытах, как правило, не противоречат друг другу, но в опытах с более медленным охлаждением они не всегда однозначны в связи с появлением дополнительных закалочных фаз. Общей закономерностью для состава стекол в опытах с быстрой закалкой было меньшее содержание кремнезема (на 2–4 ат.%) и большее щелочных компонентов (на 2–4 ат.%) и фтора (на 3–8 ат.%) по сравнению с опытами с меньшей скоростью закалки. Было обнаружено, что в чисто натриевой системе в кварц-нормативной области при меньшей скорости закалки происходит кристаллизация закалочного виллиомита, а в нефелин-нормативной – кристаллизация метастабильного альбита и содалита. В калиево-натриевой части системы кристаллизовался K-Na полевой шпат. Во фторидных фазах – (K-Na криолите) и в щелочном алюмофторидном расплаве (в присутствии Li) изменялось соотношение щелочных компонентов. Следует, по крайней мере, два вывода из проведенных методических работ: 1) фазовые отношения более четко определяются в экспериментах с быстрой закалкой; 2) фазовые отношения и составы фаз, полученные в опытах с более медленным охлаждением, позволяют судить о направлении процесса кристаллизации в изучаемой системе при понижении температуры.

**ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ХОНДРИТАХ БУХАРА (CV3)  
И KILABO (LL6)**

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

**A STUDY OF THERMOLUMINESCENCE IN BUKHARA (CV3)  
AND KILABO (LL6) CHONDRITES**

**Ivliev A.I., Kuyunko N.S. (GEOKHI RAS)**

cosmo@geokhi.ru, тел: 8(499) 137 8314

*Работа частично поддержана Программой № 22 фундаментальных исследований Президиума РАН и Программой № 4 ОНЗ РАН.*

Проведено исследование термолюминесценции (ТЛ) в хондритах Бухара и Kilabo. Метеорит Бухара выпал в Узбекистане 9 июля 2001 г. Найден только один экземпляр весом 5.3 кг. Метеорит Kilabo выпал 21 июля 2002 г. в Нигерии в виде нескольких фрагментов общей массой 19 кг. Оба метеорита относятся к самому распространенному типу метеоритов - к каменным метеоритам-хондритам, вещество которых, близкое по своему составу к солнечному веществу, считается наиболее примитивным и древним. Однако они относятся к разным классам хондритов Бухара - углистый хондрит химической группы CV, тогда как Kilabo - обыкновенный хондрит химической группы LL (амфотериты).

В углистом хондрите неравновесного типа Бухара (CV3) с помощью измерений ТЛ изучена степень его метаморфизма. Полученные результаты показали, что метеорит Бухара можно отнести по степени теплового метаморфизма к подтипу 3.6.

Изучение ТЛ, накопленной в космическом пространстве и наведенной от внешнего источника радиоактивного излучения, в образцах хондрита Kilabo показали, что этот хондрит можно отнести к ударному классу S3, что находится в полном соответствии с результатами петрографических исследований. Проведенные расчеты степени ударной нагрузки показали величину близкую к  $23+1$  ГПа. Вычисленная величина эквивалентной дозы составила  $510 \pm 10$  Гр, что позволяет отнести перигелий орбиты хондрита Kilabo к диапазону 0.8-1 а.е., который характерен для орбит большинства выпадающих на Землю метеоритов.

**СИНТЕЗ МОНОКРИСТАЛЛОВ СКИАГИТА ( $\text{Fe}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) И ЕГО  
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 60 ГПа****Исмаилова Л.С. (ГЕОХИ РАН), Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ),  
Дубровинский Л.С. (Баварский Геоинститут, Байройт, Германия)****SYNTHESIS OF MONOCRYSTALLINE SKIAGITE ( $\text{Fe}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ )  
AND ITS STUDY UP TO 60 GPa****Ismailova L.S. (GEOKhI RAS), Bobrov A.V. (geol. dep. MSU),  
Dubrovinsky L.S. (Bayerisches Geoinstitut, Bayreuth, Germany)**[Leyla.isml@gmail.com](mailto:Leyla.isml@gmail.com)

Гранаты входят в число главных минеральных фаз мантии Земли и широко представлены во включениях в природных алмазах. Мантийные гранаты образуют сложные твердые растворы, и взаимосвязь между их составами и условиями формирования лежит в основе методов геотермобарометрии мантийных минеральных ассоциаций. Наиболее глубокие различия гранатов, отвечающие нижним частям верхней мантии и переходной зоне, обогащены кноррингитовым  $\text{Mg}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ , мэйджоритовым  $(\text{Mg,Fe})_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$  компонентами, и нередко содержат в своем составе кохаритовый  $\text{Mg}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  и скиагитовый  $\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$  крайние члены. Вхождение последних двух компонентов (содержащих  $\text{Fe}^{3+}$ ) в состав мэйджоритовых гранатов может служить важным индикатором  $f\text{O}_2$  в условиях переходной зоны (O'Neill et al., 1993). Скиагит наименее изучен, и целью нашей работы явилось получение новых экспериментальных, термодинамических, спектроскопических и структурных данных. Кроме того, результаты работы могут быть приложены к проблемам формирования глубоких алмазов. Кристаллы скиагита темно-красного цвета (размером до 30 мкм) были впервые синтезированы на многопуансонном прессе при 9.5 ГПа, 1100°C (время выдержки 30 минут) в Баварском Геоинституте (Байройт, Германия). Исследование монокристаллов скиагита, отобранных из общей тонкозернистой массы, было проведено на автоматическом дифрактометре Bruker с SSD-детектором SMART APEX. Скиагит отвечает кубической сингонии и характеризуется параметром ячейки  $a=11.726(4)$  с пространственной группой Ia-3d. Исследование с помощью синхротронного излучения и XANES спектроскопии, проведенное в Гренобле (Франция), показало, что при давлениях около 50 ГПа происходит переход скиагита в пока неизвестную фазу, что требует дополнительного изучения.

ОСОБЕННОСТИ РАСТВОРЕНИЯ С–О–Н ЛЕТУЧИХ В РАСПЛАВАХ FeO–Na<sub>2</sub>O–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>, РАВНОВЕСНЫХ С ЖИДКИМ СПЛАВОМ ЖЕЛЕЗА И ГРАФИТОМ ПРИ 4 ГПа И 1550°C

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

PECULIARITIES OF C–O–H VOLATILES SOLUBILITY IN FeO–Na<sub>2</sub>O–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> MELTS EQUILIBRATED WITH LIQUID Fe ALLOY AND GRAPHITE AT 4 GPa AND 1550°C

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

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ гранта № 14-05-00136а, Программ Президиума РАН 28 и ОНЗ-9*

Для выяснения особенностей растворения углерода и водорода в железосодержащих магматических расплавах, равновесных с металлической фазой железа и графитом при значениях летучести кислорода ( $fO_2$ ) на 2–5 порядков ниже буферного равновесия железо-вюстит  $fO_2(IW)$ , проведены эксперименты с расплавами состава FeO–Na<sub>2</sub>O–SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при давлении 4 ГПа и температуре 1550°C.

Исследования методами ИК и КР спектроскопий силикатных стекол, полученных в результате экспериментов, свидетельствуют об образовании в них содержащих связи С–Н молекул CH<sub>4</sub>, групп CH<sub>3</sub> (Si–O–CH<sub>3</sub>) и комплексов со связью С=О. Концентрации молекул CO<sub>2</sub> и CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-групп оказались чрезвычайно малыми. Кроме соединений с углеродом, Растворенный водород, кроме соединений с углеродом, присутствует в расплаве в виде молекул H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и OH<sup>-</sup> групп.

Показано, что при понижении  $fO_2$  концентрации H<sub>2</sub>O и OH<sup>-</sup>, и в некоторой степени H<sub>2</sub>, уменьшаются при одновременном значительном возрастании содержания CH<sub>4</sub>. Концентрация комплексов со связью С=О резко возрастает с понижением  $fO_2$  и достигает максимума при значения  $fO_2(IW) = -3$ .

Согласно ИК спектрам общая концентрация H<sub>2</sub>O (OH<sup>-</sup>+H<sub>2</sub>O) в стеклах составляет 1.2–5.8 мас. % и уменьшается с понижением  $fO_2$ . Высокие концентрации H<sub>2</sub>O в значительной степени определяются высвобождением кислорода при восстановлении FeO из расплава. Общее содержание углерода при высоких концентрациях H<sub>2</sub>O (4.9–5.8 мас. %) составляет около 0.4 мас. %.

РАСТВОРЕНИЕ УГЛЕРОДА И КРЕМНИЯ В ЖИДКОМ СПЛАВЕ Fe–Si–C,  
РАВНОВЕСНОМ С РАСПЛАВОМ FeO–Na<sub>2</sub>O–SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

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

CARBON AND SILICON SOLUBILITY IN LIQUID Fe–Si–C ALLOY  
EQUILIBRATED WITH FeO–Na<sub>2</sub>O–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> MELT

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

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 14-05-00136а, Программа Президиума РАН 28, ОНЗ-9*

Экспериментальные исследования системы FeO–Na<sub>2</sub>O–SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, равновесной с жидким сплавом Fe–Si–C и графитом при 4 ГПа и 1550°C, проведены для оценки растворения C и Si в сплаве железа при формировании магматического океана при значениях летучести кислорода  $fO_2$  на 2–5 порядков ниже равновесного  $fO_2(IW)$ . Значения  $fO_2$  в экспериментах соответствовали существующим представлениям об условиях ранней химической дифференциации Земли при плавлении и сегрегации металлической фазы.

Показано, что концентрация C в глобулах сплава железа находится в зависимости от содержания кремния в нем и, соответственно, от  $fO_2$ . При значениях  $\Delta \log fO_2(IW) = -2.0$  и  $-3.8$  и низких концентрациях Si (0.1–0.3 мас. %) оно составляет  $3.7 \pm 0.2$  и  $2.7 \pm 0.2$  мас. %, соответственно. При  $\Delta \log fO_2(IW) = -5.2$  концентрация Si в сплаве Fe достигает 13.3 мас. % с одновременным уменьшением концентрации C до 0.3 мас. %. Можно предположить, что при плавлении ранней восстановленной мантии Земли в условиях значений  $fO_2$  на 4–5 порядков ниже  $fO_2(IW)$  роль сегрегации сплавов железа в извлечении углерода из восстановленных магм в формирующееся ядро планеты будет менее значительной, чем это следует ожидать для более высоких значений  $fO_2$ .

**РАСТВОРИМОСТЬ N–H–O ЛЕТУЧИХ В FeO–Na<sub>2</sub>O–SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> РАСПЛАВАХ, РАВНОВЕСНЫХ С ЖИДКИМ Fe–Ni–Co СПЛАВОМ ПРИ 1.5 ГПа и 1400°C**

**Кадик А.А., Куровская Н.А., Игнатьев Ю.А., Кононкова Н.Н. (ГЕОХИ РАН), Колташев В.В., Плотниченко В.Г. (ИЦВО РАН)**

**SOLUBILITY OF N–H–O VOLATILIES IN FeO–Na<sub>2</sub>O–SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MELTS IN EQUILIBRIUM WITH LIQUID Fe–Ni–Co ALLOY AT 1.5 ГПа AND 1400°C**

**Kadik A.A., Kurovskaya N.A., Ignatjev Yu.A., Kononkova N.N. (GEOHI RAS), Koltashev V.V., Plotnichenko V.G. (FORC, RAS)**

[kadik@geokhi.ru](mailto:kadik@geokhi.ru), тел.: 8(495) 939 7867

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

Для выяснения особенностей растворения азота и водорода в продуктах раннего плавления восстановленной мантии Земли изучено взаимодействие N–H–O летучих с FeO–Na<sub>2</sub>O–SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> расплавом, равновесным с жидким Fe–Ni–Co сплавом при 1.5 ГПа, 1400°C. Значения  $fO_2$  в экспериментах соответствуют существующим представлениям об условиях ранней химической дифференциации Земли при ее плавлении и сегрегации металлической фазы. Для выяснения механизмов растворения N, C и H использованы методы КР спектроскопии стекол – продуктов закалки восстановленных расплавов. Установлено, что плавление в  $T$ – $P$ – $fO_2$  области устойчивости Fe–Ni–Co металлической фазы приводит к формированию в силикатных расплавах комплексов со связями N–H (NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), H–O (H<sub>2</sub>O, OH<sup>-</sup>), а также молекул N<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>. Сравнение полученных экспериментальных данных по растворимости азота в силикатных расплавах при  $\Delta \log fO_2(IW) = -0.8 \div -1.6$  с данными аналогичных экспериментов при  $\Delta \log fO_2(IW) = -1.9 \div -3.7$  (Кадик и др., 2011) свидетельствует о существенном понижении растворимости азота в силикатных жидкостях с повышением  $fO_2$ . При значениях  $fO_2$  0.8 ÷ 1.6 лог. ед. ниже  $fO_2(IW)$  растворимость азота в силикатной жидкости составляет около 0.1–0.2 мас. %. Растворимость водорода при этих же условиях составляет 0.24–0.36 мас. %.

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СЕДИМЕНТАЦИИ ЧАСТИЧНО РАСПЛАВЛЕННЫХ ПОРОД С УЧЕТОМ АВТОКОЛЕБАНИЙ В ЗАКРИТИЧНОЙ ОБЛАСТИ**

**Каракин А.В., Покаташкин П.А. (ВНИИГеосистем)**

**ANALYSIS OF SEDIMENTATION OF PARTLY MELT ROCKS, USING AUTO WAVE REGIME IN FAR CRITICAL REGION**

**Karakin A.V., Pokatashkin P.A. (VNIIGeosystem)**

[avkarakin@gmail.com](mailto:avkarakin@gmail.com), [p.a.pokatashkin@gmail.com](mailto:p.a.pokatashkin@gmail.com), тел.: 8(495) 466 2446

Рассматривается процесс седиментации частично расплавленных пород в интрузиях. В процессе седиментации суспензии возникает стратифицированная структура, зон с различной степенью уплотнения твердой фазы. Предложена модель учета слоя с закритичной пористостью, лежащем над зоной компакциии. Закритические значения пористости соответствуют нарушению связности скелета. В процессе седиментации структуры в этом слое периодически разрушаются и восстанавливаются и на макроуровне воспринимаются как периодические автоколебания. Автоколебательный режим седиментации приводит к тому, что в кумулятах возникает периодическая слоистая структура, которая может быть обнаружена через много миллионов лет после того, как интрузивная камера застыла. В данной работе приводится исследование указанного процесса. Предложена модель седиментации, рассматривающая интрузию как структуру, состоящую из 4 зон с существенно разной реологией. Проведены приближенные аналитические оценки решений уравнений компакциии в области поровязкой среды с учетом автоколебаний вышерасположенной зоны, состоящей из коллоидных структур.

**НОВЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
ЗЕМНОЙ ГРУППЫ**

**Киркинский В. А. (ИГМ СО РАН)**

**NEW APPROACH TO MODELING OF MAGNETIC FIELDS  
ON TERRESTRIAL PLANETS**

**Kirkinskii V. A. (IGM SB RAS)**

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

По измерениям советских и американских космических аппаратов магнитные моменты внутренних планет Солнечной системы отличаются более чем на 4 порядка. Этот факт невозможно согласовать с концепцией динамо, согласно которой магнитные поля планет генерируются в их ядрах при конвекции расплавов на основе железа. Наличие жидких внешних ядер Марса и Венеры доказано анализом свободных колебаний и построенными моделями их внутреннего строения, однако дипольные магнитные поля у этих планет не обнаружены. В то же время Меркурий обладает магнитным полем, несмотря на то, что из-за малого размера планеты его ядро должно было полностью затвердеть. На основе анализа геомеханических и физико-химических процессов на границе ядра и мантии Земли, вызванных приливными деформациями, предложена и обоснована альтернативная модель происхождения магнитных полей планет Земной группы. Модель позволила непротиворечиво объяснить все основные особенности строения и эволюции геомагнитного поля. Исходя из новой модели количественно рассчитаны напряженности магнитных полей и магнитные моменты Марса, Венеры и Меркурия в сравнении с Землёй. Полученные результаты хорошо согласуются с данными непосредственных измерений, что свидетельствует об адекватности разработанной модели.



**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ПРОИСХОЖДЕНИЯ  
ГЛУБИННЫХ ПЛЮМОВ**

**Киркинский В. А. (ИГМ СО РАН)**

**PHYSICO-CHEMICAL MECHANISM OF DEEP-SEATED PLUMES ORIGIN**

**Kirkinskii V. A. (IGM SB RAS)**

[kirkinsk@igm.nsc.ru](mailto:kirkinsk@igm.nsc.ru), 8(905) 938 3477

Условия в нижней мантии практически исключают возможность образования магматических очагов за счет сильного локального перегрева пород. Предложен и обоснован механизм происхождения плюмов, основанный на анализе геомеханических и физико-химических процессов на границе ядра и мантии Земли. Под действием приливных сил в твёрдой силикатной мантии на границе с ядром периодически создаются области деформации растяжения и, как следствие, – микротрещины, в которые в результате декомпрессии поступает водород, накопившийся в ядрах за счёт обменных реакций между расплавами железа и силикатов при гравитационной дифференциации планет. Проникновению водорода способствует также фазовый переход перовскит–постперовскит при изменении нагрузки в приливном выступе. Водород вступает в химические реакции с мантийными минералами, содержащими двухвалентное железо, с образованием гидрида железа и воды, что снижает температуру солидуса и приводит к частичному плавлению мантийных пород. После накопления значительного объёма расплав начинает всплывать в виде плюма. Обсуждаются геологические следствия предложенного механизма.

ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО АКТИНОЛИТА

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

ENTHALPY OF FORMATION OF NATURAL ACTINOLITE

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

[kiseleva@geol.msu.ru](mailto:kiseleva@geol.msu.ru), тел.:8(495) 939 1349

Актинолит – широко распространенный в природе породообразующий минерал из группы кальциевых амфиболов ряда тремолит  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$  – ферроактинолит  $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ . Изучен образец природного актинолита из Шабровского месторождения талька (Ср. Урал, Россия). По данным рентгеноспектрального микроанализа химическая формула минерала имеет вид  $\text{Ca}_2\text{Mg}_{4.5}\text{Fe}^{2+}_{0.5}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ . Рентгенографическое исследование показало мономинеральность изученного образца. Спектр ИК-поглощения аналогичен приведенному в (Пенг Венши, 1982). На кривой ДТА зафиксирован эндотермический эффект в интервале 1000-1150°C ( $t_{\text{max}}=1090^\circ\text{C}$ ), связанный с потерей конституционной (гидроксильной) воды (потеря массы составила ~ 2.2%). Определение энтальпии образования актинолита из элементов проведено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «Setaram» (Франция) методом расплавной калориметрии растворения:  $\Delta_f H^\circ(298.15 \text{ K}) = -12054 \pm 18 \text{ кДж/моль}$ .

T

**ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО СЕПИОЛИТА**

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

**THERMOCHEMICAL STUDY OF NATURAL SEPIOLITE**

**Kiseleva I.A., Ogorodova L.P., Melchakova L.V., Vigasina M.F.,  
Kabalov Yu.K. (geol. dep. MSU)**

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00211).*

Проведено первое экспериментальное термохимическое изучение природного сепиолита  $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(H_2O)_4 \cdot nH_2O$  из Аккермановского месторождения (Южный Урал, Россия). Работа выполнена на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве. Образец охарактеризован методами рентгеновской порошковой дифракции, термического анализа, ИК-спектроскопии. Были изучены процессы дегидратации и дегидроксилизации сепиолита. Измерены энтальпии удаления различных типов воды - адсорбированной, цеолитной и связанной:  $15 \pm 4$ ,  $28 \pm 8$ ,  $39 \pm 15$  кДж/моль  $H_2O$ , соответственно; энтальпия дегидроксилизации:  $145 \pm 14$  кДж/моль  $H_2O$ . Энтальпии образования из элементов  $\Delta_f H^\circ_{el}(298.15 \text{ K})$  определялись методом расплавной калориметрии растворения для сепиолитов с различным содержанием воды: -  $18773 \pm 28$  кДж/моль для  $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(H_2O)_4 \cdot 4H_2O$  и  $-16426 \pm 21$  кДж/моль для  $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(H_2O)_4$ . Рассчитаны соответствующие энергии Гиббса образования изученных сепиолитов: -  $17280$  и  $-15383$  кДж/моль. Полученные данные могут быть использованы при термодинамическом моделировании различных природных и технологических процессов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ  
ЛАРНИТ-НОРМАТИВНОГО МЕЛАНЕФЕЛИНИТА****Когарко Л.Н., Кривман Л.Д. (ГЕОХИ РАН)****EXPERIMENTAL MODELLING OF LARNITE-NORMATIVE  
MELANEPHELINITE CRYSTALLIZATION****Kogarko L.N., Krigman L.D. (GEOKHI RAS)**[kogarko@geokhi.ru](mailto:kogarko@geokhi.ru)

Валовый состав синтетической смеси, которая использовалась как исходный материал соответствует валовому составу карбонатизированного меланефелинитового расплава, определенного на основании изучения расплавных включений в ранних ликвидусных минералах из оливинитов Кугды (Полярная Сибирь). Мы полагаем, что расплав меланефелинита такого состава, вероятно, мог послужить материнским для формирования интрузии Кугда.

Эксперименты проводились со смесями, не содержащими летучие компоненты, и со смесями, содержащими  $\text{CO}_2$ . Также в обоих случаях мы изучали кристаллизацию смесей, легированных небольшим количеством фтора (1 мас.%). Были проведены опыты при давлении 1 атм и давлении 2 кбар методом закалки. Опыты при атмосферном давлении были проведены в электропечи с контролируемой фугитивностью кислорода. Для экспериментов при давлении 2 кбар в качестве контейнеров были использованы запаянные платиновые капсулы/ампулы, покрытые изнутри вольфрамовой фольгой; опыты проводились в пистонно-цилиндрической установке с газовой средой. Из меланефелинитового расплава кристаллизуются: оливин, мелилит, перовскит, клинопироксен, фтор-флогопит (в опытах, где был добавлен фтор), магнетит и твердый раствор нефелин-калсилит. Последовательность кристаллизации зависит от давления и исходного состава (от концентрации фтора и  $\text{CO}_2$ ), но во всех случаях оливин и мелилит являются первыми ликвидусными фазами. Добавление  $\text{CO}_2$  приводит к значительному увеличению стабильности клинопироксена.

Порядок кристаллизации нефелинитового расплава сильно зависит от давления. При давлении до 8 кбар порядок кристаллизации следующий: оливин-мелилит-пироксен, при повышении давления – оливин-клинопироксен-мелилит. На основании этих данных различие в порядке кристаллизации минеральных фаз и структуре ультраосновных-щелочных массивов, содержащих мелилитовые породы, может быть понято. Отсутствие ортопироксена в виде ликвидусной фазы в условиях высоких давления и температуры дает основание предполагать, что формирование турьяитового расплава является результатом частичного плавления верлитового материала мантии.

