

УДК 550

ХРОНИКА ВСЕРОССИЙСКОГО ЕЖЕГОДНОГО СЕМИНАРА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ 2024 ГОДА

© 2024 г. Е. В. Жаркова

Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, ул. Косыгина, 19, Москва, 119991 Россия

e-mail: zharkova@geokhi.ru

Поступила в редакцию 26.06.2024

После доработки 26.06.2024 г.

Принята к публикации 02.07.2024 г.

16–17 апреля 2024 года в Москве прошел Всероссийский ежегодный семинар по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии, организованный Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского и Институтом экспериментальной минералогии им. Д.С. Коржинского РАН. На семинаре были рассмотрены новые результаты экспериментальных исследований по основным направлениям: фазовые равновесия при высоких P - T параметрах; образование и дифференциация магм; взаимодействие в системах флюид-расплав-кристалл; гидротермальные равновесия и рудообразование; синтез минералов; термодинамические свойства минералов, расплавов и флюидов; планетология, метеоритика и космохимия; физико-химические свойства геоматериалов; экспериментальная геоэкология; методика и техника эксперимента. В работе семинара приняло участие более 260 ученых из 40 Российских научных Институтов и 6 зарубежных организаций, представлено более 140 докладов.

Ключевые слова: минералогия, петрология, геохимия, планетология, космохимия, фазовые равновесия, термодинамические свойства минералов, экспериментальная геоэкология, техника эксперимента

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Открывая заседание, с приветственным словом к участникам обратились сопредседатели Семинара д.г.-м.н. *О.А. Луканин* и д.г.-м.н., проф. РАН *О.Г. Сафонов*. После этого были заслушаны три пленарных научных доклада. *Котельников А.Р.*, *Сук Н.И.* (ИЭМ РАН), *Дамдинов Б.Б.* (ЦНИГРИ), *Котельникова З.А.* (ИГЕМ РАН), *Дамдинова Л.Б.* (ГИН СО РАН) рассмотрели вопросы происхождения флюидов в земной коре, их роль в процессах минерало- и петрогенеза. На основании обобщения экспериментальных работ по физико-химическому исследованию различных флюидных систем при высоких P - T параметрах была показана важная роль флюидов в процессах дифференциации корового вещества. *Сафонов О.Г.*, *Ходоревская Л.И.*, *Спивак А.В.*, *Косова С.А.*, *Вюрюс А.А.*, *Захарченко Е.С.* (ИЭМ РАН) представили результаты экспериментального исследования двух моделей формирования CO_2 при высокотемпературном метаморфизме. Первая модель представляет взаимодействие гранат-двуслюдяного сланца при 900 °С и 5 кбар с H_2O - CO_2 флюидом, в котором $X_{\text{CO}_2} = 0, 0.5$ и 1.0. Вторая модель воспроизводит образование CO_2 , сформированного *in situ*, вследствие реакций окисления графита, содержащегося в сланце, за счет O_2 , выделяющегося при восстановлении железа в железомagneзиальных минералах сланца.

Шацкий А.Ф. (ГЕОХИ РАН) в своем докладе рассказал о центре высоких давлений, организованном в ГЕОХИ РАН. В ноябре 2023 г. в Институт поступил комплекс современного оборудования для проведения экспериментов при высоких давлениях и температурах (до 30 ГПа и 2000 °С): многопуансонный пресс, аппарат цилиндр-поршень, высокотемпературные печи, включая печь с возможностью контроля окислительно-восстановительных условий, а также комплекс сопутствующего оборудования. Тематика исследований состоит в изучении фазовых диаграмм состояния вещества Земли и планет в широком диапазоне давлений и температур. Докладчик привел новые экспериментальные данные о фазовых взаимоотношениях и кинетике окислительно-восстановительных реакций с участием карбонатов при P - T параметрах верхней мантии Земли.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ ПРИ ВЫСОКИХ P-T ПАРАМЕТРАХ

Арефьев А.В., *Шацкий А.Ф.*, *Бехтенова А.Е.*, *Виноградова Ю.Г.* (ГЕОХИ РАН), *Литасов К.Д.* (ИФВД РАН) детально изучили фазовые взаимоотношения в системе пелит- CO_2 при 3–6.5 ГПа и 850–1500 °С. *Бенделиани А.А.* (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН),