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ФЛЮИДА НА ПОВЕДЕНИЕ Mn И Fe ПРИ  
РАСТВОРИМОСТИ КОЛУМБИТА–ТАНТАЛИТА**

**Коржинская В.С. (ИЭМ РАН)**

**EFFECT OF FLUID COMPOSITION ON THE BEHAVIOUR OF Mn AND Fe  
DURING COLUMBITE–TANTALITE SOLUBILITY**

**Korzhinskaya V.S. (IEM RAS)**

[vkor@iem.ac.ru](mailto:vkor@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 5861

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН и гранта  
РФФИ-14-05-00424-а.*

Представлены экспериментальные результаты поведения марганца и железа при растворении природного колумбита-танталита и синтетического манган- танталита в HF, KF, NaF, LiF, HCl, NaCl, KCl, LiCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaOH растворах при  $T = 300\text{--}550^\circ\text{C}$ ,  $P = 1000$  бар в присутствии кислородного буфера Co–CoO. Концентрация исходных растворов варьировала в пределах 0.01m–2m. Длительность опытов составляла 15–30 суток в зависимости от выбранных параметров. Экспериментальные данные свидетельствуют о положительной зависимости растворимости Mn и Fe от концентрации хлоридов и фторидов. Исключением являются растворы KCl, в которых содержание марганца практически не меняется с ростом концентрации KCl. Высокое содержание Mn устанавливается в растворах HCl, где оно достигает значений 0.01–0.1m при концентрации HCl 0.1 и 1m, соответственно. Эти величины на 1.5–2 порядка выше, чем в растворах HF. Во всех остальных хлоридных растворах при растворении колумбита-танталита и манган-танталита содержание марганца и железа также оказывается заметно выше, чем во фторидных растворах. Содержание Mn в равновесном карбонатном растворе имеет линейную зависимость от концентрации исходного Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> раствора. Содержание Fe остается практически постоянным с ростом концентрации Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. В растворах NaOH картина неоднозначная как для марганца, так и для железа.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ  
ТОПАЗА И БЕРИЛЛА ПРИ 500°C, 1000 БАР В РАСТВОРАХ H<sub>2</sub>O–HF**

**Коржинская В.С., Аксюк А.М. (ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF TOPAZ AND BERIL SOLUBILITY  
AT 500°C, 1000 BAR IN H<sub>2</sub>O–HF SOLUTION**

**Korzhinskaya V.S. Aksyuk A.M. (IEM RAS)**

vkor@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 524 4425

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОНЗ РАН.*

Образование топаза и берилла в природе указывает на участие в процессе формирования пород и месторождений флюида, богатого фтором. Это характерно для редкометальных гранитов, пегматитов, грейзенов и месторождений Sn, W, Ta, Nb, Be, флюорита. Например, по нашим оценкам с помощью геофториметров, месторождения Вознесенского рудного узла (Дальний Восток) формировались при участии высоко фторидных растворов. Концентрации HF во флюиде при 600°C оцениваются в интервале 0.02–0.60 моль/дм<sup>3</sup>, что при давлении 1000 бар соответствует концентрациям  $m_{HF} = 0.053–1.605$  (моль/л H<sub>2</sub>O) или  $\log m_{HF}$  от -1.271 до 0.205.

Растворимость топаза и берилла изучена экспериментально в гидротермальных условиях при 500°C, давлении 1000 бар. Концентрации HF в растворах были от чистой воды до 2  $m_{HF}$ . В опытах использовались монокристаллы топаза и берилла из месторождения Шерлова Гора, Забайкалье. Топаз имел по данным микрозондового анализа химический состав: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 58.05 %, SiO<sub>2</sub> 33.78 %, F 18.97 % и формульный состав – (Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(OH)<sub>0.16</sub>F<sub>1.84</sub>). Результаты экспериментов показывают, что в растворах с концентрацией  $m_{HF}$  выше 0,1 валовая растворимость топаза и берилла растет с увеличением концентрации HF в растворе, что указывает на возрастание растворенных силика-алюмофторидных комплексов. При комнатных условиях по данным длительных опытов (1–2 месяца) растворимость топаза и берилла остаются низкими – около 10<sup>-4</sup>г.

**СТРУКТУРА ЛИТИЕВОСИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ДАННЫМ СПЕКТРОСКОПИИ КР И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Королева О.Н. (ИМин УрО РАН), Коробатова Н.М. (ЮУГУ)**

**STRUCTURE OF LITHIUMSILICATE MELTS DEPENDING ON COMPOSITION AND TEMPERATURE ACCORDING TO RAMAN SPECTROSCOPY AND THERMODYNAMIC MODELING**

**Koroleva O.N. (IMin UrB RAS), Korobatova N.M. (SUSU)**

[koroleva@mineralogy.ru](mailto:koroleva@mineralogy.ru), тел.: 8(3513) 57 0408

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-05-00294-а и гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых (МК-6284.2013.5).*

В данной работе рассматриваются результаты колебательной спектроскопии и термодинамического моделирования структуры литиевосиликатных расплавов. Зависимость структуры расплава от состава и температуры исследовалась методом высокотемпературной спектроскопии комбинационного рассеяния при температурах до 1423 К для образцов составов  $x\text{Li}_2\text{O}\cdot(100-x)\text{SiO}_2$ , где  $x = 0, 33, 40, 50, 55$  и  $60$  мол. %. Для получения количественной информации о степени полимеризации расплавов высокочастотная область спектров КР была представлена в виде суперпозиции линий гауссовской формы. Процедура была проведена с учетом второй координационной области атомов кремния, что позволило получить  $Q^n$  – распределение в зависимости содержания катиона-модификатора, а также от температуры расплава во всем изучаемом диапазоне. Полученные высокотемпературные данные были использованы для коррекции термодинамической базы данных, созданной для силикатных расплавов (Koroleva et al., 2013). Для этого с помощью ПК «Селектор» была сформирована модель литиевосиликатного расплава, в которой рассматривалось влияние исходного химического состава (соотношения  $\text{SiO}_2/\text{Li}_2\text{O}$ ) и температуры на компонентный состав силикатного расплава. Состав расплава менялся от чистого кремнезема до ортосиликата лития (67 мол. %  $\text{Li}_2\text{O}$ ), температурный диапазон задавался от 298.15 до 1423 К. В системе Li–Si–O задавался список потенциально возможных веществ в равновесии состоял из 25 зависимых компонентов. Результаты моделирования выглядят несколько сглаженными и усредненными по сравнению с экспериментальными данными, но общая закономерность поведения расплава сохранена качественно и количественно. Показано, что результаты моделирования процесса распределения структурных единиц расплава от его химического состава находятся в хорошем соответствии с результатами высокотемпературной спектроскопии КР.

ИЗУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЗ СИСТЕМЫ  $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  МЕТОДАМИ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА

**Королева О.Н., Штенберг М.В. (ИМин УрО РАН)**

INVESTIGATION OF CRYSTALLINE PHASES IN THE  $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  SYSTEM BY VIBRATIONAL SPECTROSCOPIC AND X-RAY DIFFRACTION

**Koroleva O.N., Shtenberg M.V. (IMin UB RAS)**

[koroleva@mineralogy.ru](mailto:koroleva@mineralogy.ru), тел.: +7(3513) 57 0408

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-05-00294-а и гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых (МК-6284.2013.5).*

Силикатные системы являются важнейшим классом широко распространенных в природе соединений. Основной структурной единицей в них выступает кремнекислородный каркас с различным соотношением мостиковых и немостиковых атомов кислорода. Литиево-силикатная система подробно была изучена, в том числе методами колебательной спектроскопии, термического и рентгенофазового анализов рядом исследователей (Umesaki et al., 1988; Claus et al., 1996; Meshalkin, Karlun, 2005), однако до сих пор изучение высокощелочных стекол и кристаллических фаз системы  $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  является предметом научного интереса.

В данной работе проведен синтез и кристаллизация фаз из расплавов состава  $x\text{Li}_2\text{O}-(100-x)\text{SiO}_2$ , где  $x = 20, 25, 33, 40, 50, 55$  и  $60$  мол. %. Образцы исследовались методами инфракрасной спектроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния света, а также рентгенофазовым анализом. Было установлено, что в образце с содержанием лития 60 мол. % помимо орто- и метасиликата лития присутствует пиросиликат, для которого на спектре КР определены характерные полосы (Koroleva et al., 2014).



**ВХОЖДЕНИЕ АРГОНА В ПРИРОДНЫЙ КОРДИЕРИТ****Косова С.А., Сафонов О.Г., Варламов Д.А. (ИЭМ РАН)****ARGON INCORPORATION INTO NATURAL CORDIERITE****Kosova S.V., Safonov O.G., Varlamov D.A. (IEM RAS)**

sveta\_k@iem.ac.ru, тел: 8(496) 522 5851

*Поддержка: РФФИ (13-05-00353, 14-05-93962, 14-05-31243-мол\_a).*

Помимо  $H_2O$  и  $CO_2$ , структурные каналы кордиерита способны вмещать в себя огромное разнообразие газовых молекул ( $CO$ ,  $N_2$ ,  $He$ ,  $Xe$  различные УВ). В. Шрайер с соавторами (Schreyer et al., 1960; Smith, Schreyer, 1962) впервые обратили внимание на возможность вхождение  $Ar$  (с радиусом  $1.9 \text{ \AA}$ ) в структурные каналы кордиерита при повышенных давлениях и синтезировали образцы  $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$ , содержащие 2–3 мас. %  $Ar$  при 10 кбар. Т. Армбрустер (Armbruster, 1985) синтезировал магниезальный кордиерит, содержащий до 4.5 мас. %  $Ar$  при  $700^\circ C$  и 6–7 кбар. Вхождение  $Ar$  в  $Mg$ - $Fe$  кордиерит не изучалось. В ходе разгерметизации ампул при проведении экспериментов по взаимодействию кордиеритсодержащего метапелита (образец из гранулитового комплекса Лимпопо, ЮАР) с флюидами  $H_2O$ – $CO_2$ – $KCl$  в установке газового высокого давления с внешним нагревом (газовой бомбе) при 6 кбар и  $800^\circ C$  (длительность опытов была 10 дней) были выявлены зональные (зональность хорошо выражена в изображениях в обратно-рассеянных электронах) по содержанию  $Ar$  зерна кордиерита с  $X_{Mg} = 0.80$ – $0.82$ . Согласно полуколичественному микронзондовому ЭДС анализу максимальное содержание  $Ar$  в кордиеритах достигает 3.6–3.8 мас. %. Зоны, обогащенные  $Ar$ , на краях кристаллов сплошные с шириной до  $100 \mu m$ , но продолжают в центральные части кристаллов в виде линейных каналов длиной до  $50 \mu m$ , которые, вероятно, маркируют линейные дефекты структуры. Зоны, обогащенные  $Ar$ , сопровождают структуры замещения кордиерита биотит-калишпатовыми агрегатами в ходе взаимодействия с  $KCl$ -содержащим флюидом, указывая на то, что скорость диффузии  $Ar$  в кордиерите превосходит скорости реакций замещения кордиерита. От краев зерен к их центрам содержание  $Ar$  постепенно снижается. Присутствие  $Ar$  было отмечено в нескольких образцах. Синтезированные образцы будут в дальнейшем использованы для спектроскопических (ИК, КР) и рентгеновских исследований соотношений  $Ar$  с  $H_2O$  и  $CO_2$ , которые очевидно присутствуют в синтезированных кордиеритах

**ВЛИЯНИЕ  $T$ – $P$  НА РАСТВОРИМОСТЬ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ В  
КАРБОНАТИЗИРОВАННЫХ ЩЕЛОЧНЫХ СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВАХ  
(ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)**

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

**EFFECT OF  $T$ – $P$  ON THE SOLUBILITY OF ACCESSORY MINERALS IN ALKALI  
CARBONATED SILICATE MELT (FROM EXPERIMENTAL DATA)**

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

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

*Работа поддержана грантом РФФИ 14-05-00752а.*

Акцессорные минералы апатит, никельсодержащий пирротин, ильменит и циркон являются важными концентраторами P, S, Ti, Zr в зональных магматических комплексах ультраосновных и щелочных пород, карбонатитов, определяя их поведение в процессах образования и дифференциации магм. Растворимость апатита, никельсодержащего пирротина, ильменита и циркона экспериментально изучена при давлении 0.3–0.5 ГПа, температуре 1100–1250°C в системе перидотит–щелочно–H<sub>2</sub>O–карбонатный флюид. Опыты проводили на УВД в ИЭМ РАН. Продукты эксперимента изучались на микрозонде. При частичном плавлении перидотита крупные зерна оливина были сцементированы щелочным силикатным расплавом с включениями амфибола. Карбонатный и сульфидный расплавы не обнаружены в результате высокой растворимости этих фаз в щелочных-флюидсодержащих силикатных расплавах. В ходе эксперимента было установлено, что при повышении температуры от 1100 до 1250°C ( $P=0.5$  ГПа) в силикатном расплаве возрастает растворимость ZrO<sub>2</sub> от 0.68 до 1,4 мас.%; концентрации TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и SO<sub>3</sub> не меняются значительно и составляют 0.7 – 0.6 – 1.5 мас.% соответственно. При увеличении давления от 0.3 до 0.5 ГПа ( $T=1250^\circ\text{C}$ ) в силикатном расплаве возрастает концентрация ZrO<sub>2</sub> от 0.92 до 1.41 мас.% и SO<sub>3</sub> от 0.69 до 1.51 мас.%; концентрация P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> напротив снижается от 1.15 до 0.71 мас.%; значения TiO<sub>2</sub> в пределах 0.75 мас.%.

**ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ KF–NaF–KCl-СОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ  
ПРИ 700–800°C и  $P=2000$  БАР ПО ДАННЫМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ  
ВКЛЮЧЕНИЙ В КВАРЦЕ**

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

**PHASE STATE OF THE KF–NaF–KCl-CONTAINED FLUIDS UNDER 700–800°C  
AND  $P=2000$  BAR: SYSTEMS I AND II TYPES FROM SYNTHETIC FLUID  
INCLUSIONS IN QUATRZ STUDY**

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

[kotelnik@igem.ru](mailto:kotelnik@igem.ru), тел.: +7(499) 230 8217

*Финансовая поддержка: грант РФФИ 13-05-00887.*

Методом синтетических флюидных включений в кварце изучено фазовое состояние флюида, содержащего соли KF, NaF и NaCl. Опыты проводились при 700–800°C и  $P=2$  кбар.

Как в случае присутствия только одного из фторидов, так и смесей двух или трех солей водно-солевой флюид вступает в химическое взаимодействие с кварцем, но происходит это при различных температурах и содержаниях солей. В результате изменяется валовый состав флюида, образуются соли различных кремневых и фторсиликатных кислот.

В продуктах опытов наряду с существенно водными появляются включения со стеклообразной фазой, являющейся силикатно-водно-солевой по своему составу. При нагревании включений удастся наблюдать явление расслоения жидкости в интервале температур от 200 до 380°C. Полученные результаты говорят о том, что флюиды исследуемого состава крайне неоднородны по фазовому состоянию в широком интервале температур, процессы гетерогенизации имеют место вплоть до низких температур 200–280°C.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ  $Nb_2O_5$  ВО ФТОРИДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ  $T=550^\circ C$  И  $P=500$  БАР**

**Котова Н.П. (ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF  $Nb_2O_5$  SOLUBILITY IN FLUORIDE SOLUTIONS AT  $T=550^\circ C$  AND  $P=500$  BAR**

**Kotova N.P. (IEM RAS)**

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

*Работа выполнена при поддержке Программы ОНЗ РАН №2.*

Проведены эксперименты по изучению растворимости оксида ниобия ( $Nb_2O_5$ ) – аналога природного минерала ниобоксида при  $T=550^\circ C$ ,  $P=500$  бар в водных растворах HF и KF с концентрациями 0.01; 0.1; 0.3; 1.0 и 2.0m в присутствии кислородного буфера Co–CoO. Установлено, что понижение давления с 1000 до 500 бар в растворах HF практически не влияет на растворимость  $Nb_2O_5$ . При низких концентрациях HF (менее  $10^{-2}$  m) содержание ниобия в растворе составляет  $10^{-3.5}$  m. В 1 и 2m растворах HF растворимость  $Nb_2O_5$  возрастает и достигает  $10^{-2}$ – $10^{-1.5}$  m. Понижение давления флюида с 1000 до 500 бар в 0.01 m растворах KF приводит к уменьшению растворимости  $Nb_2O_5$  примерно на один порядок, а в 0.1 m растворах KF – на 0.5 порядка. При дальнейшем повышении концентрации KF влияние понижения давления флюида перестает сказываться на растворимости  $Nb_2O_5$ . В 2 m растворах KF содержание ниобия достигает значительных величин ( $10^{-1.5}$ m), вполне достаточных для реального массопереноса ниобия гидротермальными растворами.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ Pt–Pd–Sn  
МЕТАЛЛИДОВ В ОБЛАСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ Pt–Pd СУЛЬФИДОВ  
В СИСТЕМЕ Cu–Fe–S****Кравченко Т.А. (ИГМ СО РАН)****EXPERIMENTAL STUDY OF THE Pt–Pd–Sn ALLOYS CRYSTALLIZATION  
IN THE Pt–Pd SULFIDES CRYSTALLIZATION REGION IN THE Cu–Fe–S SYSTEM****Kravchenko T.A (IGM SB RAS)**tanyuk@uiggm.nsc.ru, тел.: 8(383) 333 3026

Для понимания условий образования уникальной оловоносной Cu–Fe формации Норильских Cu–Ni месторождений изучены продукты кристаллизации расплавов системы Cu–Fe–S: 50 ат.% S, Cu/Fe = 1.22, 0.54, 0.43 и 45 ат.% S, Cu/Fe = 1.44–1.20 с примесями платины, палладия и олова: 1 мас.%, Pt+Pd/Sn = 3/1. В фазовых ассоциациях с халькопиритом, изокубанитом и моихукитом, соответствующих области устойчивости Pt–Pd сульфидов — аналогов природных минералов маланита (Pt,Cu,Fe)S<sub>4</sub>, куперита PtS, высококита PdS и брэггита (Pt,Pd)S (Кравченко, 2013), синтезированы Pt–Pd–Sn металлиды — аналоги рустенбургита Pt<sub>3</sub>Sn, атокита Pd<sub>3</sub>Fe и палладиевого рустенбургита (Pt,Pd)<sub>3</sub>Sn. Полученные результаты вместе с соответствующими результатами синтеза в изученной раньше (Кравченко, 2009) области кристаллизации Pt–Pd–Fe–Cu сплавов: Pt<sub>3</sub>Fe, PtFe, Pd<sub>3</sub>Fe и Pd(Cu,Fe) в системе Cu–Fe–S (фазовые ассоциации с пирротинном, изокубанитом и хейкокитом) свидетельствуют о том, что присутствие олова совместно с платиной и палладием в расплавах центральной части системы Cu–Fe–S, соответствующих составам норильских магматических Cu–Fe сульфидных руд (50 ат.% S, Cu/Fe = 1.22–0.25 и 45 ат.% S, Cu/Fe = 1.44–0.69), определяет преимущественную кристаллизацию Pt–Pd–Sn металлидов.

**ОГРАНИЧЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ И СОСТАВ ЛУНЫ  
ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ И ЧИСЛАМ ЛЯВА**

**Кронрод В.А., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН),  
Гудкова Т.В (ИФЗ РАН), Кронрод Е.В. (ГЕОХИ РАН)**

**CONSTRAINTS ON THE TEMPERATURE AND COMPOSITION  
OF THE MOON FROM SEISMIC DATA AND LOVE NUMBER**

**Kronrod V.A., Kuskov O.L. (GEOKHI RAS),  
Gudkova T.V. (IFZ RAS), Kronrod E.V. (GEOKHI RAS)**

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

*Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-05-00178, № 12-05-00033), а также программ Президиума РАН № 18, 22.*

Недавно определенные сейсмические и геодезические данные (числа Лява) дают основания полагать, что в окрестности Лунного ядра может находиться зона частично расплавленной мантии. Наличие такой зоны дает ограничения на температуру и состав Луны. Инверсией сейсмических и геодезических данных получены модели внутреннего строения Луны и рассчитаны числа Лява. Показано, что зона частичного плавления в окрестности ядра позволяет получить числа Лява близкие к экспериментальным. Найдены эмпирические зависимости вероятных значений концентраций основных оксидов от средней объемной мантийной температуры и получены оценки вероятных валовых значений  $Al_2O_3$  для высокотемпературных моделей Луны. На основании информации о распределении температуры в Луне, геохимической гипотезе об отношениях Al/Th в Луне получены мощности тепловых источников, поверхностные тепловые потоки и концентрации  $Al_2O_3$  в мантии Луны. Определен спектр моделей Луны, удовлетворяющих температурным условиям подплавления мантийных пород в окрестности ядра.

**ПРОФИЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ В МАНТИИ ЛУНЫ: СОГЛАСОВАНИЕ  
С СЕЙСМИЧЕСКИМИ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ**

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

**TEMPERATURE PROFILE OF THE LUNAR MANTLE CONSISTENT  
WITH SEISMIC AND THERMAL MODELS**

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

[kendr\\_ka@bk.ru](mailto:kendr_ka@bk.ru)

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты, 12-05-00178, 12-05-00033), программа Президиума РАН № 22, 28.*

Обсуждается модель температурного поля в мантии Луны, состоящей из коры, верхней и нижней мантии и ядра. Используется гипотеза магматического океана. Рассматривается одномерная стационарная модель теплопроводности в приближении сферической симметрии. Профиль температуры восстанавливается по мощности радиогенных источников в каждой зоне мантии. В качестве ограничений используется распределение температуры, полученное инверсией сейсмических данных (Кусков, 2009) и вероятная температура на границе мантия-ядро (Weber, 2011). Определены вероятные профили температуры и соответствующие им мощности радиогенных источников в коре и мантии. Проведены оценки валовых концентраций радиогенных элементов и поверхностных тепловых потоков.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАГЕНЕЗИСА АЛМАЗА  
С МИНЕРАЛАМИ ПЕРИДОТИТОВ И КАРБОНАТИТОВ В МАНТИЙНЫХ  
ОЧАГАХ МАТЕРИНСКИХ МАГМ**

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

**EXPERIMENTAL MODELING OF PARAGENESIS OF DIAMOND AND  
MINERALS OF PERIDOTITES AND CARBONATITES IN THE MANTLE  
CHAMBERS OF PARENTAL MAGMAS**

**Kuzyura A.V. (IEM RAS), Simonova D.A. (geol.dep. MSU), Litvin Yu.A. (IEM RAS)**

shushkanova@iem.ac.ru, тел.: 8(919)786 4217

*При поддержке гранта Президента РФ № МК-1386.2013.5 и грантов РФФИ 12-05-33044, 13-05-00835, 14-05-00537*

В работе проведена серия экспериментов по исследованию сингенетической кристаллизации перидотитовых и карбонатитовых минералов из материнского алмазообразующего карбонатно-силикатного расплава в системах карбонатит  $(CaCO_3)_{20}(Na_2CO_3)_{20}(FeCO_3)_{20}(Na_2CO_3)_{20}(K_2CO_3)_{20}$ –графит, перидотит  $Ol_{48}Or_{16}Cr_{16}Grt_{20}$ –карбонатит  $(CaCO_3)_{20}(Na_2CO_3)_{20}(FeCO_3)_{20}(Na_2CO_3)_{20}(K_2CO_3)_{20}$ . С помощью установки тороидного типа «наковальня с лункой» в экспериментальных ячейках с исследуемыми образцами создавались высокие давления и температуры, 6 ГПа и 1100–1750°C, соответственно. По результатам экспериментов построены фазовые диаграммы систем перидотит–углерод, карбонатит–углерод, перидотит – карбонатит. На основе фазовых диаграмм бинарных граничных систем определена предварительная диаграмма тройной системы перидотит–карбонатит–углерод. С помощью построенных диаграмм характеризуются физико-химические условия сингенезиса алмаза и парагенных перидотитовых и карбонатитовых минералов – оливина, ортопироксена, клинопироксена, граната, железосодержащего магнезита, натрий-содержащего арагонита, калиевого карбоната, а также метастабильного графита.



**СИНТЕЗ As-СОДЕРЖАЩЕГО СОДАЛИТА**

**Куликова Ю.А., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

**SYNTHESIS OF As-BEARING SODALITE**

**Kulikova U.A, Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

[kulikova@iem.ac.ru](mailto:kulikova@iem.ac.ru), тел. 8(496) 522 5857

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

Синтез мышьяк-содержащего содалита проводился в рамках исследования по созданию алюмосиликатных матричных материалов, надежно фиксирующих мышьяк, что необходимо для иммобилизации мышьяк-содержащих техногенных отходов промышленности России. Опыты по синтезу мышьяк-содержащего содалита проводили в гидротермальных условиях, при  $T=450^{\circ}\text{C}$  и давлении 1 кбар. В качестве исходных реактивов использовали гель нефелина ( $\text{NaAlSiO}_4$ ), синтетический метаарсенат натрия ( $\text{NaAsO}_3$ ), хлорид натрия ( $\text{NaCl}$ ) и дистиллированную воду. В качестве затравки применяли природный хлор-содалит (Ловозерский массив). Опыты проводили в платиновых ампулах  $\text{O}5 \times 0.2 \times 50$ . Соотношение навеска: флюид (массовое) составляло 255:280, солевая компонента флюида составляла 28.6 мас.%. Соотношение солей  $\text{NaCl}:\text{NaAsO}_3$  в опытах было 1:1. Продолжительность опытов составляла 20 суток. Опыты проводили в автоклавах, точность регулировки и контроля температуры составляла  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  и давления  $\pm 50$  бар. Продукты опытов изучали методами микрорентгеноспектрального анализа и рентгеновским. Показано, что были синтезированы мышьяк-содержащие содалиты ( $\text{As}_2\text{O}_5$  до  $1.2 \pm 0.5$  мас.%). Данные рентгенофазового анализа указывают на наличие содалита в продуктах опытов. Идеализированная формула синтетического содалита (с учетом потери натрия при съемке) следующая:  $\text{Na}_{8.01}(\text{Al}_{5.89}\text{Si}_{6.11})_{12.00}\text{O}_{24.05}[\text{Cl}_{1.91}(\text{AsO}_3)_{0.10}]_{2.01}$ . Мольная доля мышьяка в синтетических содалитах ( $X_{\text{As}}^{\text{Sod}} = \text{As}/(\text{As} + \text{Cl})$ ) равна 0.05. Таким образом, показано, что мышьяк обогащает флюид относительно содалита:  $K = (X_{\text{As}}^{\text{fl}})/(X_{\text{As}}^{\text{Sod}}) \approx 10$ .

**СИЛИКАТНЫЕ СТЕКЛА, КАК МОДЕЛИ ГЛУБИННЫХ РАСПЛАВОВ**

**Куряева Р.Г (ИГМ СО РАН)**

**SILICATE GLASSES AS MODELS OF DEEP MELTS**

**Kuryaeva R.G. (IGM SD RAS)**

[rufina@igm.nsc.ru](mailto:rufina@igm.nsc.ru), тел: 8(383) 333-0899

Свойства и структура силикатных стекол исследуются не только с целью получения материалов с заданными свойствами, но и для того, чтобы моделировать процессы, протекающие в глубинах Земли.

В данной работе полученные нами ранее величины плотностных свойств алюмосиликатных и магний силикатных стекол разных составов, такие как сжимаемость  $(d-d_0)/d$ , начальный модуль объемной упругости и его производная по давлению ( $K_0$  и  $K'$ ; рассчитанные в области нормального поведения  $K_0$  под давлением) сравнены с величинами плотностных свойств силикатных расплавов (литературные данные). Данные по плотностным свойствам стекол были получены на основании измеренных показателей преломления в интервале давлений до 6.0 ГПа, с использованием поляризационно-интерференционного микроскопа, аппарата СВД с алмазными наковальнями-окнами и теории фотоупругости. Сравнение величин  $K_0$ , полученных нашим методом, с величинами  $K_0$ , полученными для силикатных стекол и расплавов методами Бриллюэновского рассеяния и скорости прохождения ультразвука (литературные данные), показало, что значения  $K_0$  стекол и расплавов, полученные ультразвуковым методом существенно различаются между собой, в то время как величины  $K_0$ , полученные для стекол методом, предложенным в наших работах, близки к значениям  $K_0$  расплавов. В работе дано объяснение этого феномена. В работе представлены зависимости  $K_0$  и  $K'$  ( $\Delta K/\Delta P$ ) от степени деполимеризации ( $NBO/T$ ) для расплавов и стекол и их соотношение. Предложен полуэмпирический метод расчета плотностных свойств силикатных расплавов с использованием свойств аналогичных стекол, как моделей глубинных расплавов.

**ИЗУЧЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА РАЗМЕРНЫХ ФРАКЦИЙ  
ИЗ СВЕТОЙ И ТЕМНОЙ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ОБРИТА ПЕСЬЯНОЕ**

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

**THE TRACE ELEMENT STUDIES OF GRAIN-SIZED FRACTIONS  
FROM LIGHT AND DARK LITHOLOGIES PESYANOE AUBRITE**

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

lavza@mail.ru, тел.: 8(496) 522 1988

Методом ИНАА определены и проанализированы микроэлементные составы «матрицы» и 8 размерных фракций, выделенных из двух разновидностей обрита Песьяное. Распространенности и степень фракционирования РЗЭ широко варьируют: La (0.06–2.7)хСІ; Sm(0.6–2.5)хСІ; Eu(0.3–3.9)хСІ; Yb(0.9–3.4)хСІ; Lu(0.4–3.3)хСІ. Все десять проанализированных фракций обогащены тяжелыми РЗЭ относительно легких и СІ хондритов. В спектрах редкоземельных элементов наблюдаются как положительные, так и отрицательные Eu аномалии. Относительно распространенностей сидерофильных элементов во фракциях можно выделить три особенности. Первая – это очень низкие и варьирующие распространенности Ni (<0.003–0.07)хСІ, Co (0.006–0.03)хСІ и Ir (0.001–0.03)хСІ, свидетельствующие об их изоморфном вхождении в силикаты. Вторая – распространенности Ir намного ниже распространенностей Ni и Co, что согласуется с магматической моделью распределения этих элементов. Третья – наблюдаемые значительные вариации (от 0.05 до 1.0) в распространенностях Ir относительно Ni и СІ хондритов свидетельствуют о дифференциации вещества силикатной части родительского тела обритов.

**ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ВО ФЛЮИДАХ СОСТАВА  $H_2O-H_2S-Na_2SO_4-NaCl$   
В ПРИСУТСТВИИ Fe, Cu, Mo, Au ( $T=376^\circ C$ ,  $P=230-550$  бар)**

**Лаптев Ю. В. (ИГМ СО РАН)**

**THE FIRST EXPERIMENTS WITH  $H_2O-H_2S-Na_2SO_4-NaCl$  FLUIDS IN THE  
PRESENCE OF Fe, Cu, Mo, Au ( $T=376^\circ C$ ,  $P=230-550$  bar)**

**Laptev Yu.V. (IGM SB RAS)**

[laptev@igm.nsc.ru](mailto:laptev@igm.nsc.ru), тел.: 8(383) 333 3026

*Гранты РФФИ 13-05-00478, 13-05-00980.*

Опыты проведены в рамках модели магматогенных процессов при формировании Cu-Mo-порфировых, Au-скарновых месторождений с участием флюидов сульфатно-хлоридного типа. На настоящем этапе исследований было выбрано изучение влияния давления как возможного геохимического фактора, определяющего миграционную способность рудных элементов в сульфатсодержащих флюидах. Впервые для водно-солевых систем 2 m  $Na_2SO_4 - H_2O$  и 2 m  $Na_2SO_4 - 0,5$  m  $NaCl - H_2O$  по экзоклавной методике измерены изохорические зависимости в координатах  $P-T$  для диапазона  $300 - 450^\circ C$ ,  $100 - 700$  бар, что позволило определить удельные объемы ( $V$ ,  $cm^3/g$ ) флюидов указанного состава. Данные этих исследований позволили обоснованно выбрать условия проведения последующих автоклавных опытов при создании условий надкритического состояния флюидов ( $t = 376^\circ C$ ,  $P = 230-550$  бар). Рудные компоненты присутствовали в форме растворимых соединений Fe, Cu, Mo (0,02 m), избытка металлического золота Au(мет) и элементарной серы S(эл) в качестве источника сульфидной серы. Впервые при образовании сульфидов Fe, Cu и Mo установлен необычный эффект явного повышения их растворимости с уменьшением давления от 550 до 230 бар. Дополнительно выявлен обратный эффект влияния давления на миграционную активность золота, когда с уменьшением давления снижается как концентрация Au в растворе, так и степень его переосаждения совместно с сульфидами.

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ФЛЮИДОВ НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА ПОРОД  
ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ (В ПРИЛОЖЕНИИ  
К ПРОБЛЕМЕ КОРОВЫХ И МАНТИЙНЫХ ВОЛНОВОДОВ)**

**Лебедев Е.Б. (ГЕОХИ РАН)**

**INFLUENCE OF FLUID COMPOSITION ON THE ELASTIC PROPERTIES  
OF ROCKS AT HIGH TEMPERATURE AND PRESSURE IN APPLICATION  
TO THE PROBLEM OF CRUSTAL AND MANTLE WAVEGUIDES**

**Lebedev E. B. (GEOKHI RAS)**

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранта 07-05-00630) и гранта по Программы Президиума РАН 24.*

Геофизические исследования последних лет обнаружили существование в средней части земной коры и верхней мантии зоны с аномально низкими сейсмическими скоростями и повышенной электропроводностью. Имеются предположения, что они могут быть связаны с изменениями пористости и проницаемости пород, химическими реакциями, а также с присутствием флюидов и могут объяснять существование волноводов. Для проверки этой модели было проведено экспериментальное изучение влияния флюидов на упругие свойства в ряде пород (кварците, амфиболите, обсидиане, граните, базальте, пироксените, серпентините, дуните) в условиях возможных температур и давлений, характерных для средней части континентальной земной коры и верхней мантии. Исследования проводились в присутствии различных флюидов при давлениях до 500 МПа и температурах до 1200°C. Полученные результаты показали сильное влияние флюидов и состава растворов на упругие свойства пород.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОСУЛЬФИДНЫХ  
ФАЗ И СИЛИКАТНЫХ РАСПЛАВОВ ПРИ ЧАСТИЧНОМ ПЛАВЛЕНИИ И  
РЕГУЛИРУЕМЫХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫ УСЛОВИЯХ**

**Лебедев Е.Б., Рощина И.А., Кононкова Н.Н.,  
Зевакин Е.А. (ГЕОХИ РАН); Аверин В.В. (ИМЕТ РАН)**

**INFLUENCE OF PHYSICO-CHEMICAL CONDITIONS AND OXYGEN FUGACITY  
ON DIVISION OF THE IRON-SULFIDE AND  
SILICATE PHASES IN PARTIAL MOLTEN MELT**

**Lebedev E.B., Roschina I.A., Kononkova N.N.,  
Zevakin E.A. (GEOKHI RAS); Averin V. V. (IMET RAS)**

leb@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7840

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранта 07-05-00630) и гранта по Программы Президиума РАН 24.*

При экспериментальном и теоретическом изучении возможных механизмов движения и осаждения железо-сульфидных фаз при образования металлических ядер планетных тел (Луны), наибольшие сложности возникают при аккумуляции малых количеств металлических фаз в частично расплавленном модельном планетарном веществе, особенно при максимальном извлечении металлической фазы. Экспериментальные данные показывают, что аккумуляция и сегрегация металлических фаз происходили при высокой температуре и низкой летучести кислорода, на 4.5.–5.5 порядков ниже значений буфера железо-вюстит (*IW*). Моделирование проводится на высокотемпературной центрифуге при температурах 1440–1460°C и при регулируемом потенциале кислорода. При высокой степени извлечения железа из силикатного расплава оливин может превратиться практически в форстерит, силикатная фаза превращается практически в безжелезистый расплав. Это свидетельствует о том, что химический состав продуктов эксперимента соответствует высокой восстановленности фаз. Оценка окислительно-восстановительных условий проводилась с использованием анализа закаленных расплавов с помощью термодинамических методов.

**ИНТЕРМЕТАЛЛИДЫ И САМОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ В ГЕРАКЛИТАХ –  
ИНДИКАТОРЫ ГЛУБИННЫХ ПРОЦЕССОВ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ**

**Лысенко В.И. (Филиал МГУ в г. Севастополь),  
Цельмович В.А. (ГО «Борок» ИФЗ РАН)**

**INTERMETALLICS AND NATIVE METALS IN HERACLITUS – DEPTH  
INDICATOR OF THEIR FORMATION**

**Lysenko V.I. (MSU, Sevastopol Branch),  
Tselmovich V.A. (GO “Borok” IPE RAS)**

[niagara\\_sev@mail.ru](mailto:niagara_sev@mail.ru), [tselm@mail.ru](mailto:tselm@mail.ru), тел.: (48547) 24631

*Работа выполнена при поддержке РФФИ проекты №№ 10-05-00117, 13-05-00348.*

Гераклиты - это обломочный материал разрушения «аутигенных» карбонатных построек Паратетиса, связанных с палеодегазацией в неогене. Рентгенофазовый анализ показал, что гераклиты состоят из кальцита (85–95%), доломита (1–10%), кварца (3–10%) и трудноопределяемой микрокристаллической части (3–5%). Доказано, что карбонаты гераклитов имеют полигенное образование. Большая часть их образования связано с деятельностью метанотрофных архей. Другая – является продуктом дыхания углекислого газа из недр, а остаток представлен кальцитом обломочного материала фауны.

Изучался высушенный остаток растворения гераклитов в кислотах с применением микросонда “Tescan Vega II”. Обнаружены включения самородных металлов (СМ) различного морфологического облика. В пробах встречаются выделения СМ: Ni, Fe, Cu, Bi, Ag, Sn, Zn, Al, Pt. Cu, наряду с пластинчатыми формами, часто представлена сростками ультрамикрокристаллических агрегатов с хорошей сохранностью отдельных граней. В углеродистом материале встречаются микро – и нановключения СМ Ni. Особый интерес вызывают находки в материале проб микропластинок угловатой формы интерметаллических соединений Cu–Zn (природная латунь), Ni–Fe, Cr–Fe. Находки СМ и интерметаллических соединений, позволяют высказать предположение, что в образовании гераклитов и современных карбонатных построек подземные флюиды из мантии принимают более активное участие, чем это предполагалось ранее.

**ИЗВЛЕЧЕНИЕ ФЛЮИДОВ И ОХРАНА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

**Магидов С.Х. (ИГ ДНЦ РАН)**

**EXTRACTION FLUIDS AND PROTECTION OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT**

**Maghidov S.Kh. (IG DSC RAS)**

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

Изменения, происходящие в недрах, и, прежде всего, искусственная дефлюидизация, потенциально, представляют большую опасность. Глубина эксплуатационных скважин и их плотность на единицу площади почти повсеместно растут, а дебиты углеводородного сырья падают, сокращается упругий потенциал недр. И это происходит не только на отдельных локальных участках, а в таких крупных регионах как РФ и США. Так, за полвека эксплуатации в РФ, доля нефтяных фонтанных скважин упала с 80 до 10 процентов. Аналогичные тенденции наблюдаются в США и других странах. Плотность общего фонда нефтегазовых скважин в США на тысячу квадратных километров уже давно превысила сотню и продолжает расти. В некоторых регионах этот показатель ещё выше. Всё это приводит к тому, что упруго-пластичная система литосферы теряет свои свойства, превращаясь в хрупкий и прочный геоматериал, препятствующий протеканию естественных геодинамических процессов. А это ведет к накоплению напряжений и способствует проявлению сильных и сверхсильных землетрясений. Анализ тенденции снижения сейсмической энергии землетрясений с течением времени, позволяет высказать предположение о возможности проявления в ближайшей перспективе не только сверхсильных тектонических землетрясений (СТЗ), но и более мощных. Интенсификация техногенной деятельности, нарушение естественных условий в более глубоких подземных горизонтах позволяет говорить о возможности проявления гиперсильного тектонического землетрясения, с магнитудой 10 и выше, в недалёкой перспективе, если не будут приняты кардинальные меры по охране геологической среды.

***Нарастающие объёмы извлечения флюидов из недр ведут к нарушению природного равновесного режима, сложившегося в геологической среде и могут вести к геоэкологическим катастрофам глобального масштаба.***



**ХАРАКТЕРНЫЕ ВРЕМЕНА ОБРАЗОВАНИЯ И МАССЫ ПЕРВИЧНЫХ ПЛАНЕТЕЗИМАЛЕЙ В ОБЛАСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЮПИТЕРА И САТУРНА**

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

**FORMATION TIMESCALES AND MASSES OF PRIMORDIAL PLANETESIMALS IN THE FORMATION REGIONS OF JUPITER AND SATURN**

**Makalkin A.B., Ziglina I.N. (IPE RAS)**

makalkin@ifz.ru, тел. 8(499) 254 9006

*Работа частично поддержана Программой 22 Президиума РАН.*

Планетезимали, сформировавшиеся за время  $\sim 1-2$  млн. лет после образования кальциево-алюминиевых включений хондритов (CAI), нагревались за счет распада короткоживущих изотопов, прежде всего  $^{26}\text{Al}$ . Если в зоне формирования планет-гигантов размеры планетезималей превышали 100 км, то их нагрев приводил к плавлению ледяной компоненты и образованию внутреннего океана, окружающего твердое ядро. От размеров планетезималей зависели мощность и время существования океана и степень фракционирования допланетного вещества. Поэтому размеры и массы первичных планетезималей, как и времена их образования в околосолнечном протопланетном диске, имеют большое значение для изучения эволюции вещества планетезималей в процессе формирования планет и спутников. Рассчитаны массы и характерные времена образования разреженных пылевых сгущений в области формирования Юпитера и Сатурна, а также массы, размеры и времена образования первичных планетезималей, сформировавшихся в результате поглощения пылевых частиц и агрегатов сгущениями и взаимных столкновений сгущений. Получено, что характерные времена образования сгущений и планетезималей составляют  $\sim 0.1$  млн. лет. С учетом полученных ранее результатов о времени эволюции турбулентного протопланетного диска ( $\sim 1-2$  млн. лет) и пылевого субдиска до начала образования сгущений ( $\sim 0.1$  млн. лет), первичные планетезимали в области формирования Юпитера и Сатурна образовались через  $\sim 1-2$  млн. лет после CAI. Характерные радиусы первичных планетезималей в этой области (при плотности тел  $\sim 1.3-1.5$  г/см<sup>3</sup>) составляют  $\sim 200-400$  км.

**ИСТОРИЯ КАРБОНАТОВ В ПРОЦЕССАХ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ  
ПО ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

**Макаров В.П. (МГРИ–РГГПУ)**

**HISTORY OF CARBONATES IN THE PROCESSES OF MINERAL FORMATION  
ON ISOTOPIC - GEOCHEMICAL DATA**

**Makarov V.P. (MGRI–RSGPA)**

litolog@msgpa.ru, тел.: 8(495) 438 6411, доб.11-78

Оценивались механизм образования карбонатных пород и источники их вещества. Для решения задачи во всех случаях строились диаграммы изотермического распределения значений  $\delta^{18}\text{O}-\delta^{13}\text{C}$ , по значению углового коэффициента  $S = f(T)$  определялась  $T_{\text{обр}}$  и сопоставлением  $T_{\text{обр}}$  и  $T_{\text{станд}}$  решалась задача. Установлено, что наиболее распространена группа  $^*\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}^*$  из-за простого осаждения из раствора по реакции  $\text{Ca}^{+2} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{КЛ} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; отмечены также парагенные пары  $^*\text{CH}_4-\text{H}_2\text{O}^*$ ;  $^*\text{CO}_2-\text{CO}_2^*$ ; изредка  $^*\text{CH}_4-\text{CO}_2^*$ . В карбонатитах, мраморах, скарнах примерно до  $500^\circ\text{C}$  типичен парагенезис  $\text{КЛ}-^*\text{CO}_2-\text{CO}_2^*$ , при  $T > 500^\circ\text{C}$  –  $\text{КЛ}-^*\text{CH}_4-\text{CO}_2^*$ . Методом компенсационных диаграмм оценены источники вещества карбонатов, выделены два семейства, соответствующие разным источникам, а методом бикомпенсации выделены два надсемейства, позволившие установить состав карбонатов в родовом источнике:  $\delta^{18}\text{O}_{\text{oo}} \approx -30\text{‰}$  (*SMOW*) и  $\delta^{13}\text{C}_{\text{oo}} \approx -5\text{‰}$  (*PDB*). Эти значения изотопного состава кислорода согласованы с результатами космических исследований, показавшими, что возможным источником кислорода кальцитов является кислород космического пространства.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ НЕФТИ

**Макаров В.П. (МГПИ–РГГРУ)**

NEW DATES AT OIL COMPOSITION

**Makarov V.P. (MGPI–RGPU)**[litolog@msgpa.ru](mailto:litolog@msgpa.ru), 8(495) 433 6411, доб. 11-78

Рассмотрены анализы возгонов нефти трёх возрастных интервалов, которые позволили выявить новые особенности состава нефти: установлено, что нефть складывается из двух компонентов, обладающих отличающимися их свойствами по плотности, изотермическим распределениям, весовым фракциям возгонов и пр. Температурные распределения возгонов описываются параболическим уравнением вида  $\ln(\Phi_p/100) - \ln(\Phi_{p0}/100) \approx -\Delta H_o/R (1/T - 1/T_o)^2$ , где  $\Phi_p = 100n/N$ ;  $N$  – вес навески,  $n$  – количество выделившегося из навески сублимата;  $-\Delta H_o$  – возможная истинная энергия возгона нефтяного вещества, т.е. энергия кипения нефти,  $T_o$  – температура кипения. В грубом приближении параметр  $n/N$  отражает величины коэффициентов распределения выделившихся компонентов, условно равные отношению их мольных долей. Для нефти I-го типа величины  $\Delta H_o$  равны: неокомская нефть – 6925, меловая – 13548, юрская – 8801 J/М. Соответственно температуры кипения  $T_o$ °C: нефть неокомская – 261, меловая – 226, юрская – 295°С. Для нефти II-го типа  $\Delta H$  равны: меловая нефть – 13091, юрская – 11298 J/М;  $T_o$ °C: меловая нефть – 249, юрская – 315°С. Вторая нефть в неокоме не выявлена.

**СОРБЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МИНЕРАЛАМИ БОКСИТОНОСНЫХ ЛАТЕРИТНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ**

**Макарова М.А. (геол. ф-т МГУ), Карасева О.Н. (ИЭМ РАН),  
Алехин Ю.В., Пухов В.В. (геол. ф-т МГУ)**

**SORPTION INTERACTION OF RARE EARTH ELEMENTS WITH MINERALS  
OF LATERITIC WEATHERING CRUSTS**

**Makarova M.A. (geol.dep. MSU), Karaseva O.N. (IEM RAS),  
Alekhin Y.V., Poukhov (geol.dep. MSU)**

[frolikovam@gmail.com](mailto:frolikovam@gmail.com), тел.: 8(496) 524 9687

*грант РФФИ № 12-05-00509*

Как было показано в нашей предыдущей работе по исследованию процессов миграции микрокомпонентов в латеритных корах выветривания (Макарова М.А., Карасева О.Н. и др., 2013), при латеритном гипергенезе тенденция к выносу характерна для абсолютного большинства примесей. Изучение содержания РЗЭ в образцах пород бокситоносного профиля (бокситы и железистые латериты) показало, что лантаноиды достаточно инертны при латеритном гипергенезе. Как правило, их содержание в латеритном покрове по отношению к коренному субстрату незначительно снижается (в 1.3–2 раза) либо и вовсе остается практически неизменным. Мы провели экспериментальное исследование адсорбционно-осадительных процессов РЗЭ на минеральных поверхностях бокситоносных пород. Исследования адсорбции РЗЭ в зависимости от рН (4.5–7.5) и исходной концентрации редкоземельных элементов в растворе (10–1000 ppb) в статических условиях были проведены «batch-методом». Отмечены высокие значения адсорбции для всех РЗЭ; ее максимум наблюдается в диапазоне рН 6–6.5 для всех исходных концентраций РЗЭ; обнаружено, что увеличение адсорбции в зависимости от рН происходит в ряду La–...–Lu. Изучение относительной подвижности РЗЭ проводилось методом фильтрации реакционного раствора через тонкослойную мембрану, сформированную из взвеси бокситоносных пород. С помощью расчетов коэффициента межфазного взаимодействия  $R'$  показана степень участия каждого редкоземельного элемента в адсорбционно-десорбционных процессах. Отмечено, что при низких исходных концентрациях редкоземельных элементов для всех РЗЭ характерны отрицательные значения  $R'$ , что свидетельствует о преобладании процессов адсорбции на мембране, причем сильнее эти процессы выражены для РЗЭ иттриевой подгруппы (Gd–Lu).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ЛАТЕРИТНЫХ КОРАХ  
ВЫВЕТРИВАНИЯ****Макарова М.А., Шипилова Е.С., Алехин Ю.В., Пухов В.В. (геол. ф-т МГУ)****EXPERIMENTAL STUDY THE REDISTRIBUTION OF ELEMENTS  
IN LATERITIC AIRING CRUSTS****Makarova M.A., Shipilova E.S., Alekhin Yu.V., Poukhov V.V. (geol.dep. MSU)**

frolikovam@gmail.com, тел.: 8(916) 306 1503

*грант РФФИ № 12-05-00509-а.*

Теплая атмосферная вода, растворенная углекислота и образующиеся при деструкции растительности гумусовые и карбоновые кислоты являются главными реагентами и транспортирующими агентами, которые приводят к химической трансформации минералов материнского субстрата, выносу растворимых элементов и перераспределению в профиле выветривания слаборастворимых элементов и микрокомпонентов, в результате чего наблюдается зональность. Среди большого многообразия природных органических соединений наиболее активного действия можно ожидать от воднорастворимой части органического вещества, обладающего способностью вымываться из почвенного профиля (Матвеева, 1968). Многоосновные низкомолекулярные кислоты имеют в своем составе различные функциональные группы, водород которых может замещаться металлом – такие внутрикомплексные соединения называются хелатами. Экспериментально доказано, что Fe, Al, Cu, Zn, Ni и другие металлы могут легко образовывать хелаты (Александрова, 1980). Низкомолекулярные органические кислоты являются хорошими комплексообразователями при разложении минералов с алюминием, железом, титаном, способные увеличивать подвижность этих элементов. Емкость связывания металлов в органоминеральных комплексах варьирует: Fe от 50 до 250 мг, Al от 27 до 140 мг на 1 г кислот. Способность органических кислот к необменному закреплению металлов в форме комплексного радикала обуславливает их высокую агрессивность по отношению к первичным и вторичным минералам (Глазовская, 2007). В связи с этим, экспериментальное изучение относительной подвижности микроэлементов проводилось методом последовательной фильтрации воды и полиэлементного синтетического раствора (Алехин, 2013) с содержанием лимонной и щавелевой кислот  $4.2 \cdot 10^{-5}$  моль/литр, кислотность раствора 4,5 через тонкослойную бокситовую мембрану. С помощью расчетов коэффициентов межфазного взаимодействия раствора и материала мембраны демонстрируются ряды дифференциальной подвижности элементов, как степень участия каждого из них в адсорбционно-десорбционных процессах. Результаты эксперимента хорошо согласуются с литературными данными и природными наблюдениями (Алехин, 2013, Карасева, 2013).

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ,  
НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА МЕЖДУ НЕФТЯНОЙ И ВОДНОЙ ФАЗОЙ**

**Манджиева Г.В., Бычков Д.А., Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF COPPER, NICKEL AND COBALT  
DISTRIBUTION BETWEEN OIL AND WATER PHASE**

**Mandzhieva G.V., Bychkov D.A., Bychkov A. Y. (geol. dep. MSU)**

[gilyanius@mail.ru](mailto:gilyanius@mail.ru), тел: 8(495) 939 4916

В ходе настоящего исследования мы разработали методику эксперимента для изучения взаимодействия нефтяной и водной фаз, выявили общие закономерности перераспределения меди, никеля и кобальта.

Нами использовались нефть Красноленинского месторождения и растворы, содержащие Cu, Ni и Co, приготовленные с использованием водных сульфатов этих элементов. В процессе проведения серий экспериментов варьировали: 1) соленостью и анионным составом; 2) рН водных растворов, 3) концентрациями металлов.

Эксперимент проводился при соотношении нефтяной и водной фаз 1:1. Для интенсификации процесса пробы помещались в ультразвуковую ванну (50–60°C) на 35 минут, после чего они выдерживались сутки для установления равновесия и центрифугировались. Затем нефть анализировалась методом РФА при помощи анализатора состава вещества «РеСПЕКТ».

В ходе исследования выяснилось, что по степени перераспределения в нефть из водной фазы исследуемые металлы можно расположить в ряд:  $Cu \gg Ni > Co$ . Было выявлено, что перераспределение меди в нефть из водной фазы зависит от солености раствора и возрастает с ее увеличением, причем эта закономерность очень хорошо проявлена для растворов с NaCl, влияние  $KNO_3$  практически незаметно. Данные результаты не согласуются с полученными ранее выводами (Гуляева и др., 1967), где увеличение солености подавляет либо резко снижает поглощение металла нефтяной фазой.

**ДИФФУЗИЯ ТРИТИЯ В ПОРОВОМ РАСТВОРЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ  
ГОРНЫХ ПОРОД (ГНЕЙС, ЛАМПРОФИР)**

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

**TRITIUM DIFFUSION IN PORE SOLUTION OF CRYSTALLINE ROCKS (GNEISS,  
LAMPORPHYRE)**

**Martynov K.V., Konstantinova L.I., Konevnik Yu.V., Proshin I.M.,  
Zakharova E.V. (IPCE RAS)**

[mark0s@mail.ru](mailto:mark0s@mail.ru), тел.: 8(495) 335 2030

В тефлоновой ячейке была изучена сквозная диффузия НТО через поровый раствор плоских образцов гнейса и лампрофира толщиной около 3 мм. Образцы разделяли камеры ячейки, каждая объемом 150–170 см<sup>3</sup>, заполненные модельной подземной водой содержащей: CaCl<sub>2</sub> – 75, NaHCO<sub>3</sub> – 272, MgCl<sub>2</sub> – 70 мг/л, pH=7.8. В одну из камер (источник) была добавлена метка <sup>3</sup>H с удельной активностью 100 Бк/мл, другая (приемник) - не содержала трития. Поровое пространство образцов перед опытом было принудительно заполнено дистиллированной водой. Для обеих пород результаты экспериментов показали стационарный характер диффузии НТО без этапа задержки. Эффективные коэффициенты диффузии были определены методом линейной регрессии исходя из соотношения  $[A_{np} \cdot d] / [(a_{ист} - a_{пр}) \cdot S] = D_e \cdot t$ , где  $A_{np}$  – активность трития в приемнике,  $a_{ист}$  и  $a_{пр}$  – удельные активности в источнике и приемнике,  $d$  и  $S$  – толщина и площадь сечения образца,  $t$  – время от начала эксперимента. Для лампрофира  $D_e^{HTO} = 2.3 \cdot 10^{-8}$  см<sup>2</sup>/сек (доверительная вероятность  $R^2 = 0.995$ ), для гнейса  $D_e^{HTO} = 1.7 \cdot 10^{-9}$  см<sup>2</sup>/сек ( $R^2 = 0.83$ ). Эти величины коррелируют со значениями открытой пористости образцов, определенными методом водонасыщения: 3.2% для лампрофира и 0.2% для гнейса.

**ВЛИЯНИЕ ЗАМЕЩЕНИЯ ФОСФОРА НА КРЕМНИЙ В КОСНАРИТЕ НА ЕГО КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ И КАТИОНООБМЕННЫЕ СВОЙСТВА**

**Мартынов К.В., Тананаев И.Г., Мясоедов Б.Ф. (ИФХЭ РАН),  
Ахмеджанова Г.М., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)**

**INFLUENCE OF REPLACEMENT OF PHOSPHORUS ON SILICON IN  
KOSNARITE ON ITS CRYSTAL CHEMICAL AND CATIONIC EXCHANGE  
PROPERTIES**

**Martynov K.V., Tananaev I.G., Myasoedov B.F. (IPCE RAS),  
Akhmedjanova G.M., Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

mark0s@mail.ru, тел.: 8(495) 335 2030

В гидротермальных условиях при умеренной температуре 200°C и автоклавном давлении 1.55 МПа синтезированы натрий-циркониевые коснариты, в которых фосфор частично замещен на кремний в анионном тетраэдре (Si,P)O<sub>4</sub>. Показано, что одновременно с увеличением заряда каркаса и емкости внекаркасных позиций увеличиваются параметры и объем кристаллической ячейки. Экспериментальными и расчетными методами изучено распределение щелочных и щелочноземельных катионов (Na, K, Cs и Sr) между фосфатными и кремний-фосфатными коснаритами и нитратными водными растворами. Установлено, что изоморфное замещение фосфора на кремний смещает катионообменные равновесия в сторону обогащения твердой фазы более легкими щелочными металлами и стронцием. Для практических целей при переработке ОЯТ и РАО это имеет положительное значение, так как позволяет селективно извлекать стронций в твердую кристаллическую фазу из комплексных растворов, содержащих цезий. Кристаллохимическое объяснение установленных закономерностей дается с привлечением предложенного авторами ранее понятия приведенного ионного радиуса катиона.



**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РУДНЫХ И ПЕТРОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГРАНИТНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФЛЮИДНЫХ РЕЖИМАХ**

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

**EXPERIMENTAL STUDY OF ORE AND PETROGENIC ELEMENTS' REDISTRIBUTION IN GRANITE SYSTEM AT DIFFERENT FLUID REGIMES**

**Marchuk M.V., Medvedev V.Ya., Ivanova L.A. (IEC SD RAS)**

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

Для изучения кинетики перераспределения петрогенных и рудных элементов в гранитной системе в термоградиентном поле под воздействием флюидов различного состава проведены эксперименты при  $T=500^{\circ}\text{C}$ ,  $P=500\text{--}1000$  атм, с температурным градиентом  $50^{\circ}\text{C}$ , длительностью от 250 до 1500 ч. Состав флюида С–О–Н с высоким С/Н отношением изменялся от окисленного до восстановленного. Некоторые сечения системы С–О–Н рассчитывались с помощью программного комплекса «Селектор С». В систему вводился биотит-амфиболовый плагиогранит с рудными добавками (Rb, Li, Cs, Pb, Zn, Cu, Be, Sn), внесенными в гранитное стекло. Рассматривается перераспределение Si, Fe, Ni, W, S, Nb и добавленных элементов. При взаимодействии флюида окисленного состава происходит значительная дифференциация системы с образованием зоны минимального окисления в центральной части термоградиентной колонки, где при большой длительности экспериментов (до 1500 ч) отмечается накопление Si, Rb, Ti, St, Nb и вынос Pb и W. Концентрации Fe, Zn, Pb и S изменяются с градиентом температур. Fe и Zn накапливаются в верхней части термоградиентной колонки, Pb и S выносятся из верхней части и аккумулируются внизу автоклава.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА НА КАЧЕСТВО  
МЕЛКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ЭВЛИТИНА ( $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) ДЛЯ  
ПОЛУЧЕНИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КЕРАМИК НА ИХ ОСНОВЕ**

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

**STUDY OF SYNTHESIS CONDITIONS INFLUENCE ON QUALITY OF FINE-  
CRYSTALLINE EULYTITE ( $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) POWDER USING FOR SCINTILLATION  
CERAMIC PRODUCTION**

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

[marina@iem.ac.ru](mailto:marina@iem.ac.ru), тел.: 8(496) 522 5847

Кристаллы эвлитина ( $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) используются в качестве сцинтиллятора в физике высоких энергий, компьютерной томографии, дозиметрии. Мелкокристаллический порошок эвлитина может быть использован для получения высококачественной сцинтилляционной керамики.

Синтез эвлитина осуществляли гидротермальным методом. В качестве растворителей были использованы NaOH,  $\text{NH}_4\text{F}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Наилучшие результаты были получены при выращивании кристаллов в растворах NaOH концентрации от 5 до 20 мас %,  $\text{NH}_4\text{F}$  – концентрации 1 и 2 мас % и  $\text{H}_2\text{O}_2$  – концентрации 2–5 об. %. Наиболее перспективным растворителем является пероксид водорода, т.к. в системе отсутствуют посторонние элементы, не участвующие в кристаллизации. На первом этапе синтез осуществляли при температуре 260°C, однако, чтобы добиться однородности кристаллов по размеру и для интенсификации процесса, была осуществлена серия опытов по выращиванию эвлитина в СКФ при температуре порядка 400 °C и создана установка для активного перемешивания раствора в процессе кристаллизации.

**АМЕЗИТ: ТЕРМИЧЕСКОЕ, РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ,  
ИК СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ И ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ**

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

**AMESITE: THERMAL, X-RAY, IR SPECTROSCOPIC AND THERMOCHEMICAL  
STUDY**

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

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00211).*

Амезит  $Mg_2Al[SiAlO_5](OH)_4$  – слоистый алюмосиликат со структурой минералов каолинит-серпентинового ряда, формирующийся в условиях метаморфизма низких ступеней, развивающегося по богатым алюминием и магнием породам. Исследован природный образец из Сарановского месторождения хромитов (Пермский край, Россия). Рентгенографическое исследование показало мономинеральность изученного образца; в соответствии с данными ICDD № 73-1415 ([www.icdd.com](http://www.icdd.com), 2013) минерал был идентифицирован как амезит. Полученный спектр ИК-поглощения аналогичен спектрам амезита из разных месторождений (в том числе Сарановского), приведенным в (Serna et al, 1982), имеет достаточно узкие и хорошо разрешенные полосы поглощения и характерен для амезита с упорядоченным распределением  $Si^{4+}$  и  $Al^{3+}$  в тетраэдрических слоях. Термическое поведение минерала изучено в интервале 20–1000°C. На кривой ДТА зафиксированы два эндотермических эффекта: в интервале 700–850°C ( $t_{max}=790^\circ C$ ) и в интервале 850–1000°C ( $t_{max}=980^\circ C$ ), связанные с двумя этапами потери конституционной (гидроксильной) воды. Общая потеря массы составила 13.1 %. Термохимическое изучение амезита выполнено на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве. Методом расплавной калориметрии растворения определена энтальпия образования амезита состава  $Mg_2Al[SiAlO_5](OH)_4$  из элементов  $\Delta_f H^\circ(298.15\text{ K}) = -4518.3 \pm 9.2$  кДж/моль.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТРИОКТАЭДРИЧЕСКИХ  
Fe-СОДЕРЖАЩИХ ХЛОРИТОВ**

**Мельчакова Л.В., Огородова Л.П., Вигасина М.Ф., Киселева И.А.  
Брызгалов И.А. (геол. ф-т МГУ), Крупская В.В. (ИГЕМ РАН, геол. ф-т МГУ)**  
**PHYSICOCHEMICAL STUDY OF TRIOCTAHEDRAL Fe-BEARING CHLORITES**  
**Melchakova L.V., Ogorodova L.P., Vigasina M.F., Kiseleva I.A. Bryzgalov I.A.**  
**(geol. dep. MSU), Krupskaya V.V. (IGEM RAS, geol. dep. MSU)**

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00211).*

Изучены природные хлориты из Вост. Тувы (Россия) (обр. I) и Ср. Урала (Россия) (обр. II). По данным рентгеноспектрального микронзондового анализа рассчитаны химические формулы минералов:  $(\text{Mg}_{4.2}\text{Fe}^{2+}_{0.6}\text{Al}_{1.2})[\text{Si}_{2.8}\text{Al}_{1.2}\text{O}_{10}](\text{OH})_8$  (обр. I) и  $(\text{Mg}_{4.0}\text{Fe}^{2+}_{0.8}\text{Al}_{1.2})[\text{Si}_{2.8}\text{Al}_{1.2}\text{O}_{10}](\text{OH})_8$  (обр. II). Рентгенографическое исследование подтвердило отнесение изученных минералов к клинохлорам. На ИК-спектрах обнаружено увеличение интенсивности поглощения в области, соответствующей октаэдрическим катионам  $\text{Me}^{3+}$ , что указывает на повышенное содержание  $\text{Al}^{3+}$  в октаэдрическом слое по сравнению с магнезиальными клинохлорами. На кривых ДТА изученных образцов наблюдалось смещение эндотермических эффектов, связанных с потерей конституционной воды, в сторону более низких температур по сравнению с магнезиальными клинохлорами, что свидетельствует о наличии в минералах железистой составляющей. На микрокалориметре Тиана-Кальве методом высокотемпературной расплавной калориметрии растворения получены стандартные энтальпии их образования из элементов:  $-8748 \pm 24$  (обр. I) и  $-8701 \pm 13$  (обр. II) кДж/моль.

**АДСОРБЦИЯ РТУТИ НА ЛАТЕРИТАХ ГВИНЕИ (ЗАПАДНАЯ АФРИКА)**

**Мухамадиярова Р.В., Макарова М.А. (геол. ф-т МГУ)**

**MERCURY ADSORPTION ON LATERITE FROM GUINEA (WEST AFRICA)**

**Mukhamadiyarova R.V., Makarova M.A. (geol. dep. MSU)**

[rinutiya@mail.ru](mailto:rinutiya@mail.ru), тел.: 8(495) 939 4943

*Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 12-05-00509-а.*

Проведены серии статических и динамических экспериментов по изучению адсорбции ртути на различных типах пород бокситоносных латеритных кор выветривания. Изучение относительной подвижности ртути в динамических условиях проводилось методом фильтрации водного раствора ГСО ртути 9К-1 через тонкослойную мембрану, сформированную из взвеси бокситоносных пород (фракции менее 5 мкм) с постоянной скоростью 0,01 мл/мин. Процесс адсорбционно–осадительного связывания микроэлементов на бокситовых фазах–носителях, как на материале динамических мембран, является для нас экспериментальным объектом исследований при изучении фундаментальных механизмов, управляющих закономерностями концентрирования редких и рассеянных элементов в трещинном и поровом пространстве при массопереносе. С помощью расчетов коэффициента межфазного взаимодействия показана степень участия ртути в адсорбционно-десорбционных процессах по сравнению с редкими и рассеянными элементами. Серия экспериментов по адсорбции ртути в статических условиях проводилась следующим образом: во фторопластовые пробирки объёмом 30 мл помещали 0.5 г адсорбента, добавляли раствор ртути состава ГСО 9К-1 определенной концентрации и рН, затем помещали в ультразвуковую ванну на 30 мин. После центрифугирования проб и их отбора концентрации ртути в растворе были измерены методом «холодного пара». Концентрации ртути, адсорбированной на поверхности латеритов, рассчитывались по разнице исходной и конечной её концентрации в ГСО растворе. Холостой эксперимент (без адсорбента) был также выполнен для того, чтобы убедиться в адсорбции ртути исключительно на латеритах Гвинеи и отсутствии таковой на посуде. Статические и динамические эксперименты проводились при одинаковых параметрах экспериментов (время контакта раствора с твердой фазой, рН раствора, отношение концентрации микроэлементов к твердой фазе в мкг/м<sup>2</sup> и т.д.).

**КИНЕМАТИКА ТВЕРДЫХ ФРАКЦИЙ В СТРУКТУРАХ РАЗРУШЕНИЯ  
ГОРНЫХ ПОРОД УДАРОМ****Никитин С.М. (Лаборатория петромеханики, ООО «LSкам»)****KINEMATICS OF FIRM PARTICLES IN ZONES OF DESTRUCTION  
OF ROCKS BLOW****Nikitin S.M. (Laboratory of mechanics of rocks and ores, Company "LSkam")**archont@mail.ru, тел.: 8(916) 438 8939

Эффекты твердофазного массопереноса в зонах локализации разрушения в горных породах и рудах рассматриваются на основе представлений об иерархии геологических тел. Согласно результатам наблюдений выбросов продуктов дробления из трещин, с  $l_{обр} = 0.01-10.0$  мм, при испытаниях образцов в лабораторных условиях, а также на основе натуральных наблюдений горных ударов в подземных выработках (шахты ЮАР, Южный Урал и Горная Шория, Россия),  $l_{мас} = 1.0-10.0$  м обосновывается подход к процессам микро- и макроразрушения породных массивов с позиций флюидодинамики. Согласно представлениям, сформировавшимся на основе работ Гриффитса – Ирвина открытые, вследствие хрупкого разрушения, трещины в кончике заканчиваются зоной пластического предразрушения, поведение которой определяется в основном механохимическими процессами. И если на микроуровне их параметры известны, то на макроуровне требуют физико-химического обоснования. Соотношение вкладов энергии разрушения в виде термофлюктуационных затрат и затрат на релаксацию внутренних напряжений компенсируется образованием поверхности разрыва  $\delta A = \gamma \delta S$ , причем величина удельной поверхностной энергии  $\gamma$  включает затраты на внутреннее трение и перемещение продуктов дробления. Образование микрочастиц в растущих трещинах связано с реализацией вторичных реакций распада материала, а траектории их перемещения контролируются ламинарными и турбулентными модами деформаций дефектной среды, переходящей в «квазижидкое» состояние. Возникающая разность условий предразрушения, носящего ударный характер, и последующего статического раскрытия трещин с выбросом обломков сопровождается возникновением новой дефектной фазы. Выполненный минералогический петрографический анализ разрушения ряда горных пород со структурой типа ударных брекчий показывает, что вследствие высоких скоростей деформаций и в зависимости от степени стеснения перенос материала сопровождается ростом новых элементов поврежденности в виде сфер, торов и полостей, основу которых составляют клубки дислокаций, новообразования пор и эшелоны трещин. Кинематика выброса частиц в форме горного удара в шахтах наблюдается с использованием комплекса сейсмоакустических и фотограмметрических данных в режиме реального времени.

**ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО КЛИНОХЛОРА**

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

**THERMOCHEMICAL STUDY OF NATURAL CLINOCHLORE**

**Ogorodova L.P., Melchakova L.V., Vigasina M.F., Kiseleva I.A.,  
Bryzgalov I.A. (geol. dep. MSU), Krupskaya V.V. (IGEM RAS, geol. dep. MSU)**

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00211).*

Изучены три образца природных клинохлоров, отобранных на Коршуновском месторождении (Красноярский край, Россия) ( $Mg_{4.9}Fe^{2+}_{0.3}Al_{0.8}[Si_{3.2}Al_{0.8}O_{10}](OH)_8$  (обр. I), в Николо-Максимилиановской копи (Златоуст, Урал, Россия) ( $Mg_{4.9}Fe^{2+}_{0.3}Al_{0.8}[Si_{3.2}Al_{0.8}O_{10}](OH)_8$  (обр. II) и в Шишимских Горах (Златоуст, Урал, Россия) ( $Mg_{5.0}Fe^{2+}_{0.2}Al_{0.8}[Si_{3.2}Al_{0.8}O_{10}](OH)_8$  (обр. III). Проведены диагностические исследования рентгенографическим, ИК-спектроскопическим, рентгеноспектральным методами, методами термического и термогравиметрического анализов. На микрокалориметре Тиана-Кальве определены теплоты растворения минералов при 973 К в расплаве состава  $2PbO \cdot B_2O_3$ , на основании полученных данных рассчитаны значения стандартных энтальпий их образования из элементов:  $-8811 \pm 11$  (обр. I),  $-8796 \pm 19$  (обр. II) и  $-8742 \pm 69$  (обр. III) кДж/моль. Оценена величина  $\Delta_f H^\circ(298.15 \text{ K})$  клинохлора теоретического состава  $Mg_5Al[Si_3AlO_{10}](OH)_8$ .

**КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНТАЛЬПИИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПРИРОДНОГО ГЛАУКОНИТА**

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

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

**Ogorodova L.P., Melchakova L.V., Vigasina M.F.,  
Kiseleva I.A. (geol. dep. MSU), Krupskaya V.V. (IGEM RAS, geol. dep. MSU)**

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00211).*

Проведено калориметрическое изучение слоистого железосодержащего силиката – глауконита состава  $K_{0.8}(Mg_{0.4}Fe^{2+}_{0.1})(Fe^{3+}_{1.1}Al_{0.4})[(Si_{3.7}Al_{0.3})O_{10}](OH)_2$  (месторождение Маарду, Эстония) на высокотемпературном теплопроводящем микрокалориметре Тиана-Кальве «Сетарам» (Франция). Образец охарактеризован методами рентгеновской порошковой дифракции, термического анализа, ИК спектроскопии. Методом расплавной калориметрии растворения определена энтальпия образования глауконита из элементов  $\Delta_f H^\circ(298.15\text{ K}) = -5226.8 \pm 5.2$  кДж/моль. Оценена энергия Гиббса образования – 4856 кДж/моль. Полученные впервые термодинамические данные для глауконита могут быть использованы при количественном физико-химическом моделировании процессов природного минералообразования, а также технологических процессов обработки и модифицирования глауконитовых пород.



**ЛОКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ ЗОНИРОВАНИЯ  
(ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ)**

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

**SOURCES LOCATION OF ACUSTIC EMISSION SIGNALS USING ZONING  
TECHNIQUES (LABORATORY MODELING)**

**Patonin A.V. (GO "BOROK" IPE RAS), Shikhova N.M. (GO "BOROK" IPE RAS)**

[patonin@borok.yar.ru](mailto:patonin@borok.yar.ru), тел.: 8(48547) 24241

На основе экспериментальных данных лабораторных испытаний образцов горных пород в условиях трёхосной деформации (Патонин А.В., 2006) разработана новая методика определения координат источников сигналов АЭ. В основу метода положены алгоритмы детектирования слабых (с отношением  $SNR = \text{сигнал/шум} < 3$ ) акустических сигналов, начало которых не удаётся выделить известными способами с требуемой точностью. С использованием спектрального анализа, энергетических оценок и с учётом коэффициента затухания сигнала предложены способы определения зоны наиболее вероятного местоположения источника сигнала. Данный способ при использовании большого числа акустических датчиков существенно сужает зону поиска источника до размеров, позволяющих далее применять стандартные методы локации для определения непосредственно координат источника сигнала АЭ.

**ВЛИЯНИЕ РАСТВОРЕННОЙ ВОДЫ НА ДИНАМИКУ ВЯЗКОСТИ  
КИМБЕРЛИТОВЫХ И БАЗАЛЬТОВЫХ МАГМ В ПРОЦЕССАХ ИХ  
ЗАРОЖДЕНИЯ, ЭВОЛЮЦИИ И ПОДЪЕМА ИЗ МАНТИИ В ЗЕМНУЮ КОРУ**

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

**DISSOLVED WATER INFLUENCE ON VISCOSITY OF KIMBERLITE AND  
BASALTIC MAGMAS DURING ORIGIN, EVOLUTION AND ASCENT FROM  
MANTLE TO EARTH'S CRUST**

**Persikov E.S., Bukhtiyarov P.G. (IEM RAS)**

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

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, (грант 12-05-00164).*

На основе теоретического анализа экспериментальных данных по вязкости магматических расплавов в ряду основные–ультраосновные, с использованием структурно-химической модели прогноза вязкости магм (Persikov 2007; Персиков, Бухтияров, 2009), впервые установлено, что растворение воды (0.5–8 мас. %) в кимберлитовых и базальтовых магмах не оказывает принципиального влияния на динамику изменения вязкости этих магм в процессах их зарождения, эволюции и подъема из мантии в земную кору. Механизм этого нового и достаточно неожиданного явления обусловлен существенно более значительным влиянием давления и объемного содержания кристаллов и пузырей на вязкость кимберлитовых и базальтовых магм по сравнению с влиянием растворенной в них воды в условиях комплексного влияния многих параметров: химический состав расплавов;  $P$  – литостатическое давление;  $T$  – температура;  $V_{кр.} = (0.0–0.45)$  и  $V_{фл.} = (0.0–0.35)$  – объемное содержание, соответственно, кристаллов и пузырей флюидной фазы в расплавах; массовое содержание химически и физически растворенной в расплавах воды, соответственно,  $C(OH^-) = (0.5–3.0 \text{ мас. } \%)$  и  $C(H_2O) = (0.5–6.5 \text{ мас. } \%)$ ; минимальное давление -  $P_{min}$ , соответствующие минимальным значениям вязкости и энергий активации вязкого течения базальтовых и кимберлитовых магм.

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДИФФУЗИИ CO<sub>2</sub> В РАСПЛАВАХ  
ОБСИДИАНА И ДАЦИТА ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ**

**Персиков Э.С., Бухтияров П.Г., Бондаренко Г.В., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)**

**TEMPERATURE DEPENDENCE OF CO<sub>2</sub> DIFFUSIVITY IN OBSIDIAN AND  
DACITE MELTS AT HIGH PRESSURES**

**Persikov E.S., Bukhtiyarov P.G., Bondarenko G.V., Nekrasov A.N. (IEM RAS)**

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

*Работа поддержана программой 9 ОНЗ РАН и РФФИ, (грант 12-05-00164).*

Выполнено экспериментальное исследование диффузии CO<sub>2</sub> в расплавах обсидиана и модельных расплавах дацита (Ab90Di10) в широком интервале температур 1000–1350 °С и давлений CO<sub>2</sub> до 200 МПа. Эксперименты проводились с использованием уникальной установки высокого газового давления с оригинальным внутренним уравнителем-разделителем (Персиков, Бухтияров, 2004) методом непосредственной диффузии CO<sub>2</sub> в расплавы из газовой фазы. Концентрации CO<sub>2</sub> вдоль диффузионных профилей определяли с помощью количественной микро ИК спектроскопии, а значения коэффициентов диффузии D(CO<sub>2</sub>) в указанных расплавах определяли путем численного решения уравнений диффузии с использованием функции ошибок Гаусса. Анализ экспериментальных данных показал, что температурная зависимость диффузии CO<sub>2</sub> в расплавах обсидиана и дацита подчиняется экспоненциальному закону Аррениуса–Френкеля–Эйринга, а установленные значения энергий активации диффузии CO<sub>2</sub> в расплавах обсидиана и дацита составили, соответственно, 200 ± 15 кДж/моль и 195 ± 15 кДж/моль. Полученные результаты хорошо соответствуют результатам работы (Spickenbom et al., 2010) по диффузии CO<sub>2</sub> в расплавах альбита (Ab) и расплавах (Ab + 7 % Na<sub>2</sub>O), с учетом различий в основности расплавов.

**МИКРОЗОНДОВОЕ И ТЕРМОМАГНИТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ  
ЧАСТИЦ САМОРОДНОГО ЖЕЛЕЗА В ОСАДКАХ**

**Печерский Д.М. (ИФЗ РАН)**

**MICROPROBE AND THERMOMAGNETIC STUDYING  
OF NATIVE IRON PARTICLES IN THE SEDIMENTS**

**Pechersky D.M. (IPE RAS)**

[diamarmp@gmail.com](mailto:diamarmp@gmail.com), тел.: 8(499) 254 9105

Обобщены результаты микрозондовых и термомагнитных исследований самородного железа в осадочных породах. Выясняется, что в осадках повсеместно распространены частицы самородного железа, не содержащие примеси никеля. Совокупность статистических признаков распространения частиц самородного железа в осадках показывает их преимущественно внеземное происхождение (Печерский, 2012): 1) повсеместное распространение частиц самородного железа в осадках в различных регионах мира, от четвертичного периода до кембрия, в осадках разной литологии и окислительно-восстановительных условий. 2) Бимодальное распределение концентраций частиц самородного железа с обязательной «нулевой» группой. 3) Отсутствие корреляции между концентрациями частиц самородного железа и земных магнитных минералов. 4) Обратная зависимость концентрации частиц самородного железа от скорости осадконакопления. 5) Преобладающий размер частиц (менее 100 мкм) соответствует именно космическим частицам, которые сохраняются, проходя через земную атмосферу, тогда как для земных частиц нет верхнего ограничения в их размере. Возможное объяснение: безникелевые частицы произошли из мантийных и коровых пород планет, образующих пояс астероидов, как результат их дробления и плавления находящихся в этих породах силикатов, не содержащих никеля.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФИЦИЕНТОВ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАНТАНОИДОВ В СИСТЕМЕ ФЛЮОРИТ–ФЛЮИД**

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

**LANTHANIDES PARTITION COEFFICIENTS IN THE SYSTEM FLUORITE–  
FLUID: EXPERIMENTAL STUDY**

**Popova Y.A., Bychkov A.Yu. (geol.dep. MSU)**

julka\_p@rambler.ru, тел. 8(495) 939 1239

*Проект РФФИ 13-05-00954.*

РЗЭ традиционно используются как индикаторы рудообразования. Использование коэффициентов распределения лантаноидов между гидротермальными минералами и раствором значительно увеличит возможности использования РЗЭ как трассеров при образовании таких минералов как флюорит, поскольку появляется возможность оперировать сравнимыми величинами-спектрами лантаноидов минералообразующих растворов (Матвеева, 1997). Ранее коэффициенты распределения флюорит–флюид были определены экспериментально при 25 ° (Hinsberg et al., 2010) при 300–500° С (Raimbault 1985) в хлоридных и фторидных растворах. Эти результаты существенно различаются.

В данной работе коэффициенты распределения экспериментально исследованы при двух температурах (200° С и 350° С) и при давлениях насыщенного пара.

Для получения коэффициентов распределения были использованы различные экспериментальные методы: 1) равновесие природного флюорита с HCl 0,01 и раствором хлорида натрия. 2) равновесие природного и синтетического флюорита с раствором лантаноидов. 3) прямой синтез флюорита при условиях опыта. В экспериментах использовался флюорит из различных месторождений при различных температурах образования. Результаты исследования позволили установить коэффициенты распределения ряда лантаноидов для системы флюорит-флюид и их зависимость от состава раствора.

**РОЛЬ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ В ПРОЦЕССАХ МОБИЛИЗАЦИИ УРАНА**

**Разворотнева Л.И., Маркович Т.И., Гишинская Л.Г. (ИГМ СО РАН),  
Исупов В.П. (ИХТТМ СО РАН)**

**ROLE OF FERRIFEROUS MINERALS IN PROCESSES OF MOBILIZATION OF URANIUM**

**Razvorotneva L.I., Markovich T.I., Gishinskaya L.G. (IGM SB RAS),  
Isupov V.P. (ISSCM SB RAS)**

[rasvorot@igm.nsc.ru](mailto:rasvorot@igm.nsc.ru), тел.: 8(383) 333 3112

*При поддержке междисциплинарного интеграционного проекта № 110.*

Железосодержащие минералы являются эффективными сорбентами для извлечения растворимых форм урана. Методом последовательного химического фракционирования изучено распределение урана между основными компонентами поглощающего комплекса донных отложений озер Северо-Западной Монголии. Более 40% урана связывается железосодержащими гидроксидными формами осадков. Методом ЭПР установлено окислительно-восстановительное взаимодействие  $U^{+6}$  с примесными ионами  $Fe^{+2}$ , находящимися в октаэдрических позициях структуры монтмориллонита.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ  
РАСТВОРИМОСТИ МИКРОЛИТА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ NaF  
В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ПРИ 800°C, 200 МПа**

**Редькин А.Ф., Котова Н.П. (ИЭМ РАН)**

**EXPERIMENTAL STUDY OF MICROLYTE SOLUBILITY DEPENDENCE FROM  
NaF CONCENTRATION IN AQUEOUS SOLUTION AT 800°C, 200 MPa**

**Redkin A.F., Kotova N.P. (IEM RAS)**

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

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

Получены новые данные по растворимости микролита  $(\text{CaNa})\text{Ta}_2\text{O}_6\text{F}$  в системе NaF- $\text{H}_2\text{O}$  P-Q типа в широкой области концентраций фторида натрия, которые позволили оценить концентрации NaF в  $L_1$  и  $L_2$  флюидных фазах в области несмесимости водно-солевого раствора при указанных физико-химических параметрах. Результаты исследований сравниваются с данными полученными ранее при 800°C, 200 МПа (Redkin, Котова, 2013).

**РАДИОЭКОЛОГИЯ МОРЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА**

**Рудаков В.П. (ИФЗ РАН)**

**RFLIOECOLOGY OF THE MOSCOW REGION MORENIC ACCUMULATIONS**

**Rudakov V.P. (EPI RAS)**

[rudak45@mail.ru](mailto:rudak45@mail.ru), тел.: 8(499) 254 9006

При исследовании флюидодинамических режимов разломных образований Московской синеклизы с применением эманационных (радоновых) технологий было установлено, что на территориях распространения основной морены Московско-Донского оледенения, представленной фракциями глин с включением валунов и грубообломочного материала, эманационные поля формируют повышенный фон радиоактивных излучений. Было установлено, что в зонах динамического влияния разломных структур вынос радона в приземный слой атмосферы многократно превышает предельно допустимые значения. Также установлено, что взаимодействие альфа-излучений радона и продуктов его распада с химическими элементами глинистых отложений морены типа бериллий, бор и т.д. вызывает образование потоков быстрых и тепловых потоков, плотность которых может достигать предельно допустимых уровней.



**ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИЙ ОТКЛИК В ВАРИАЦИЯХ ПОДПОЧВЕННОГО РАДОНА И НЕЙТРОННЫХ ПОТОКОВ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ НА ПРОЦЕССЫ, СПРОВОЦИРОВАВШИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В ОХОТСКОМ МОРЕ 24 МАЯ 2014 ГОДА**

**Рудаков В.П., Цыплаков В.В. (ИФЗ РАН)**

**FLUIDDYNAMIC RESPONSE IN SUBSOIL RADON AND NEUTRON FLOWS VARIATIONS IN THE MOSCOW SINECLISE CONDITIONS ON THE PROCESSES PROVOCATED EARTQUAKE IN OKHOTSK SEA ON 24 MAY 2014**

**Rudakov V.P., Tsyplakov V.V. (EPI RAS)**

rudak45@mail.ru, тел.: 8(499) 254 9006

При мониторинге вариаций концентрации подпочвенного радона в одной из геодинамически активных зон Московской синеклизы были зафиксированы эффекты изменения напряженно-деформированного состояния земной коры, предопределившие развитие процессов, спровоцировавших глубоководное землетрясение в Охотском море 24 мая 2014 года. Совместный анализ данных измерения вариаций подпочвенного радона с данными измерения вариаций потоков нейтронов в одних и тех же структурно-геодинамических условиях подтвердил ранее полученные данные о глобальном характере процессов, задействованных в подготовке сильных и катастрофических землетрясений.

ВЛИЯНИЕ ФЛЮИДОВ В СИСТЕМЕ  $\text{CaCO}_3\text{--NaCl--H}_2\text{O}$   
НА ПЛАВЛЕНИЕ СПИЛИТА

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

INFLUENCE OF FLUIDS IN SYSTEM  $\text{CaCO}_3\text{--NaCl--H}_2\text{O}$  ON MELTING SPILITE

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

[salova@iem.ac.ru](mailto:salova@iem.ac.ru)*Работа поддержана грантом РФФИ №13-05-00397а.*

Ранее нами было показано, что при обменной реакции в системе  $\text{CaCO}_3\text{--NaCl--H}_2\text{O}$  во флюиде появляется  $\text{NaHCO}_3$ , который, растворяясь в расплаве, увеличивает его щелочность (Simakin et al, 2011). Опубликованные результаты были получены по методике смешения исходной породы, кальцита и  $\text{NaCl}$ , при которой компоненты смеси, (включая кальцит) реагируют с расплавом с образованием различных фаз. Настоящие результаты получены по методике ампулы в ампуле. Флюидогенерирующие компоненты помещались в малую ампулу, а исходный спилит – в большую. В качестве источника РЗЭ, в систему был введен сфен (природные кристаллы). Проведены эксперименты при  $P=2$  кбар и  $T=1000^\circ\text{C}$  с тремя составами: 1)  $\text{CaCO}_3\text{--NaCl--H}_2\text{O}$  с соотношениями порода/компоненты флюида: 1:1:2:15; 2)  $\text{NaCl--H}_2\text{O}$  (1 1:7.5); 3)  $\text{CaCO}_3\text{--H}_2\text{O}$  (1 1:7.5). При указанных параметрах, происходит почти полное плавление породы (80–90%). Общее максимальное содержание щелочей ( $\text{Na+K}=9.8$ ,  $\text{SiO}_2=56.7$  мас.%) обнаружено в серии 1. Несколько меньшие содержания в остальных сериях: 2 –  $\text{Na+K}=9.1$ ,  $\text{SiO}_2=58.4$  мас.%; 3 –  $\text{Na+K}=8.5$ ,  $\text{SiO}_2=61.2$  мас.%. При этом, в результате обмена с натрийсодержащим флюидом, расплав потерял часть калия: 1 – 1.18; 2 – 0.74; 3 – 1.69 мас.%  $\text{K}_2\text{O}$ . Расплавы отличаются по содержанию железа: 1 – 4.9; 2 – 3.2; 3 – 3.1 мас.%. Это может быть связано с переходом  $\text{Fe}^{3+}$ , с ростом щелочности, в позицию сеткообразователя (Knight and White, 1988). Надликвидусными фазами, в этих экспериментах, являются оливин и амфибол. Составы амфиболов зависят от состава флюида. Все амфиболы содержат повышенное содержание щелочей (до 4 мас.%). Установлено, что зависимость между содержанием  $\text{Na}$  в амфиболе и в расплаве нелинейна, с резким ростом в серии 1 (с  $\text{NaHCO}_3$ ). Лишь, в составе амфиболов из серии 1 обнаружены значимые содержания  $\text{Zr}$  (0.35 мас.%) и  $\text{Ce}$  (0.34 мас.%). Полученные данные говорят об эффективности предложенного нами (Simakin et al, 2011) механизма генерации расплавов повышенной щелочности. Выбранный в качестве исходного субстрата спилит содержит в своем составе около 5 об.%  $\text{CaCO}_3$ , поэтому сравнение серий  $\text{CaCO}_3\text{--NaCl--H}_2\text{O}$  и  $\text{NaCl--H}_2\text{O}$  не совсем корректно. Будут продолжены эксперименты с другими субстратами.

ЧАСТИЧНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ ОРТОПИРОКСЕН–КОРДИЕРИТ–БИОТИТОВОГО  
МЕТАПЕЛИТА ПРИ 8 КБАР

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

PARTIAL MELTING OF ORTHOPYROXENE–CORDIERITE–BIOTITE  
METAPELITE AT 8 KBAR

Safonov O.G. (IEM RAS), Tatarinova D.S. (geol. dep. MSU),  
Kosova S.A. (IEM RAS)

[oleg@iem.ac.ru](mailto:oleg@iem.ac.ru), тел: 8(496) 522 5851

Поддержка: РФФИ (13-05-00353, 14-05-93962, 14-05-31243-мол\_a).

Расплавы, участвующие в процессах метаморфизма, представляют собой либо продукты *in situ* плавления, либо инъекционные образования. Их разделение принципиально важно для расшифровки условий метаморфизма, так как *in situ* плавление осуществляется в равновесии с окружающими термодинамическими условиями, а инъекции расплава приносят в систему дополнительное тепло и «чужеродные» флюиды. Один из способов решения этого вопроса – экспериментальное изучение плавления пород, вмещающих расплавы. Данная работа основывается на петрологических данных о взаимоотношениях трондьемитов и вмещающих метапелитов в Южной Краевой Зоне гранулитового комплекса Лимпопо (ЮАР). В качестве стартового материала была выбран ортопироксен (*Orx*)–кордиерит (*Crd*)–биотит (*Bt*)–плаггиоклаз (*Pl*)–кварцевый (*Qtz*) метапелит, вмещающий трондьемиты. Эксперименты проводились при 8 кбар и 800–900°C, при которых согласно термобарометрии осуществлялось равновесие трондьемитового расплава и метапелитов. При 800°C какие-либо изменения в породе отсутствуют. При 850°C каемки *Orx* вокруг *Bt* свидетельствуют о начале дегидратации ( $Bt+3Qtz=3Orx+Kfs+H_2O$ ). Калиевый полевой шпат (*Kfs*) не был обнаружен в ассоциации с *Orx*, но контактирующий *Pl* содержит до 1.5 мас. %  $K_2O$ . При 900°C пропадает *Bt* и появляется гранитный расплав, пересыщенный  $Al_2O_3$  (нормативный корунд),  $K_2O/Na_2O = 1.2–1.4$  и  $MgO/(MgO+FeO) = 0.64–0.76$ . Расплав сопровождается нарастанием нового *Orx* с 10–12 мас. %  $Al_2O_3$  на реликтах стартового *Orx* ( $Al_2O_3$  около 5 мас. %). Кордиерит сохраняется, но его неравновесность с расплавом выражена в образовании кайм нового кислого плаггиоклаза. Этот плаггиоклаз сопоставим с плаггиоклазом из трондьемита. Содержания  $Al_2O_3$  в трондьемите (13–17 мас. %) также совпадает с содержанием этого компонента в полученном расплаве, но соотношение  $K_2O/Na_2O = 0.16$  много меньше. Это указывает, что трондьемит не может быть продуктом парциального плавления данного метапелита, а является инъекционным. Полученные ассоциации и характеристики расплава, однако, близки к тем, что наблюдаются в небольших по объему лейкократовых анклавах с крупными кристаллами *Orx* ( $Al_2O_3$  до 8 мас. %), гранатом, *Kfs*, *Pl* и *Qtz*. Именно эти анклавы могут представлять собой *in situ* расплав, что подтверждается и результатами термобарометрии.