Еремин Н.Н. (геол. ф-т МГУ), Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН) провели атомистическое моделирование восьми механизмов вхождения ионов Ti^{4+} и Cr^{3+} во флогопит при 1–7 ГПа и 373–1573 К с использованием программы GULP (General Utility Lattice Program), в основу которой положен принцип минимизации структурной энергии кристалла с помощью полуэмпирических межатомных потенциалов. Виноградова Ю.Г., Шацкий А.Ф. (ГЕОХИ РАН) исследовали кинетические особенности реакций в карбонат-оксидных смесях на примере системы $CaCO_3$ - $MgCO_3$ - Na_2CO_3 - Al_2O_3 - SiO_2 . Горбачев Н.С., Костюк А.В., Горбачев П.Н., Некрасов А.Н., Султанов Д.М. (ИЭМ РАН) экспериментально определяли влияние флюида С-О-Н-S состава на фазовые соотношения в системе базальт-(FeS+Fe) при 1250 °С, 0.5 ГПа. Жимулев Е.И., Сонин В.М., Чепуров А.И., Чепуров А.А. (ИГМ СО РАН) провели двухстадийные эксперименты с исходным источником углерода в виде антрацена в присутствии Fe-Ni-расплава при 5.5 ГПа, 1450 °С. Федькин В.В. (ИЭМ РАН) рассмотрел химическую неоднородность граната и разнообразие ее проявления в эклогит-глаукофансланцевых комплексах. Костюк А.В., Горбачев Н.С., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН) для изучения контаминации базальтовых расплавов серой и углеродом при взаимодействии с нефтегазонасыщенными породами платформенного чехла Норильского района поставили серию экспериментов, при 0.2–0.5 ГПа, 1200–1250 °С. Кошлякова А.Н., Шишкина Т.А. (ГЕОХИ РАН), Соболев А.В., Батанова В.Г. (ISTerre, France) выполнили эксперименты по распределению ванадия между оливином и расплавом с высоким содержанием щелочей в вертикальной трубчатой печи при температуре 1350 °С и давлении 1 атм методом петли в тигле при окислительно-восстановительных условиях, соответствующих буферам NNO и IW. Кузюра А.В., Спивак А.В., Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН), Криулина Г.Ю., Скрябина А.В. (геол. ф-т МГУ), Корепанов В.И. (ИПТМ РАН) минеральные включения в алмазе Уд-7–5 из кимберлитовой трубки Заполярная исследовали с применением КР-спектроскопии в плоскостях включений в алмазе и области алмаза. Куприянов И.Н., Сокол А.Г. (ИГМ СО РАН) методами колебательной спектроскопии провели качественный и количественный анализ азот содержащих компонентов в синтетическом к-кимристе. Литасов К.Д. (ИФВД РАН), Шацкий А.Ф., Арефьев А.В. (ГЕОХИ РАН) поставили эксперименты по взаимодействию мантийных пород и минералов с SiC при давлении 6 ГПа и 1100–1500 °С. Сокол А.Г., Козьменко О.А., Крук А.Н. (ИГМ СО РАН) исследовали особенности состава сверхкритического флюида в карбонат и хлорсодержащем пелите при высоких P-T параметрах. Спивак А.В., Кузюра А.В. (ИЭМ РАН), Криулина Г.Ю. (геол. ф-т

МГУ), Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН), Скрябина А.В. (геол. ф-т МГУ), Голунова М.А., Шарипова Н.Ю. (ИЭМ РАН) методом КР-спектроскопии изучали кристалл алмаза из трубки Заполярная Якутской алмазоносной кимберлитовой провинции. В нем обнаружили более 20 различных включений. Федькин В.В. (ИЭМ РАН) на примере Максютовского (Южный Урал) эклогит-глаукофансланцевого комплекса рассмотрел процессы и события возникновения и развития субдукционной структуры коровых эклогитов. Чареева П.В. (ИГЕМ РАН), Пузанова И.Г. (ИЭМ РАН, МИСИС), Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН), Бадмаева С.А., Зябченков В.О. (Ун-т “Дубна”), Никольский М.С., Межуева А.А., Ковальчук Е.В. (ИГЕМ РАН), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН) на закаленных образцах, полученных “сухим” методом, изучили фазовые отношения в системах Pt-Bi-Te, Pd-Bi-Te, Ni-Bi-Te при 450 и 550 °С. Чевычелов В.Ю., Вирюс А.А. (ИЭМ РАН) в результате экспериментов по низкобарическому плавлению известняка из пирометаморфического комплекса, содержащего 40 мас.% пелитового материала, при $T = 1300$ °С, $P = 12.3$ МПа и повышенном парциальном давлении CO_2 синтезировали карбонатно-алюмосиликатный расплав следующего состава (мас.%): 46.5 CaO, ~ 18.5 CO_2 , 14.3 SiO_2 , 10.0 Al_2O_3 , 3.0 Na_2O , 2.5 MgO, 0.7 TiO_2 , 0.4 K_2O .

ОБРАЗОВАНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МАГМ

Гнучев Я.Ю., Бычков Д.А., Коптев-Дворников Е.В. (геол. ф-т МГУ) в результате оптимизации получили плагиоклазовый композитометр, (система уравнений) воспроизводящий содержание главных минералов с точностью не хуже, чем ± 2.3 мол. % на 95 % уровне доверия для всех экспериментов как в сухих, так и в водосодержащих системах.

Еремин Д.Д. (МГУ), Арискин А.А. (МГУ, ГЕОХИ РАН), Соболев С.Н. (ГЕОХИ РАН), Коротаева Н.Н. (МГУ) оценили P-T параметры кристаллизации исходной магмы Мончегорского комплекса в Мурманской области. Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН) исследовала фазовые равновесия при кристаллизации мелилитового нефелинита при fO_2 соответствующей буферу QFM. Коногорова Д.В. (геол. ф-т МГУ), Титков С.В. (ИГЕМ РАН, РГГРУ), Бардухинов Л.Д. (ВГРЭ АК “АЛРОСА” (ПАО)), Гаранин В.К. (геол. ф-т МГУ, музей Ферсмана) впервые получили спектроскопические характеристики сине-фиолетовых алмазов из россыпей Анабара (северо-восток Сибирской платформы). Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Ананьев В.В. (ИВиС ДВО РАН), Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Криночкина О.К. (МГСТУ), Криночкин Л.А. (ИМГРЭ) провели экспериментальное и теоретическое моделирование кристаллизации долеритов Космозера (Заонежье, Карелия). Пшеницын И.В. (ГЕОХИ РАН), Арискин А.А. (ГЕОХИ РАН;

геол. ф-т МГУ) рассмотрели особенности платино-металльной минерализации малосульфидных анортозитов Йоко-Довыренского массива (Северное Прибайкалье, Россия).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СИСТЕМАХ ФЛЮИД-РАСПЛАВ-КРИСТАЛЛ

Алферьева Я.О., Григорьева Е.И. (геол. ф-т МГУ) при 750 °С и 1 кбар показали возможность взаимодействия фторсодержащего гранитного расплава и кальцита с интенсивным перераспределением компонентов и образованием новых фаз. Асавин А.М., Аносова М.О. (ГЕОХИ РАН) оценили коэффициенты распределения Zr, Hf, Nb, Ta и других редких элементов (кристалл/расплав) для оливина и клинопироксена. Установили, что коэффициенты распределения литофильных элементов достаточно чувствительны к температуре равновесия. Асавин А.М., Воробей С.С. (ГЕОХИ РАН) изучали распределение редких литофильных и редкоземельных элементов в равновесиях гранат-клинопироксен из мантийных нодулей в кимберлитовых трубках как показатель равновесности процессов обогащения редкими элементами при мантийном метасоматозе. Давыдов А.А., Бутвина В.Г., Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН) провели экспериментальное исследование реакций флогопитизации в системе гранат-энстатит-оливин в присутствии CO₂-H₂O-KCl флюида при 5 ГПа и 1100 °С. Девятова В.Н., Симакин А.Г. (ИЭМ РАН) рассмотрели интерметаллиды как индикаторы температуры и фугитивности кислорода. Коржинская В.С., Котельников А.Р., Сук Н.И., Ван К.В. (ИЭМ РАН) продолжили исследования растворимости твердого раствора Zr_{0,5}Hf_{0,5}SiO₄ в алюмосиликатном расплаве при температурах 800 и 1000 °С для давления 400 МПа в присутствии воды. Королева О.Н. (ГЕОХИ РАН, Ин-т минералогии УрО РАН) изучала кристаллизацию боросиликатного расплава, содержащего катионы Na и Cs. Персигов Э.С., Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЕМ РАН), Некрасов А.Н., Косова С.А. (ИЭМ РАН) представили новые экспериментальные данные по особенностям металл – силикатной ливкации в базальтовых расплавах при высоких давлениях водорода (1.2–2.7 ГПа) и температуре 1400 °С. Персигов Э.С., Бухтияров П.Г., Шапошникова О.Ю. (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЕМ РАН), Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН) получили новые экспериментальные данные по кристаллизации базальтовых расплавов при температуре 1200 °С и давлениях водорода (1.2–2.7 ГПа), позволившие понять возможную роль водорода в процессах, протекающих в базальтовых расплавах на границе земной коры и верхней мантии в восстановительных условиях ($f_{O_2} = 10^{-14} - 10^{-15}$). Русак А.А. (ГЕОХИ РАН),