**СИНГЕНЕЗИС СВЕРХГЛУБИННОГО АЛМАЗА И  
МИНЕРАЛОВ НИЖНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ**

**Симонова Д.А. (геол. ф-т, МГУ), Спивак А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН),  
Дубровинский Л.С. (БГИ)**

**SYNGENESIS OF SUPERDEEP DIAMONDS AND MINERALS  
OF THE EARTH'S LOWER MANTLE**

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

[onittofc@gmail.com](mailto:onittofc@gmail.com), тел.: 8(496) 522 5876

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 12-05-33044, 13-05-00835 и 14-05-00537.*

Выполнено экспериментальное моделирование сингенетического образования сверхглубинного алмаза и минералов нижней мантии в частично расплавленных материнских оксид-силикат-карбонат-углеродных материнских средах. В экспериментах при давлении 26 ГПа и температурах 1600-1700°C использована система FeO–MgO–SiO<sub>2</sub>–MgCO<sub>3</sub>–FeCO<sub>3</sub>–CaCO<sub>3</sub>–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>–C, представительная для вещества нижней мантии, а также совокупности первичных оксидных, силикатных и карбонатных включений в сверхглубинных алмазах переходной зоны и нижней мантии. Тестовые эксперименты раскрывают высокую алмазообразующую эффективность расплавов гетерогенных оксид-силикат-карбонат-углеродных систем переменного состава. При этом реализованы процессы нуклеации алмазной фазы и массовой кристаллизации сверхглубинных алмазов с совместным формированием алмазов и парагенных минералов в ассоциациях: алмаз+Mg-перовскит + магнезиовюстит, алмаз + Mg-перовскит + магнезиовюстит + стишовит и алмаз + магнезиовюстит + стишовит. По экспериментальным данным предварительно оценена величина концентрационного барьера нуклеации алмаза (КБНА) в оксид-силикат-карбонат-углеродных системах для *PT* условий нижней мантии. Нуклеация алмазной фазы осуществлена для содержаний оксид-силикатной составляющей в материнских расплавах до 60 мас. % в системе (FeO–MgO–SiO<sub>2</sub>) – (MgCO<sub>3</sub>–FeCO<sub>3</sub>–CaCO<sub>3</sub>–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) – C при 26 ГПа и 1700°C. Это значение почти вдвое превышает величину КБНА для алмазообразующих сред верхней мантии. Полученные результаты экспериментального изучения многокомпонентных многофазовых систем, близких к природным, приложены к оценкам физико-химических условий образования сверхглубинных алмазов и парагенных включений в веществе нижней мантии Земли.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ДИАГРАММЕ ПЛАВКОСТИ СИСТЕМЫ Cu–Fe–S

**Синякова Е.Ф. (ИГМ СО РАН), Косяков В.И. (ИНХ СО РАН),  
Журко З.Ф. (геол.-геофиз. ф-т НГУ)**

NEW DATA ON THE Cu–Fe–S LIQUID-SOLID PHASE DIAGRAM

**Sinyakova E.F. (IGM SB RAS), Kosyakov V.I. (NIIC SB RAS),  
Zhurko Z.F. (geol.-geophys. dep. NSU)**

[efsin@igm.nsc.ru](mailto:efsin@igm.nsc.ru), тел.: 8(383) 333 3026

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-05-00099-а и программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН № 2.*

В настоящее время предполагают, что в средней части диаграммы плавкости системы Cu–Fe–S находятся области существования пирротинового (poss), промежуточного (iss) и борнитового (bnss) твердых растворов (Greig, 1955; Kullerud et al., 1969), а минералы халькопиритовой серии (халькопирит, кубанит, хейкокит, мойхукит) образуются в результате распада iss при охлаждении (Cabri, 1973). В работах (Kosyakov, Sinyakova, 2013; Синякова и др., 2013) благодаря использованию нетрадиционного для изучения рудно-магматических систем метода направленной кристаллизации (НК) в сочетании с ДТА, показана возможность кристаллизации из расплава кубанита  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$  и фазы хейкокитового состава  $\text{Cu}_{4+\delta}\text{Fe}_{5-\varepsilon}\text{S}_8$ . Эти результаты свидетельствуют о сложном строении поверхности ликвидуса средней части системы Cu–Fe–S и о необходимости дополнительных исследований диаграммы плавкости. В настоящей работе проведена НК расплава состава (в мол.%): Cu=18.5, Fe = 32.5, S = 49.0, близкого к стехиометрическому  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ . Полученный образец изучен методами микроскопии, рентгенофазового, микрорентгеноспектрального и термического анализов. Показано, что на первых стадиях кристаллизации расплава последовательно образуются poss и фаза состава  $\text{Cu}_{1.1}\text{Fe}_{1.9}\text{S}_3$ . Фаза  $\text{Cu}_{1.1}\text{Fe}_{1.9}\text{S}_3$  образуется по реакции  $\text{L} + \text{poss} \rightarrow \text{Cu}_{1.1}\text{Fe}_{1.9}\text{S}_3$ . Вдоль пути кристаллизации были синтезированы семь образцов, которые изучены методом ДТА. По данным НК и ДТА построен политермический разрез системы Cu–Fe–S в областях кристаллизации poss и фазы  $\text{Cu}_{1.1}\text{Fe}_{1.9}\text{S}_3$ .

ХРОМСОДЕРЖАЩИЕ ФАЗЫ В СИСТЕМЕ MgO–SiO<sub>2</sub>–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ПРИ 10–25 ГПа:  
 ФАЗОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ, СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ТВЕРДЫЕ  
 РАСТВОРЫ

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

CHROMIUM-RICH PHASES IN THE MgO–SiO<sub>2</sub>–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> SYSTEM AT 10–25 GPa:  
 PHASE RELATIONS, STRUCTURAL FEATURES, AND SOLID SOLUTIONS

Sirotkina E.A., Bobrov A.V. (geol. dep. MSU), Bindi L. (Univ. Firenze, Italy),  
 Irifune T. (Matsuyama Univ., Japan)

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

Работа выполнена при поддержке РФФИ (12-05-00426).

В решении проблемы химического и фазового состава глубинных оболочек Земли важное значение имеет изучение поведения примесных элементов и, в частности, установление для них фаз-концентраторов на различных мантийных глубинах. Одним из таких элементов является хром, который, несмотря на невысокие валовые концентрации (не более 0.4 мас.%) в мантии Земли (Ringwood, 1979), способен в значительной степени концентрироваться в мантийных гранатах, в которых содержание кноррингитового компонента (*Knr*, Mg<sub>3</sub>Cr<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>) достигает 66 мол.% (Stachel, Harris, 1997). Для экспериментального изучения закономерностей, присущих формированию глубинных минеральных ассоциаций с участием кноррингит-мэйджоритовых гранатов и других хромсодержащих фаз высокого давления, нами была выбрана модельная система MgO–SiO<sub>2</sub>–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Эксперименты проводились на многопуансонном аппарате высокого давления при 10–25 ГПа и 1600°C в широком диапазоне стартовых составов. Фазы, полученные в экспериментах, включают гранат кноррингит-мэйджоритового состава, пироксен, эсколаит, *Cr*-ильменит, *Cr*-перовскит, MgCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> со структурой кальциевого титаната и стишовит. Структурные особенности хромсодержащих фаз изучены методом монокристаллической рентгеновской дифракции. Гранаты, синтезированные в системе MgO–SiO<sub>2</sub>–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, имеют повышенные содержания Si (>3 ф.е.) и Cr (>90 мол.% *Knr*). Вхождение хрома в гранат можно описать схемой: Mg<sup>2+</sup>+Si<sup>4+</sup>=2Cr<sup>3+</sup>. Все гранаты имеют кубическую сингонию и характеризуются уменьшением параметров элементарной ячейки при увеличении в составе граната мэйджоритового компонента. *Cr*-ильменит (*Ilm*) имеет структурную формулу (Mg<sub>1-x</sub>Cr<sub>x</sub>)(Si<sub>1-x</sub>Cr<sub>x</sub>)O<sub>3</sub> (где x = 0.015, 0.023 и 0.038) и тригональную сингонию. Вхождение хрома в MgSiO<sub>3</sub> ильменит приводит к общему увеличению параметров элементарной ячейки (*a* от 4.7284(4) до 4.7380(1); *c* от 13.5591(16) до 13.5611(2) Å). Перовскиты (*Pv*), синтезированные при давлении более 20 ГПа, имеют состав (Mg<sub>1-x</sub>Cr<sub>x</sub>)(Si<sub>1-x</sub>Cr<sub>x</sub>)O<sub>3</sub>, где x=0–0.07 и следующие параметры элементарной ячейки x=0.07: *a* = 4.8213(5), *b* = 4.9368(6), *c* = 6.9132(8) Å. Для *Cr*-*Pv* и *Cr*-*Ilm* характерна следующая схема схождения хрома: Mg<sup>2+</sup>+Si<sup>4+</sup>=2Cr<sup>3+</sup>. Установленные параметры состава и структурные характеристики хромсодержащих фаз могут быть использованы для развития методов барометрии мантийных фазовых ассоциаций.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
МЕТАЛЛА ХОНДРИТА ЕФРЕМОВКА CV3 И ПАЛЛАСИТОВ  
ГРУППЫ EAGLE STATION**

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

**COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF THE METAL CHEMICAL  
COMPOSITION OF THE EFREMOVKA CV3 CHONDRITE AND EAGLE STATION  
TRIO PALLASITES**

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

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

Для уточнения возможной взаимосвязи между хондритами группы CV и палласитами группы Eagle Station методом микрозондового анализа получены данные по химическому составу металла хондрита Ефремовка CV3 и проведено сопоставление трендов фракционирования элементов разной летучести в Fe-Ni фазе метеоритов этих типов по литературным данным. Изученные частицы металла сложены тремя фазами: камаситом, тэнитом и высоко-Ni тэнитом с характерными особенностями по содержанию примесных элементов Co, Cr, Cu и др. Наличие общих закономерностей в составе металла хондрита и палласитов группы Eagle Station, таких как значительные вариации содержания тугоплавкого Ir и его обогащение относительно более летучих сидерофильных элементов, уменьшение распространенности элементов с возрастанием их летучести, а также наличие единого тренда фракционирования HSE элементов Ir и Au в металле метеоритов этих типов подтверждают гипотезу о возможности образования этой группы палласитов в родительском теле CV хондритов.

СОСТАВ И *PT*-ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СУЛЬФИДОВ ВЕРХНЕЙ  
МАНТИИ (АНТАРКТИКА, ОАЗИС ДЖЕТТИ)**Соловова И.П. (ИГЕМ РАН), Когарко Л.Н., Буйкин А.И. (ГЕОХИ РАН)**COMPOSITION AND *PT*-PARAMETERS OF SULFIDES FOMATION IN UPPER  
MANTLE (ANTARCTICA, OASIS JETTY)**Solovova I.P. (IGEM PAS), Kogarko L.N., Buikin A.I. (GEOKHI RAS)**[solovova@igem.ru](mailto:solovova@igem.ru) тел.: 8(499) 230 8415*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ и ВНШ, Программ ОНЗ РАН.*

Минералы мантийных ксенолитов гранатовых лерцолитов Антарктики, наряду с первичными флюидными, содержат сульфидные включения. Они имеют каплевидную или овальную форму, размеры до 12 мкм и образуют скопления-кластеры. Сульфидная фаза часто ассоциирует с карбонатом, флюидом и закристаллизованным силикатным расплавом. Обнаружено одно крупное (до 30 мкм) полифазное включение с типично ликвидационной структурой. Среди изученных 32-х включений 20 представляют собой однофазные образования, 12 включений содержали две фазы – ограненные кристаллы одного сульфида погружены в сульфидную ксеноморфную матрицу. Ни в одном включении не зафиксированы пирротин, пентландит, халькопирит или другие минералы. Составы сульфидов на диаграмме Fe–Ni–S располагаются вблизи изотермы 1000°C (Kullerud et al., 1969) и обогащены Ni при близких концентрациях S (0.11–0.77 мас.%). Содержание Cu варьирует от 0 до 13 ат.%. Так как отношение металл/сера (M/S) является одной из важнейших характеристик сульфидов, их составы были рассмотрены в координатах Ni–M/S. Большинство включений характеризуется дефицитом металла ( $M/S \leq 1$ ) и образуют два разнонаправленных тренда, с положительной и отрицательной зависимостью. Можно предположить, что включения представляют собой: два моносульфидных твердых раствора (Fleet et al., 1994; Guo et al., 1999; Lorand et al., 2006), два расплава или расплав + *mss* (Li et al., 1996; Ballhaus et al., 2001). Экспериментальные данные (Ballhaus et al., 2001; Li et al., 1996) позволяют рассматривать их как *mss* и остаточный сульфидный расплав. Их сосуществование в пределах одного включения дает возможность оценить коэффициент распределения Ni ( $D_{mss/расплав}$ ), который варьирует в пределах 1.01–3.23. Обратная зависимость между температурой и  $D_{Ni}$  (Ballhaus et al., 2001) позволяет оценить температуру формирования двухфазных сульфидных ассоциаций в пределах 1060–920°C. Согласно данным по изучению флюидных включений, давление значительно превышало 1.5 ГПа.



ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ (АНТАРКТИКА, ОАЗИС ДЖЕТТИ)

Соловова И.П. (ИГЕМ РАН), Когарко Л.Н., Буйкин А.И. (ГЕОХИ РАН)

FLUID REGIME IN UPPER MANTLE (ANTARCTICA, OASIS JETTY)

Solovova I.P. (IGEM RAS), Kogarko L.N., Buikin A.I. (GEOKHI RAS)

[solovova@igem.ru](mailto:solovova@igem.ru), тел.: 8(499) 230 8415

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ и ВШШ, Программ ОНЗ РАН.*

Мантийные ксенолиты метасоматизированных гранатовых лерцолитов содержат обильные одно- и двухфазные существенно углекислотные флюидные включения. Наиболее ранние флюиды характеризуются аномально низкими температурами фазовых переходов при охлаждении азотом (до  $-180^{\circ}\text{C}$ ): плавление кристаллов  $\text{CO}_2$  наблюдается при  $-73.6^{\circ}\text{C}$ , температура гомогенизации флюида в жидкость до  $-64.5^{\circ}\text{C}$ . При  $-151^{\circ}\text{C}$  во включениях фиксируются фазовые переходы, что близко к критической температуре  $\text{N}_2$  и условно позволяет рассматривать составы флюидов в рамках системы  $\text{CO}_2\text{-N}_2$ . Согласно топологии системы (Swanenberg, 1980; Touret, 1982), при полученных температурах фазовых изменений мольная доля  $\text{N}_2$  в валовом составе флюида достигает 0.2–0.25. На Raman-спектрах флюидов включений выявлены линии, характерные для  $\text{CO}_2$  ( $1282$  и  $1385\text{ см}^{-1}$ ),  $\text{N}_2$  ( $2331\text{ см}^{-1}$ ),  $\text{H}_2\text{S}$  ( $2610\text{ см}^{-1}$ ) и  $\text{H}_2\text{O}$  ( $3598\text{--}3642\text{ см}^{-1}$ ). Расчет соотношений интегральных площадей линий  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  (Dubessy et al., 1989) позволяет количественно оценить мольную долю  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  во флюиде как 0.2 и 0.1, соответственно. Согласно (Gieré, 1993),  $\text{H}_2\text{S}$ -содержащие флюиды в присутствии  $\text{H}_2\text{O}$  способны транспортировать Zr, Ti и REE, вплоть до кристаллизации собственных минералов, которые и были обнаружены в изучаемых ксенолитах (Kogarko et al., 2007). Плотность первичных флюидов, оцененная двумя независимыми способами, по объемному соотношению газа и кристалла  $\text{CO}_2$  во включениях при температуре ниже  $-80^{\circ}\text{C}$  и по величине сдвига двух основных линий  $\text{CO}_2$  ( $\nu_1\ 1285\text{ см}^{-1}$  и  $\nu_2\ 1388\text{ см}^{-1}$ ), варьирует в пределах 1.17–1.23 г/см<sup>3</sup>. Согласно (Kennedy, Holster, 1966; Pitzer, Sterner, 1994), флюиду такой плотности при 1050–1080 $^{\circ}\text{C}$  (с учетом частичной декрепитации) отвечает давление  $\gg 1.2\text{--}1.5$  ГПа. Изотопно-геохимические данные подтверждают мантийный источник раннего флюида:  $\text{C/N} < 500$ ,  $\text{C/Ar} < 100000$ ,  $\text{N}_2/\text{Ar} \approx 30$ . В нем также определены типичные для закалочных стекол MORB значения  $\delta^{13}\text{C}$  в  $\text{CO}_2$ , тяжелый изотоп азота и несколько повышенное (до 530) отношение  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ .

**О ПРОИСХОЖДЕНИИ «СВЕРХГЛУБИННЫХ» АЛМАЗОВ И ПЕРВИЧНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В НИХ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕЙ МАНТИИ ЗЕМЛИ****Спивак А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН), Дубровинский Л.С. (БГИ)****ON ORIGIN OF “SUPERDEEP” DIAMONDS AND PRIMARY INCLUSIONS AT THE EARTH’S LOW MANTLE CONDITIONS****Spivak A.V., Litvin Yu.A. (IEM RAS), Dubrovinsky L.S. (BGI)**spivak@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5876*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 12-05-33044, 13-05-00835 и 14-05-00537.*

В сверхглубинные алмазы включены карбонатные минералы в ассоциации с индикаторными оксидными и силикатными минералами переходной зоны (ПЗ) и нижней мантии (НМ). Присутствие во включениях в сверхглубинных алмазах стишовита совместно с минералом ультрабазитового вещества НМ магнезиовюститом («стишовитовый парадокс») противоречит тому, что парагенезис MgO (периклаза) и SiO<sub>2</sub> (кварца или коэсита) «запрещен» для условий земной коры и верхней мантии по природным и экспериментальным данным.

Экспериментально определены границы эвтектического солидуса системы MgCO<sub>3</sub>–FeCO<sub>3</sub>–CaCO<sub>3</sub>–Na<sub>2</sub>CO при 12–23 ГПа / 900–1500 °С, ликвидуса при 12–23 ГПа / 1500–1700 °С и фазовых областей частичного плавления. Оказалось, что температуры первичного плавления многокомпонентной карбонатной системы ниже геотермальных для ПЗ и НМ, что указывает на возможность генерации материнских сред сверхглубинных алмазов в указанных условиях. Экспериментальное изучение фазовых отношений в тройной системе MgO–FeO–SiO<sub>2</sub>, которая относится к ключевым для вещества нижней мантии, выполнено при 24 ГПа. Фазовые отношения при плавлении данной системы исследованы с помощью бинарных политермических разрезов (MgO)<sub>70</sub>(FeO)<sub>30</sub>–(SiO<sub>2</sub>)<sub>70</sub>(FeO)<sub>30</sub> и (MgO)<sub>30</sub>(FeO)<sub>70</sub>–(SiO<sub>2</sub>)<sub>30</sub>(FeO)<sub>70</sub>. Установлено, что перитектическая реакция (Mg,Fe)-перовскита и Fe-обогащенной расплава отвечает за парагенезис магнезиовюstitа и стишовита («стишовитовый парадокс»). Экспериментальные исследования кристаллизации алмаза совместно с парагенными минералами в системе магнезиовюстит (Mg,Fe)O–Mg-перовскит (Mg,Fe)SiO<sub>3</sub>–стишовит SiO<sub>2</sub>–карбонатит–углерод выполнены при 24–26 ГПа. В результате определены физико-химические закономерности сингенезиса алмаза и минералов ультраосновного и основного парагенезисов в нижне-мантийных очагах материнских алмазообразующих расплавов. На основе полученных данных предложен физико-химический механизм формирования полностью смешимых карбонатно-оксидно-силикатных материнских сред, способных обеспечить сингенезис алмазов и всей совокупности фаз-включений.

**ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МОНОВИСМУТИДА ПАЛЛАДИЯ ИЗ ЭЛЕМЕНТОВ**

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

**ENTHALPY OF FORMATION OF PALLADIUM MONOBISMUTHIDE FROM ELEMENTS**

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

euo@iem.ac.ru, тел.: 8(496)524 4417

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

В рядах поздних этапов формирования магматогенных сульфидных месторождений, богатых элементами платиновой группы, часто встречаются бинарные интерметаллиды платины и палладия в виде минералов. Самородные металлы и простые бинарные интерметаллиды определяют физико-химические границы нижнего предела оксидного и халькогенидного рудообразования.

Отсутствие термодинамических данных по многим интерметаллидам платиновых металлов делает невозможным физико-химический анализ парагенезисов, который является фундаментальной основой для понимания геохимии рудообразующих процессов.

В данной работе приводятся результаты изучения моновисмутида палладия. Моновисмутид палладия синтезируется из элементов (палладий порошкообразный чистоты 99.96% и порошок висмута марки ОСЧ) в вакууммированных кварцевых ампулах при температуре 650°C в течение 5–7 минут.

Калориметрические определения проводились на высокотемпературном вакуумно-блочном калориметре, изготовленном в лаборатории термодинамики минералов ИЭМ РАН.

Время нагрева во всех опытах автоматически фиксировалось и равнялось 360 сек. Точность определения теплового значения 0.05%. Рентгеновский анализ продуктов калориметрических опытов подтвердил наличие в них только заданных веществ: PdBi гексагональный (соболевскит). Среднеквадратичная погрешность измерений рассчитывалась для доверительного интервала 95%.

В результате для PdBi получена величина энтальпии образования из элементов:  $\Delta_f H_{298.15}^\circ = -57.57 \pm 0.98$  кДж/моль.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГИДРОФОСФАТОВ (Na, Ce) И (Na, Sr) В РЕАКЦИЯХ МЕТАСОМАТИЧЕСКОГО ЗАМЕЩЕНИЯ.****Суворова В.А., Ковальский А.М., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)****RESEARCH OF TRANSFORMATION OF HYDROPHOSPHATES (Na, Ce) AND (Na, Sr) IN REACTIONS OF METASOMATIC REPLACEMENT****Suvorova V.A. Kovalsky A.M. Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**lera@iem.ac.ru; тел.: 8(496) 522 2554

Путем проведения кинетических экспериментов в динамических и статических условиях исследован механизм преобразования гидрофосфатов (Na, Ce) и (Na, Sr) в реакциях метасоматического замещения по схеме «мокрого процесса».

Показано, что фосфат натрия, входящий в исходную минеральную композицию, можно замещать нерастворимыми фосфатами соответствующих радионуклидов (Sr или Ce) при комнатной температуре и атмосферном давлении, как в динамических, так и статических условиях. В колоночных опытах с участием прокалённого фосфата натрия сначала наблюдается образование гидрофосфата, препятствующего протеканию раствора нитратов, что приводит к преждевременному прекращению взаимодействия реагентов. Далее идёт ионизация молекул фосфата и взаимодействие их с нитратами. В этом случае опыты моделировали механизмы реакций, протекающих в основном при инфильтрационном метасоматозе. При использовании в качестве стартового материала водного фосфата  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  замещение  $\text{Na} \rightarrow \text{Ce}$  и  $\text{Na} \rightarrow \text{Sr}$  начиналось с первых минут опытов и в течение часа проходило полностью. Опыт с предварительным добавлением воды в обезвоженный  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  тоже проходит до полного замещения  $\text{Na} \rightarrow \text{Sr}$ . Здесь моделировались условия метасоматоза, протекающего преимущественно по диффузионному механизму.

В аналогичных экспериментах с использованием исходного водного фосфата, но проведенных в статических условиях (без притока новых порций раствора) замещение резко тормозится с первых часов опыта и далее практически не наблюдается. Полученные результаты способствуют определению оптимальных параметров «мокрого процесса» иммобилизации радионуклидов.

Показана принципиальная возможность эффективного удерживания радионуклидов Sr или Ce в минеральной композиции, содержащей фосфат натрия, замещающая его нерастворимыми фосфатами этих радионуклидов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖФАЗОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ REE (La, Ce), Sr, Cs В АЛЮМОФОСФАТНЫХ СИСТЕМАХ В ПРИСУТСТВИИ SiO<sub>2</sub> ИЛИ АЛЮМОФТОРИДА****Сук Н.И., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)****EXPERIMENTAL STUDY OF REE (La, Ce), Sr, Cs PHASE DISTRIBUTION IN ALUMINOPHOSPHATE SYSTEMS IN PRESENCE OF SiO<sub>2</sub> OR ALUMINOFLUORIDE****Suk N.I., Kotelnikov A.R. (IEM RAS)**

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

Экспериментальное исследование проводилось в связи с проблемой переработки алюмофосфатных стекол, используемых в качестве матрицы для захоронения радиоактивных отходов. Стекла, как метастабильная фаза, не отвечают требованиям к матричным материалам для длительного хранения радионуклидов. Поэтому необходима разработка матричных материалов на основе кристаллических фаз, стабильных в условиях земной коры – то есть минералов. Наши опыты были направлены на изучение избирательной концентрации элементов расплавами различного состава в процессе возникновения в них жидкостной несмесимости.

Эксперименты проводились при  $T=800^{\circ}\text{C}$ ,  $P=1.5$  кбар продолжительностью 7 дней и  $1200^{\circ}\text{C}$ ,  $P=2$  кбар продолжительностью 6 час. на установке высокого газового давления в платиновых ампулах в сухих системах и в присутствии воды. Исходным веществом служили модельные алюмофосфатные стекла, близкие по составу матричным материалам, содержащие REE (La, Ce), Sr, Cs, предварительно наплавленные при  $T=1250^{\circ}\text{C}$ ,  $P=1$  кбар в течение 6 час. на установке высокого газового давления, и реактивы SiO<sub>2</sub> и (Na<sub>1.5</sub>Li<sub>1.5</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>. Продукты опытов анализировались на микрозонде.

В процессе экспериментов в опытах с алюмофосфатными стеклами с добавлением SiO<sub>2</sub> возникала жидкостная несмесимость между силикатным и фосфатным расплавами, и происходило разделение редких элементов между фазами. Полученные данные показывают преимущественное концентрирование стронция в фосфатном расплаве, а цезия – в силикатном. Редкоземельные элементы концентрируются в кристаллах монацита.

В сухих системах с добавлением алюмофторида ликвации не наблюдается, хотя отмечается неоднородность составов стекол, в водосодержащих системах присутствуют закалочные фазы (по-видимому, криолит). Редкие земли концентрируются в кристаллической фазе (редкоземельных фосфатов).

ТЕЛЛУРИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЗОЛОТА – ЭКСПЕРИМЕНТ И  
ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ**Тагиров Б.Р. (ИГЕМ РАН), Баранова Н.Н. (ГЕОХИ РАН)**TELLURIDE COMPLEXES OF GOLD IN HYDROTHERMAL FLUIDS:  
EXPERIMENT AND GEOCHEMICAL APPLICATION**Tagirov B.R., (IGEM RAS) Baranova N.N. (GEOCHI RAS)**[tagir@igem.ru](mailto:tagir@igem.ru), тел.: 8(499) 233 8274

Известно, что на многих Au-рудных эпитеpмальных месторождениях Au присутствует в виде теллуридов, в основном, калаверита AuTe<sub>2</sub>. Цель работы – экспериментальное изучение возможности переноса золота в гидротермальных условиях в присутствии теллура. Опыты проводились с синтезированным из элементов образцом, рентгенограмма которого отвечала чистому калавериту AuTe<sub>2</sub>. Изучена растворимость калаверита и Te<sub>мет</sub> при 350 и 400°C, P – 0.8 кбар в зависимости от рН при  $f(\text{H}_2)$ , создаваемой введением 50–150 мг Al<sub>мет</sub>. Длительность опытов составляла 10–13 дней, после чего автоклавы закаливались и отбирались пробы раствора, которые после соответствующей обработки анализировались на содержание Te и Au методом ICP – MS и AAS. Проведенные опыты позволили установить, что в присутствии Te растворимость золота в исследованных системах возрастает от  $n \cdot 10^{-7}$  до  $n \cdot 10^{-5}$  M при рН от 2 до 8. Полученные экспериментальные данные использованы для расчета констант диссоциации H<sub>2</sub>Te<sup>0</sup> и стандартных термодинамических свойств теллуросодержащих компонентов водного раствора в предположении, что по аналогии с сульфидной системой, основными теллуридными комплексами золота являются AuHTe<sup>0</sup><sub>(p-p)</sub> и A(HTe)<sup>-2</sup> и частицы H<sub>2</sub>Te<sup>0</sup><sub>(p-p)</sub> HTe<sup>-</sup>. Результаты расчета показали, что устойчивость теллуридных комплексов золота AuHTe<sup>0</sup><sub>(p-p)</sub> и A(HTe)<sup>-2</sup> выше, чем гидросульфидных AuHS<sup>0</sup><sub>(p-p)</sub> и AuHS<sup>-2</sup>. Проведенное рассмотрение поведения золота в системе Au–S–Te–Cl–O–H при T до 500°C и рН 1–6 позволяет сделать вывод о двоякой роли теллура, а именно: о возможности переноса Au с теллуrom слабoкислыми растворами при T > 350°C и осаждающей роли теллура, вследствие отложения калаверита при более низких температурах. Подтверждением служат данные по изучению содержания Te во флюидных включениях ряда золото-сульфидно-теллуридных месторождений, показавшие уменьшение содержания золота в растворах включений в рудную золото-теллуридную стадию.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФТОРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ГАЛЛИЯ ПРИ 155, 200°C И ДАВЛЕНИИ НАСЫЩЕННОГО ПАРА ВОДЫ**

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

**EXPERIMENTAL STUDY OF STABILITY OF FLUORIDE COMPLEXES OF GALLIUM AT 155, 200°C AND WATER SATURATED VAPOR PRESSURE**

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

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

*Проект РФФИ 12-05-00957.*

В работе (Клейнер, Гридчина, 1960) были изучены фторидные галлия только при 20°C. Поэтому данная работа посвящена экспериментальному исследованию фторидных комплексов галлия в системе  $\text{Ga}(\text{ClO}_4)_3\text{-HClO}_4\text{-HF-CaF}_2$  при 155, 200°C и давлении насыщенного пара воды. Поскольку фториды галлия легко гидролизуются в водных растворах, применена методика изучения увеличения растворимости флюорита при добавлении в систему галлия. Эксперименты проводились в стальных обоймах с фторопластовыми вкладышами. Твердая фаза (кристаллы  $\text{CaF}_2$ ) помещалась в верхней части автоклава для обеспечения равновесия только при температуре опыта. Продолжительность опыта была определена по результатам кинетической серии и составляла 3 суток. Растворимость определялась по потере массы кристалла флюорита после эксперимента. Растворимость флюорита увеличивается с ростом концентрации  $\text{Ga}(\text{ClO}_4)_3$ . Результаты обрабатывались с помощью программы OptimA, которая рассчитывает модель эксперимента с подбором термодинамических данных для лучшей сходимости расчетных и экспериментальных значений. Были определены рК реакции диссоциации для  $\text{GaF}^{2+}$  при 155 и 200°C и соответственно равны 6.60 и 6.69.

**СТРУКТУРНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНО-СВЯЗАННЫЕ ФОРМЫ БЛАГОРОДНЫХ  
МЕТАЛЛОВ В РУДНЫХ МИНЕРАЛАХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И  
ПРИРОДНЫЕ ДАННЫЕ**

**Таусон В.Л., Кравцова Р.Г. (ИГХ СО РАН)**

**STRUCTURALLY AND SUPERFICIALLY BOUND NOBLE METALS IN ORE  
MINERALS: EXPERIMENTAL AND NATURAL EVIDENCE**

**Tauson V.L., Kravtsova R.G. (IGC SB RAS)**

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

*Гранты РФФИ №№ 12-05-00144, 14-05-00361.*

Вследствие экзотермичности процесса адсорбции, при высоких температурах поглощение микроэлементов (МЭ) за счет механизма поверхностной комплексации теряет свое значение. Эффективным становится механизм поглощения МЭ (особенно несовместимых, но и совместимых тоже) путем их включения в состав поверхностных наноразмерных фаз (включая неавтономные фазы). Физико-химическая природа этих фаз еще слабо изучена, но способность поглощать считающиеся несовместимыми элементы, такие как благородные металлы (БМ), находит убедительное подтверждение. Благодаря применению комбинации методов локального анализа (ИСП МС-ЛА + АСМ) и метода статистических выборок аналитических данных для монокристаллов (СВАДМ), получены доказательства постоянного присутствия рассматриваемых двух форм нахождения БМ в рудных минералах как в экспериментальных, так и в природных системах – на месторождениях разных генетических типов. Рассмотрены следствия этого явления для теории рудообразующих процессов и практики эксплуатации рудных объектов.



**СОРБЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ПЛАТИНЫ,  
СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НИЗКО- И ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫМИ  
ОРГАНИЧЕСКИМИ ЛИГАНДАМИ, ПРИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С  
КОМПОНЕНТАМИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРОВ**

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

**SORPTION BEHAVIOUR OF PLATINUM NANOPARTICLES STABILIZED WITH  
LOW - AND HIGH-MOLECULAR ORGANIC LIGANDS UNDER THEIR  
INTERACTION WITH MAIN COMPONENTS OF GEOCHEMICAL BARRIERS**

**Tyutyunnik O.A., Nabiullina S.N., Kubrakova I.V. (GEOKHI RAS)**

NMLab@geokhi.ru, тел. 8(499) 137 7526

С целью изучения миграционного поведения форм платины в природных водах найдены оптимальные способы получения наночастиц, стабилизированных низко- и высокомолекулярными органическими лигандами. Наноразмерные формы платины, модифицированные цитратом натрия и растворенным органическим веществом вод (фульвокислотами (ФК)), получены в условиях микроволнового гидротермального синтеза и охарактеризованы по спектрам плазмонного резонанса, а также данным электронной микроскопии.

Исследованы сорбционные свойства ферригидрита и гуминовых кислот (ГК) – основных компонентов природных барьеров, по отношению к наночастицам платины в околонейтральных средах. Установлено, что во всем изученном диапазоне рН наноразмерные формы платины сорбируются на ферригидрите на 94–100%, а на гуминовых кислотах на 86%. Состояние равновесия при этом достигается достаточно быстро – за 10–20 часов соответственно.

Сопоставление полученных данных с результатами сорбционных экспериментов с участием растворенных ионных форм платины показало, что наноразмерные формы характеризуются более быстрой кинетикой взаимодействия с ГК и более высоким процентом сорбции. При контакте с ферригидритом поведение ионных и наноразмерных форм платины схоже.

Таким образом, наноразмерные формы платины, по аналогии с золотом, наиболее эффективно извлекаются компонентами природных барьеров, что может способствовать как накоплению платины в осадках, так и переносу в виде коллоидов на основе ферригидрита.

**ИЗОТОПНЫЕ СООТНОШЕНИЯ В РЕЗЕРВУАРАХ  
КОНДЕНСАЦИИ ПЕРВИЧНОГО ВЕЩЕСТВА**

**Устинова Г. К. (ГЕОХИ РАН)**

**ISOTOPIC RELATIONS IN RESERVOIRS OF CONDENSATION  
OF THE PRIMORDIAL MATTER**

**Ustinova G. K. (GEOKHI RAS)**

ustinova@dubna.net.ru, тел.: 8(496) 213 0267

*Работа частично поддержана Программой 22 фундаментальных исследований Президиума РАН.*

Хорошо известно, что изотопные соотношения в досолнечных реликтовых зернах являются индикаторами астрофизических источников их происхождения. Аналогичные изотопные критерии можно найти и для зон конденсации первичного вещества в ранней Солнечной системе. Действительно, возможные зоны конденсации, например, в различных частях протосолнечного или протопланетного облака, или в остатках сверхновых, могли различаться своими радиационными условиями, в которых проходили реакции расщепления. Изотопные соотношения продуктов реакций расщепления сильно зависят от радиационных условий, и, следовательно, могут использоваться в качестве изотопных индикаторов областей их образования и последующей конденсации захвативших их наиболее тугоплавких минеральных фаз. Поиск и анализ изотопных соотношений в ранних конденсатах метеоритов разных химических групп позволяет идентифицировать области формирования их родительских тел.

**СОСТАВЫ МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ В СИСТЕМЕ АМФИБОЛ–H<sub>2</sub>O–NaCl  
ПРИ 900°C, 500 МПа**

**Ходоревская Л.И., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)**

**COMPOSITIONS OF MINERAL PHASES  
IN THE SYSTEM AMPHIBOLE–H<sub>2</sub>O–NaCl AT 900°C AND 500 MPa**

**Khodorevskaya L.I., Nekrasov A.N. (IEM RAS)**

khodorevskaya@mail.ru, тел.: 8(916) 651 2553

*Грант 14-05-00272 А.*

В результате экспериментов установлено, что при взаимодействии NaCl–H<sub>2</sub>O флюида с амфиболом происходит инконгруэнтное растворение минерала, зависящее от концентрации соли в исходном флюиде. При концентрациях соли ( $X_{\text{NaCl}} = 0-0.1$ ) в равновесии с флюидом находятся амфибол *Hbl<sub>1</sub>*, клинопироксен - авгит, содержащий до 11 мас.% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, и высокожелезистая шпинель Spl ( $\text{Mg}_{0.3}\text{Fe}^{2+}_{0.7})(\text{Al}_1\text{Fe}^{3+}_1)\text{O}_4$ . С увеличением концентрации соли во флюиде ( $X_{\text{NaCl}} > 0.1$ ) авгит исчезает, вместо него появляются железистые амфиболы *Hbl<sub>2</sub> ± Spl*. Таким образом,  $X_{\text{NaCl}}$  во флюиде  $\approx 0.1$  является граничной для устойчивости клинопироксенов, превышение этих значений будет приводить к его исчезновению. В самом амфиболе *Hbl<sub>1</sub>* с ростом  $X_{\text{NaCl}}$  наблюдается нарастающее замещение эденитового минала на паргаситовый и гастингситовый. Новообразованные *Hbl<sub>2</sub>*, характеризуются высокой железистостью и самым высоким вкладом паргасита и гастингсита. С дальнейшим ростом концентрации соли ( $X_{\text{NaCl}} \geq 0.29$ ) размеры *Hbl<sub>1</sub>* уменьшаются, сохраняются редкие *Hbl<sub>2</sub>* и появляется слюда, по составу аналогичная биотиту, с практически полным изоморфным замещением калия на натрий.

**ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА В МАНТИИ ЗЕМЛИ**

**Хорита Дж. (Техасский Технолог.ун-т), Поляков В.Б. (ИЭМ РАН)**

**CARBON ISOTOPE FRACTIONATION IN THE EARTH MANTLE**

**Horita J. (Texas Tech. Univ.) Polyakov V.B. (IEM RAS)**

polyakov@iem.ac.ru, тел.: 8(496) 522 5880; 8(916) 384 2100

*Грант РФФИ: 13-05-01117-а.*

Теоретический расчёт ( $\text{Fe}_3\text{C}$  -цементит,  $\text{SiC}$ - кубическая модификация) показал очень низкие значения  $\beta$ -факторов углерода карбидов по сравнению другими углеродсодержащими соединениями. Это означает обогащение карбидов лёгким изотопом углерода даже в условиях высоких температур ( $\Delta_{\text{алмаз}-\text{Fe}_3\text{C}} = 5 \div 9\text{‰}$  при  $1500\text{--}2000^\circ\text{C}$ ). Расчётные результаты согласуются с экспериментальными данными (Mikhail et al., 2011; Palyanov et al., 2013; Reutsky et al., 2012; Satish-Kumar et al., 2011).

Полученные результаты позволяют объяснить разницу в изотопном составе углерода углистых хондритов и мантии Земли фракционированием изотопов углерода при формировании ядра в рамках равновесной модели гомогенной аккреции Земли. На основе полученных результатов предложено объяснение обогащения алмазов эклогитового парагенезиса лёгким изотопом углерода на основе модели редок плавления-кристаллизации карбидов на границе верхней и нижней мантии Земли.

**ВАРИАЦИИ АНИЗОТРОПНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ ЦИРКОНОВ**

**Цао Цюсян, Кривовичев С.В. (геол. ф-т СПбГУ)**

**VARIATION OF ANISOTROPIC DISPLACEMENT PARAMETERS IN SYNTHETIC AND NATURAL ZIRCON**

**Cao Qiuxiang, Krivovichev S.V. (geol. dep. SPSU)**

qiuxiangcao@126.com, тел.: 8(911) 774 7828

В данной работе с помощью дифрактометра Bruker Apex Duo изучен кристаллический синтетический циркон и природный циркон, собранный на разных участках уранового месторождения Сян-Шань на юге Китая. Основные изменения структурных параметров циркона в исследованном природном и синтетическом образце связано с уменьшением анизотропных параметров тепловых смещений атомов. Эти изменения составляют от 0.5 до 33.8 %, при этом наибольшие изменения связаны с уменьшением смещений атомов вдоль оси *c*. Это находится в хорошем соответствии с общими наблюдениями, согласно которым при радиационных повреждениях циркона именно параметр *c* испытывает наиболее интенсивные изменения.

**МИНЕРАЛЫ, ОБРАЗОВАВШИЕСЯ ПРИ АБЛЯЦИИ ЧЕЛЯБИНСКОГО  
МЕТЕОРИТА**

**Цельмович В.А. (ГО «Борок» ИФЗ РАН)**

**MINERALS FORMED IN THE ABLATION OF CHELYABINSK METEORITE**

**Tselmovich V.A., (GO “Borok” IPE RAS),**

[tseilm@mail.ru](mailto:tseilm@mail.ru), тел.: 8(48547) 24631

*Работа выполнена при поддержке РФФИ проект № 13-05-00348.*

99.95% вещества Челябинского метеорита (ЧМ) попало за Землю в виде микрочастиц, возникших при высокотемпературной переработке коры плавления. Основная масса ЧМ образована силикатами, на фоне которых заметно выделяются частицы Fe-Ni сплавов (самородных металлов) с высоким содержанием Ni (тэнитом) и с низким содержанием Ni (камаситом), а также троилит, пирротин и пентландит, хромит, ильменит, апатит. При изучении коры плавления в ней и в порах были обнаружены характерные Mt шарики, которые могли образоваться при полете фрагментов метеорита, летевших перед изучаемым фрагментом, попасть в его поры и стать доступными для наблюдения благодаря закалке в снеге. Было показано, что эти шарики были образованы из троилита в процессе плавления и окисления до Mt. Об этом свидетельствуют нано- и микрогабаритные троилитовые шарики в силикатах в расплавленной зоне на поверхности метеорита, которые после окисления стали Mt шариками (без Ni). Троилит не смешивается со стеклом. В отличие от троилита тэнит и камасит легко растворяются в стекле, что обогащает его состав Ni и Fe. В приповерхностном слое коры плавления обнаружена дендритная структура камасита. Камасит начал растворяться в стекле, и в этот момент фрагмент метеорита попал в снег и подвергся закалке, в результате чего и возникли тонкие камаситовые дендриты. Показан механизм преобразования вещества хондрита в силикатные микросферы хондритового состава с примесью Ni, и Mt микросферы, возникающие при преобразовании троилита. Этот механизм отличается от механизма абляционного преобразования вещества железных метеоритов, в ходе которого образуются Fe-Ni шарики (Бадюков и др, 2012).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ БАДДЕЛЕИТА (Zr,Hf)O<sub>2</sub> В КИСЛЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ 75 И 450°C И Zr/Hf ОТНОШЕНИЕ В ОБЛАСТИ ПРЕОБЛАДАНИЯ ГИДРОКСО- (75°C) И ХЛОРИДНЫХ (450°C, 1 КБАР ) КОМПЛЕКСОВ

**Шикина Н.Д. (ИГЕМ РАН), Волченкова В.А. (ИМЕТ РАН), Бычкова Я.В., Тагиров Б.Р. (ИГЕМ РАН)**

EXPERIMENTAL STUDY OF BADDELEYITE (Zr,Hf)O<sub>2</sub> SOLUBILITY IN ACIDIC AQUEOUS SOLUTIONS AT 75 AND 450°C AND Zr/Hf RATIO IN THE PREDOMINANCE REGIONS OF HYDROXIDE (75°C) AND CHLORIDE (450°C, 1 kbar) COMPLEXES

**Shikina N.D. (IGEM RAS), Volchenkova V.A. (IMET RAS), Bychkova Ya.V., Tagirov B.R. (IGEM RAS)**

[shik-nadezhda@yandex.ru](mailto:shik-nadezhda@yandex.ru), тел.: 8(499) 230 8262

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 07-05-01108 и № 11-05-01034).*

Методом растворимости исследовано поведение Zr и Hf в водных растворах: 1) HCl с концентрацией от 0.5 до 2 М при 450°C и давлении 1 кбар в автоклавах с золотой футеровкой и 2) HClO<sub>4</sub> с концентрацией от 0.1 до 1.5 М при 75°C и давлении насыщенного пара в герметично закрытых стеклянных колбах. Твердой фазой во всех экспериментах служили кристаллы природного бадделеита (м-ние Ковдор). Длительность опытов от 29 суток до 4.5 месяцев. Растворы после опытов анализировали на содержание Zr и Hf методами ICP AS и ICP MS. Для стабилизации растворов использовали ЭДТА.

При 450°C, 1 кбар рост концентрации HCl приводит к резкому увеличению содержания Zr и Hf в растворах. Наблюдаемый рост содержания Zr связан с образованием комплексов: от Zr(OH)<sub>3</sub>Cl<sup>°</sup> при m(HCl) = 0.5 моль·кг<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O до ZrCl<sub>4</sub><sup>°</sup>, преобладающего при m(HCl) = 2. При этом отношение Zr/Hf меняется слабо (в пределах 73–62) и близко к таковому в твердой фазе (~74), что говорит об идентичном составе и близкой устойчивости хлоридных (гидрохлоридных) комплексов этих элементов. При 75°C, когда в растворах хлорной кислоты преобладают гидроксокомплексы Zr(OH)<sub>4</sub><sup>°</sup>, Zr(OH)<sub>3</sub><sup>°</sup> и Zr(OH)<sub>2</sub><sup>2+</sup>, отношение Zr/Hf снижается, соответственно, со 150 до 74. Вероятно, нейтральный гидроксокомплекс Zr(OH)<sub>4</sub><sup>°</sup> устойчивее его аналога Hf(OH)<sub>4</sub><sup>°</sup>, для которого поле преобладания заряженных частиц простирается в область более высоких значений pH.

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ РЗЭ В  
ОКИСЛЕННЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ФЛЮИДАХ****Широсова Г.П., Колонин Г.Р. (ИГМ СО РАН)****THERMODYNAMIC MODELING OF REE BEHAVIOUR UNDER OXIDIZED  
HYDROTHERMAL FLUIDES****Shironosova G.P., Kolonin G.R. (IGM SB RAS)**shiron@igm.nsc.ru, kolonin@igm.nsc.ru, тел.: 8(383) 333 3026

Исследованием расплавных и флюидных включений в минералах магматических пород и связанных с ними рудно-метасоматических образований были выявлены своеобразные по составу окисленные флюиды (Борисенко и др., 2006, 2011). Проведены термодинамические расчеты равновесий во фторидно-сульфидно-хлоридно-карбонатно-сульфатной системе в присутствии натрия, кальция и РЗЭ с флюидами различной кислотности-щелочности с использованием программного комплекса HCh (Шваров, 2008). Для тенардита ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), по данным справочника (Robie, Hemingway, 1995) рассчитаны отсутствовавшие коэффициенты зависимости теплоемкости ( $C_p$ ) от температуры выше фазового перехода при температуре 514К и оценена величина энтальпии самого фазового перехода.