Щекина Т.И., Зиновьева Н.Г., Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ) изучали распределение редкоземельных элементов (РЗЭ), скандия, иттрия и лития между алюмосиликатным (L) и алюмофторидным (LF) расплавами и водным флюидом (FI) при 800 °С, 1 и 2 кбар. Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Дамдинов Б.Б. (ЦНИГРИ), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Дамдинова Л.Б. (ГИН СО РАН), Хубанов В.Б. (ГИН СО РАН) экспериментально определяли растворимость фенакита (Be₂SiO₄) в алюмосиликатных расплавах при T = 1000 и 1100 °С и P = 1 и 4 кбар в сухих условиях и в присутствии 10 мас.% H₂O. Сук Н.И., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН) изучали растворимость касситерита (SnO₂) в алюмосиликатных расплавах различной щелочности при T = 900 °С и P = 2 кбар в сухих условиях и в присутствии 10 мас.% H₂O. Ходоревская Л.И., Косова С.А., Спивак А.В., Сафонов О.Г., Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН) исследовали частичное плавления гранат-двуслюдяного сланца с участием флюидов CO₂ и CO₂-H₂O при 5 кбар и 900 °С. Щекина Т.И. (геол.ф-т МГУ), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Алферьева Я.О., Зиновьева Н.Г. (геол.ф-т МГУ) провели моделирование процесса взаимодействия гранитного расплава с доломитом при 700 °С и P_{H₂O} = 1 кбар в присутствии фтора.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ РАВНОВЕСИЯ И РУДООБРАЗОВАНИЕ

Алексеев В.А., Мохов А.В., Громьяк И.Н. (ГЕОХИ), Белохин В.С. (МГУ) рассмотрели процесс переноса и осаждения кремнезема при взаимодействии базальта с водными растворами. Бугаев И.А. (ГЕОХИ РАН), Сидкина Е.С. (ГИН РАН), Коньшев А.А. (ИГ КарНЦ РАН) предложили методику по выщелачиванию элементов-поллютантов из техногенных отвалов и сделали первые предварительные выводы. Жариков А.В., Мальковский В.И., Юдинцев С.В. (ИГЕМ РАН) разработали новый метод, позволяющий в одном эксперименте установить проницаемость образцов и параметр Клинкенберга, который характеризует структуру порового пространства пород. Иванова Л.А., Каримова О.В., Никольский М.С. (ИГЕМ РАН) изучали полярит из Талнахского рудного поля Норильского района, отличающийся повышенным содержанием свинца. Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Дамдинов Б.Б. (ЦНИГРИ), Дамдинова Л.Б. (ГИН СО РАН) провели экспериментальное моделирование транспорта рудного вещества и образования рудных парагенезисов. Котова Н.П. (ИЭМ РАН) получила экспериментальные данные по растворимости оксида ниобия в растворах LiF с концентрацией 0.03 и 0.1m при T = 550 °С и P = 50, 100, 200 и 500 МПа. Котова Н.П., Коржинская В.С. (ИЭМ РАН) представили данные по растворимости пироклора и оксида ниобия в растворах HF, KF, NaF в диапазоне концентраций 0.01–2 m

и в растворах LiF с концентрациями 0.03–0.1 м при $T = 300\text{--}550\text{ }^\circ\text{C}$, $P = 50\text{--}100\text{ МПа}$ и низкой фугтивности кислорода (буфер Со-СоО). *Лантев Ю.В. (ИГМ СО РАН)* провел расчетное моделирование особенностей физико-химического поведения золота в сульфатно-хлоридных флюидах с углекислотой. *Мироненко М.В. (ГЕОХИ РАН)* представил программный комплекс GEOSNEQ для термодинамического моделирования геохимических систем: структура и содержимое базы данных, алгоритм расчета химических равновесий. *Новиков М.П., Горбачев П.Н. (ИЭМ РАН)* рассмотрели влияние P - T параметров на стабильность рабдофанита (рабдофана). *Симакин А.Г., Шапошникова О.Ю., Девятова В.Н. (ИЭМ РАН), Исаенко С.И. (ИГ УрО РАН, Сыктывкар), Тютюнник О.А. (ГЕОХИ РАН)* исследовали поведение Pt и Pd в маловодном флюиде с преобладанием CO_2 и СО в присутствии углерода (буфер ССО) при $T = 950\text{--}1000\text{ }^\circ\text{C}$ и $P = 200\text{ МПа}$. *Таусон В.Л., Липко С.В., Бабкин Д.Н., Смагунов Н.В., Белозерова О.Ю. (ИГХ СО РАН)* изучили образование сфалерита с примесями Au и Ag в процессе гидротермальной кристаллизации ZnS при $450\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 100 МПа.