Полученные термодинамические характеристики тенардита позволили провести расчеты с его участием в сложных гидротермальных условиях, имитирующих присутствие окисленных флюидов в интервале температур 500–100°C, давления – 2000–125 бар. Помимо тенардита из других возможных твердых фаз допускалось образование ангидрита, кальцита и редкоземельного флюорита в приближении идеального твердого раствора  $[\text{CaF}_2-(\text{Ln}, \text{Y})\text{F}_3]$ . Результаты расчетов показывают, что совместное нахождение РЗЭ-флюорита, тенардита, элементарной серы, кальцита и ангидрита может наблюдаться в близонейтральных флюидах. В кислых условиях исчезает кальцит, а при 100°C и тенардит, в щелочных – элементарная сера, а при 300–100°C исчезает и ангидрит. Относительно поведения РЗЭ, можно сделать вывод о том, что кислые флюиды способствуют транспорту легких РЗЭ, тогда как щелочные предпочтительнее могут выносить тяжелые РЗЭ особенно в области высоких  $TP$  параметров. Несмотря на высокие концентрации сульфатной серы в гидротермальных растворах, сульфатные комплексы лантанидов и иттрия не играют решающей роли в транспорте РЗЭ при повышенных температурах и только при 100°C они становятся ведущими.



**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ВСТУПЛЕНИЯ СИГНАЛОВ  
АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПО ДАННЫМ ЛАБОРАТОРНЫХ  
ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

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

**METHOD OF THE TIME ARRIVAL ESTIMATING OF ACUSTIC EMISSION  
SIGNAL (LABORATORY EXPERIMENTS)**

**Shikhova N.M., Patonin A.V. (GO "BOROK" IPE RAS)**

patonin@borok.yar.ru, тел.: 8(48547) 24241

Для решения задачи локации источников сигналов акустической эмиссии (АЭ) проведен сравнительный анализ и адаптированы методы выделения момента прихода упругой волны на ультразвуковой датчик (Любушин А.А., 2007). В качестве исходных данных было использовано несколько сотен волновых форм, полученных в экспериментах на тестовых модельных образцах, имеющих источники искусственные сигналов, расположенные как на поверхности, так и внутри образца. Амплитуды излучаемых экспериментальных импульсов варьировались от 60 В до 60 мВ, при этом минимальное отношение  $SNR = \text{сигнал/шум}$  было близко к 1. В результате анализа волновых форм с помощью различных методов определены алгоритмы, которые наиболее устойчиво оценивают моменты прихода волны для широкого диапазона  $SNR$ . Найдены погрешности в вычислении моментов прихода сигнала в зависимости от угла подхода волны к датчику и от энергии источника. Апробированные алгоритмы положены в основу разработанной авторами системы локации сигналов АЭ.

*Любушин А.А.* Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. М.: Наука, 2007, 228с.

ВОЗМОЖНО ЛИ РЕТРОГРАДНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ?

**Шмулович К.И. (ИЭМ РАН)**

RETROGRADE MELTING: IS IT POSSIBLE?

**Shmulovich K.I. (IEM RAS)**

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

*Грант РФФИ 10-05-00882.*

На основе экспериментальных данных по измерениям параметров фазового эндотермического перехода  $L \rightarrow L+V$  с понижением температуры (ретроградное кипение) проанализирована возможность плавления гранитной эвтектики в **закрытой** системе при уменьшении  $T$ . Ретроградное кипение в синтетическом включении с чистой водой (т.е.  $L_{1d} \rightarrow L_{2d}+V$  при охлаждении от  $T_{\text{гом}} = 144^\circ\text{C}$  до  $62^\circ\text{C}$ ) повышает удельную энтальпию воды на 77 дж/г и энтропию на 0.3 дж/г\*К. Повышение  $H$  и  $S$  происходит за счет механической энергии, накопленной метастабильной жидкостью при остывании по изохоре.

По оценкам Перчука (1973) разница в удельной энтропии твердой сухой гранитной эвтектики и ее расплава составляет около 0.15+/-0.02 дж/г\*К при  $600^\circ\text{C}$ . Учитывая, что метастабильность растворов зависит от поверхностного натяжения ( $\sigma$ ), а эта величина растет с повышением концентрации соли, накопление механической энергии может приводить к локальному плавлению. Как возможный механизм рассматривается аномальная растворимость при  $P < 0$ .

**ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СИНТЕТИЧЕСКИХ  
ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЯХ**

**Шмулович К.И. (ИЭМ РАН), Меркури Л (Ин-т наук о Земле, Франция)**

**MEASUREMENTS OF PHYSICAL PARAMETERS IN SYNTETIC FLUOD  
INCLUSIONS**

**Shmulovich K.I. (IEM RAS), Mercury Lionel (ISTO, France)**

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

*Гранты РФФИ 10-05-00882 и CONGE BLAN-61001 (ANR, France).*

Методом спектроскопии комбинационного рассеяния проведены измерения давления в синтетических флюидных включениях (СФВ). По сдвигу спектра полносимметричного валентного колебания в тетраэдре  $WO_4^{2-}$  с концентрацией 1.3 m определено отрицательное давление – 50 МПа +/-10 для гистерезиса  $T(\text{гом}) - T(\text{нук}) \sim 60^\circ\text{C}$ . Полученные величины хорошо согласуются с давлениями, рассчитанными по уравнениям состояния для водно-солевых растворов.

Тем же методом измерены напряжения в кварце вокруг СФВ с растворами CsCl и гистерезисами  $> 100^\circ\text{C}$ . Изменения волнового числа соответствует тангенциальному сжатию  $\sim 20$  МПа (17 и 22 МПа). Сравнение с расчетными значениями для прямой и инвертированной задач Ламе показывает отличное согласие по знаку, но невозможно (пока) по величине из-за погрешностей в измерениях расстояний от включения до фокуса лазера спектрометра.

Бриллюэновская спектроскопия СФВ позволяет измерить скорость звука, ее изменение с температурой и при фазовых переходах. Метод обладает достаточным разрешением для отслеживания кривизны изохор в метастабильной области и дает независимое подтверждение для  $V=\text{const}$ . При соответствующей калибровке, чувствительность метода позволяет измерять  $P-V-T$  свойства метастабильных жидкостей, включая силикатные расплавы.

**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ЛЕТУЧЕСТИ СОЕДИНЕНИЙ,  
ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В Ca–Al ВКЛЮЧЕНИЯХ**

**Шорников С. И. (ГЕОХИ РАН)**

**HIGH TEMPERATURE THERMODYNAMIC STUDY OF Ca–Al INCLUSION'S  
COMPOUND VOLATILITY**

**Shornikov S. I. (ГЕОХИ РАН)**

[sergey.shornikov@gmail.com](mailto:sergey.shornikov@gmail.com), тел.: 8(812) 540 0342

Разработанная Гроссманом (Grossman, 1972) физико-химическая модель последовательной конденсации вещества, описывающая происхождение хондритов и вещества Ca–Al-включений, испытывает значительное изменение. Полученные новые данные о составе включений в хондритах приводят к представлениям, что процессы высокотемпературного испарения также играли заметную роль в их формировании. Цель настоящей работы заключалась в термодинамическом исследовании летучести соединений, формирующих состав вещества Ca–Al-включений (корунд  $Al_2O_3$ , дмитрийивановит  $CaAl_2O_4$ , гроссит  $CaAl_4O_7$ , гибонит  $CaAl_6O_{19}$ , перовскит  $CaTiO_3$ , шпинель  $MgAl_2O_4$ , энстатит  $MgSiO_3$ , форстерит  $Mg_2SiO_4$ , диопсид  $CaMgSi_2O_6$ , акерманит  $Ca_2MgSi_2O_7$ , анортит  $CaAl_2Si_2O_8$ , геленит  $Ca_2Al_2SiO_7$ , гроссуляр  $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$ ) в области высоких температур – 1800–2200 К. Расчеты были выполнены для условий, характеризующихся низкой величиной давления кислорода, и сопоставлены с экспериментальной информацией, полученной масс-спектрометрическим эффузионным методом Кнудсена (Шорников, 1993–2013).

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАТРИЕВОСИЛИКАТНЫХ  
РАСПЛАВОВ**Шорников С. И. (ГЕОХИ РАН)**

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SODIUM SILICATE MELTS

**Shornikov S. I. (ГЕОКНИ РАС)**[sergey.shornikov@gmail.com](mailto:sergey.shornikov@gmail.com), тел.: 8(812) 540 0342

Физико-химические свойства силикатов натрия и расплавов в системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  являются важными для понимания протекания различных геохимических и космохимических процессов, в том числе связанных с образованием и генезисом вещества Са–Al–включений. В рамках полуэмпирической модели, базирующейся на теории идеальных ассоциированных растворов (Шорников, 2009), были проведены расчеты термодинамических свойств расплавов в системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  в области температур 900–1800 К. Результаты предварительного исследования (Шорников, 2005) были использованы для нахождения энергетических параметров межмолекулярных взаимодействий из экспериментальных данных. Исходные данные о 13 конденсированных (7 кристаллических и 6 жидких) фазах и 15 компонентах газовой фазы были рассчитаны в параметрическом виде согласно наиболее распространенному выражению для температурной зависимости энергии Гиббса образования  $i$ -того компонента:

$$\Delta_f G_T(i) = \frac{a(i)}{T} + b(i) + c(i)T + d(i)T^2 + e(i)T^3 + f(i)T \log T$$

где  $a(i)$ ,  $b(i)$ ,  $c(i)$ ,  $d(i)$ ,  $e(i)$ ,  $f(i)$  – константы, определенные методом наименьших квадратов. Сопоставление рассчитанных величин активностей оксидов и энергии Гиббса смешения расплавов в системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  с экспериментальными термодинамическими и физико-химическими данными показало удовлетворительное соответствие.

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСПЛАВОВ  
В СИСТЕМЕ Na<sub>2</sub>O–GeO<sub>2</sub>**

**Шорников С. И. (ГЕОХИ РАН)**

**THERMODYNAMIC PROPERTIES OF Na<sub>2</sub>O–GeO<sub>2</sub> MELTS**

**Shornikov S. I. (ГЕОКНИ RAS)**

[sergey.shornikov@gmail.com](mailto:sergey.shornikov@gmail.com), тел.: 8(812) 540 0342

Используя разработанную полуэмпирическую модель, базирующуюся на теории идеальных ассоциированных растворов (Шорников, 2009), рассчитаны термодинамические свойства натриевогерманатных расплавов в области температур 900–1600 К. Физико-химические свойства германатов натрия и расплавов в системе Na<sub>2</sub>O–GeO<sub>2</sub> представляют интерес для методики теоретических расчетов низкотемпературного аналога важной в геохимических и космохимических исследованиях системы Na<sub>2</sub>O–SiO<sub>2</sub>, а также с точки зрения их практического применения в технике. Энергетические параметры межмолекулярных взаимодействий были найдены из экспериментальных данных – температурных зависимостей энергии Гиббса образования 10 конденсированных (5 кристаллических и 5 жидких) фаз и 14 компонентов газовой фазы. Рассчитанные величины активностей оксидов и энергии Гиббса смешения расплавов в системе Na<sub>2</sub>O–GeO<sub>2</sub> сопоставлены с имеющимися экспериментальными данными.

**ЗАГАДКИ ЛУННЫХ КАМНЕЙ: ЧЕГО ЖДАТЬ ОТ «ВТОРОЙ ЭПОХИ»  
НАБЛЮДЕНИЙ**

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

**MYSTERIES OF THE MOONSTONES: WHAT TO EXPECT FROM THE "SECOND  
EPOCH" OF OBSERVATIONS**

**Shpekin M.I. (KFU), Barenbaum A.A. (OGRI RAS), Mukhametshin Ch.R. (KFU)**

MichaelS1@yandex, тел.: (843) 233 7347; azary@mail.ru тел.: 8(499) 135 7221;  
alanparker17@bk.ru, тел.: (843) 292 7797

Разведывательный спутник LRO (США) обнаружил на лунной поверхности неожиданно много россыпей камней, названных исследователями «валунами». Эти валуны размерами от 1 до 40 метров видны на снимках высокого и сверхвысокого разрешения на многих участках поверхности Луны. Природа валунов и причина их образования пока непонятны. Особенно интригующе выглядит тот факт, что на участках с неровным рельефом камни демонстрируют следы значительных перемещений. Свежими следами движущихся камней, в частности, испещрены склоны и центральные горки многих молодых ударных кратеров. Возможно, на Луне мы имеем дело с каким-то ранее неизвестным геологическим явлением.

С целью его изучения авторы предприняли попытку рассмотреть изменение размеров и положений движущихся лунных камней во времени и пространстве. Поскольку впервые камни были замечены еще на снимках «Лунар-Орбитер» (1967) и миссий «Аполлон» (1971–1972), то период наблюдений за валунами составляет почти полвека. Есть основания полагать, что за это время с камнями могли произойти изменения, которые удастся обнаружить при съемке с LRO. И тогда саму съемку можно считать «второй эпохой» наблюдений. В сообщении представлены первые попытки обследования избранных участков с валунами в молодых ударных кратерах, анализируются проблемы, возникающие при таком обследовании, и обсуждаются способы их решения.

**КИСЛЫЕ РАСПЛАВЫ В НАДСУБДУКЦИОННОЙ МАНТИИ ПРИ 850°C И 2.9 ГПа (ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)**

**Шур М. Ю. (геол. ф-т МГУ), Перчук А. Л. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН), Япаскерт В. О. (геол. ф-т МГУ)**

**ACID MELTS IN SUPRASUBDUCTION MANTLE AT 850°C AND 2.9 GPa (EXPERIMENTAL DATA)**

**Shur M.Yu. (geol.dep.MSU), Perchuk A.L. (geol.dep.MSU, IEM RAS), Yapaskurt V.O. (geol.dep.MSU)**

[maryshur@gmail.com](mailto:maryshur@gmail.com), 8(495) 939 1164

*Грант РФФИ 12-05-01093.*

Расплавные включения в ксенолитах из островодужных вулканитов показывают, что кислые расплавы, попадающие в мантийный клин в результате частичного плавления материала субдуцирующих плит, содержат значительные количества окислов двухвалентных катионов (более 5 масс %; из них более половины приходится на кальций, напр., Schiano et al, 1995). Мы провели экспериментальное моделирование дегидратационного плавления амфиболита, выше которого находился слой оливина, отвечающее *P–T* условиям "горячей" зоны субдукции. Было выполнено два эксперимента в условиях фокусированного и пропитывающего флюидно-магматического потока при 850°C и 29 кбар на установке цилиндр–поршень. В обоих случаях амфиболит эклогитизировался с частичным плавлением и выделением существенно водного (с CO<sub>2</sub>) флюида, в основании оливинового слоя возникала магнезит-ортопироксеновая реакционная зона. В случае пропитывающего характера потоков эта зона в несколько раз мощнее (до 60 мкм), содержит капли расплава (до 5 мкм). При фокусированном потоке весь расплав концентрировался в слое мощностью до 200 мкм вдоль стенок ампул, по контактам которых с оливином возникала другая реакционная зона мощностью до 70 мкм, сложенная омфацитом, флогопитом, ортопироксеном и магнезитом.

Состав расплава в оливиновом субстрате и в шариках окварцованного углерода, находящихся в эклогитизированном амфиболите, оказался идентичным. Для него характерно крайне низкое (менее 0.5 мас.%) суммарное содержание окислов двухвалентных катионов (при нормализации анализа на 100%). Результаты экспериментов показывают, что состав продуктов частичного плавления метабазитов, попадающих в мантийный клин, заметно отличается от кислых расплавов, мигрирующих через мантийных клин на удалении десятка километров от субдуцирующей плиты.



## ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ШПИНЕЛИДОВ ПО КОЛОНКЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОГНЕУПОРОВ С РАСПЛАВАМИ НИКЕЛЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ 1600°C И 1 АТМ

Щекина Т.И., Курбыко Т.А., Батанова А.М. Алферьева Я.О.,  
Граменицкий Е.Н. (*геол.ф-т МГУ*)

## CHANGES OF SPINELS COMPOSITION IN THE INTERACTION COLUMNS BETWEEN REFRACTORIES AND MELTS OF NICKEL PRODUCTION AT 1600°C AND 1 ATM

Shchekina T.I., Kurbyko T.A., Batanova A.M., Alferyeva Ya.O.,  
Gramenitskiy E.N (*geol.dep.MSU*)

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

При изучении шлако- и металлоустойчивости хромитопериклазовых и периклазоуглеродистых огнеупоров в лабораторных условиях при атмосферном давлении и температуре 1600°C, были получены колонки взаимодействия между огнеупорами и расплавами с четко выраженной зональностью. Одним из главных минералов реакционных зон в колонках, возникших по обоим типам огнеупоров, являлись шпинелиды. Состав шпинели, образовавшейся, в периклазоуглеродистом огнеупоре на контакте с расплавами, отвечал идеальной формуле  $MgAlO_4$ . Шпинель возникла за счет исходного периклаза в результате процессов диффузии глинозема из шлака в огнеупор. В хромитопериклазовом огнеупоре шпинелиды являются одними из главных минералов, как в исходном материале, так и во всех реакционных зонах колонки взаимодействия. Состав шпинели необычайно разнообразен: от исходного магнезиального хромита до ферроалюмохромита в зонах, близких к контакту с расплавами. Наблюдается широкий изоморфизм между трехвалентными металлами  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$  с тенденцией замещения хрома железом и, особенно, алюминием, по мере приближения к контакту с расплавами. Однако главной особенностью изменения состава исходной магнезиальной шпинели является постепенное замещение в ней магния двухвалентными катионами  $Ni^{2+}$  и, в значительно меньшей степени,  $Fe^{2+}$  и  $Co^{2+}$ . В первых зонах колонки вдали от контакта содержания никеля составляют менее 0.01, в ближайшей к расплавам зоне – до 0.8–0.9 формульных единиц. В непосредственно контактирующих с расплавами участках огнеупора Ni-содержащая шпинель преобразуется в бунзениит с небольшими примесями Mg, Al, Cr и Fe. Эти факты подтверждают данные о существовании непрерывной серии твердых растворов в ряду  $MgAl_2O_4 - NiAl_2O_4$  и свидетельствуют об изоморфизме между более сложными составами шпинелидов  $(Mg,Fe)Cr_2O_4 - Ni(Al,Fe)_2O_4$  при 1600°C. Образование никельсодержащей шпинели уменьшает устойчивость хромитопериклазовых огнеупоров в металлургическом процессе.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДА–ПОРОДА ДЛЯ  
ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Юркевич Н.В. (ИНГГ СО РАН), Гаськова О.Л. (ИГМ СО РАН),  
Саева О.П. (ИНГГ СО РАН)**

**EXPERIMENTAL WATER–ROCK INTERACTION FOR PREDICTIVE HAZARD  
ASSESSMENT OF MINING WASTE**

**Yurkevich N.V. (IPGG SB RAS), Gaskova O.L. (IGM SB RAS),  
Saeva O.P. (IPGG SB RAS)**

YurkevichNV@ipgg.sbras.ru, тел.: 8(383) 330 9536

*При финансовой поддержке фонда Президента РФ (грант № МК-5724.2014.5) и  
РФФИ (гранты №№ 12-05-33019, 12-05-31137, 14-05-00293).*

Проведен ряд лабораторных экспериментов по взаимодействию сульфидсодержащих отходов горнодобывающей промышленности из четырех различных хранилищ (Кемеровская и Челябинская области) с дистиллированной водой в динамическом режиме. Выделены две группы техногенных объектов по типу стоков, образующихся при взаимодействии отходов с водой: кислые дренажи с суммарными концентрациями микроэлементов от 100 мг/л до 30 г/л и нейтральные и щелочные стоки с суммарными концентрациями микроэлементов от 1 до 1000 мг/л. Оценены массы серной кислоты, металлов и металлоидов, продуцируемые отходами. Показана опасность стоков с нейтральными и субщелочными значениями рН в связи с высокими концентрациями в них элементов 1-го класса опасности As и Be в подвижных формах. Отстойники с кислыми дренажными водами с высокими концентрациями Cu, Zn, Pb, Ag вероятно рассмотреть как «техногенные месторождения», переработка которых может существенно снизить затраты на рекультивацию нарушенной территории.

**ШОКОВЫЕ МИКРОСТРУКТУРЫ В ПОРОДАХ ЛАДОЖСКОЙ ИВС**

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

**SHOCK MICROSTRUCTURES IN THE ROCKS OF LADOGA IVS**

**Yurkovets V. P. (*The Academy of DNA Genealogy, Boston, USA*)**

[valery.yurkovets@gmail.com](mailto:valery.yurkovets@gmail.com), тел.: 8(921) 407 1379

Наряду с «классическими» признаками импактного метаморфизма - конусами сотрясения и диаплектовыми изменениями в минералах мишени, в породах Ладужской импактно-вулканической структуры (ИВС) выявлены шоковые структуры микроскопического порядка (Юрковец, 2014). Шоковые микроструктуры распространены в поверхностном слое отдельных фрагментов импактной брекчии, а также пород, слагающих поверхность территории, современной импактному событию. Шоковые микроструктуры в большинстве случаев представляют собой концентрические зоны дробления и плавления в минералах мишени. Их размеры варьируют в относительно широких пределах – от 0.05 и менее до 0.3 и более миллиметров. По данным исследования в проходящем свете, микронного и рентгеноструктурного анализов, в центре шоковых микроструктур, как правило, присутствует обломки раздробленного муассанита в виде мелкой (менее 0.02 мм) фракции, либо в виде в более крупных (до 0.16 мм) округлых изометричных зёрен. Зачастую центрами шоковых микроструктур являются непрозрачные магнитные микросферулы, вещественный состав которых требует специального изучения. Шоковые микроструктуры, содержащие муассанит, обнаружены в образцах, отобранных на большой территории - от Приозерска на севере Ладоги до её южного побережья.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНЫХ  
ГАЗООБРАЗНЫХ ОКСИДОВ НАД СИСТЕМОЙ CaO–MgO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–TiO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub>**Яковлев О.И., Шорников С.И. (ГЕОХИ РАН)**A THERMODYNAMIC STUDY OF COMPLEX GAS OXIDE FORMATION OVER  
THE CaO–MgO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–TiO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> SYSTEM**Yakovlev O.I., Shornikov S.I. (GEOKHI RAS)**yakovlev@geokhi.ru, тел.: 8(495) 939 7003

В области высоких температур при испарении вещества в газовой фазе часто наблюдаются сложные молекулярные формы, называемые молекулярными кластерами. В их состав могут входить несовместимые по летучести элементы и соединения, что может привести к совместному испарению и переносу в газовой фазе летучих и нелетучих веществ. Кластерное испарение может играть важную роль в распределении элементов между газовой фазой и остаточным расплавом в различных высокотемпературных процессах и отразиться на составе продуктов испарения и конденсации. Целью настоящей работы являлось термодинамическое изучение закономерностей образования сложных газообразных оксидов, содержащихся в газовой фазе над соединениями и расплавами системы CaO–MgO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–TiO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> на основании экспериментальных данных, полученных масс-спектрометрическим эффузионным методом Кнудсена. Изучение сложных оксидов в газовой фазе при испарении муллита, шпинели и перовскита в зависимости от температуры выявило общую закономерность – сложные молекулы появляются в газе исключительно в области высокотемпературного испарения ( $T > 1900\text{--}2000\text{ K}$ ). Термодинамический анализ с помощью уравнения изобары Вант-Гоффа реакций образования сложных газообразных оксидов позволил объяснить механизм их происхождения и причину увеличения их количества в газовой фазе с ростом температуры.