СИНТЕЗ МИНЕРАЛОВ

Антоновская Т.В. (независимый исследователь-геолог, Ухта, Республика Коми) рассмотрела роль глубинных газовых флюидов в генерации углеводородов нефтегазоматеринских толщ осадочного чехла. *Бубликова Т.М., Сеткова Т.В., Балицкий В.С., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)* провели эпитаксиальное наращивание синтетического малахита на образцы природного малахита месторождения Колвези (Др Конго). *Бутвина В.Г., Лиманов Е.В., Сафонов О.Г., Ван К.В. (ИЭМ РАН)* исследовали образование рихтерита/к-рихтерита в присутствии флюида $\text{K}_2\text{CO}_3\text{-(+Na}_2\text{CO}_3\text{)-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ при 5.0 ГПа. *Бутвина В.Г., Сафонов О.Г., Ван К.В. (ИЭМ РАН)* изучали парагенезисы, характерные для ультрамафических лампрофиров при высоких P - T параметрах. *Ковальская Т.Н. (ИЭМ РАН), Ермолаева В.Н. (ИЭМ РАН, ГЕОХИ РАН), Ковальский Г.А., Варламов Д.А. (ИЭМ РАН), Чуканов Н.В. (ФИЦ ПХФ и МХ РАН), Чайчук К.Д. (ИЭМ РАН)* провели синтез цирконо- и титаносиликатов в условиях высокой щелочности. *Котельников А.Р., Сук Н.И., Ахмеджанова Г.М. (ИЭМ РАН), Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН), Дрожжина Н.А. (ИЭМ РАН)* методом гидротермальной кристаллизации при $550\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 1.5 кбар синтезировали галлий-содержащие полевые шпаты KGaSi_3O_8 и $\text{RbGaSi}_3\text{O}_8$. *Котельников А.Р., Сук Н.И., Ахмеджанова Г.М., Дрожжина Н.А. (ИЭМ РАН)* получили рубидиевый полевой шпат из стекла состава $\text{RbAlSi}_3\text{O}_8$ методом гидротермальной рекристаллизации при $650\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 2 кбар. *Пузанова И.Г. (Универ. науки и технологий МИСИС,*

ИЭМ РАН), Попов Е.А. (Гос. Универ. "Дубна", ИЭМ РАН), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН, Гос. Универ. "Дубна") синтезировали кристаллические фазы – аналоги природных минералов в системах Cu-Fe-S и Cu-Fe-Se. *Редькин А.Ф. (ИЭМ РАН), Ионов А.М. (ИФТТ РАН), Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН), Подображных А.Д. (МГУ), Можиль Р.Н. (ИФТТ РАН)* провели гидротермальный синтез и изучили свойства интерметаллидов платины и сурьмы. *Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН), Верещагин О.С. (СПбГУ), Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Горелова Л.А. (СПбГУ)* гидротермальным методом температурного перепада при $600/650\text{ }^\circ\text{C}$ и 100 МПа в растворах борной кислоты на эльбаитовые затравки впервые вырастили кристаллы высоко ванадиевого турмалина. *Сеткова Т.В., Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Горелова Л.А., Верещагин О.С. (СПбГУ), Ковалев В.Н., Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН)* в гидротермальных щелочных условиях при температуре $600/650\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 100 МПа синтезировали пластинчатые кристаллы с составом $\text{NaAl}_2(\text{AlGe}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ размером до 700 мкм. *Спивак А.В., Сеткова Т.В., Искрина А.В., Кузюра А.В., Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН), Хасанов С.С. (ИФТТ РАН), Квас П.С. (МГУ)* получили новое соединение GaGeO_3OH – аналог фазы EGG. начали серию тестовых экспериментов по фазовым отношениям в системе $\text{GeO}_2\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ при 6 ГПа и температуре $950\text{ }^\circ\text{C}$ и синтезировали новую фазу состава $\text{GeO}_2 - 43.6\text{ Ga}_2\text{O}_3 - 42.50\text{ масс.}\%$ (сумма до 90 масс.%) с размером кристаллов до 10 мкм.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ, РАСПЛАВОВ И ФЛЮИДОВ

Александрович О.В., Мисюра М.А., Бушмин С.А., Мамыкина М.Е., Савва Е.В. (ИГГД РАН) предложили термодинамическую модель флюидной системы $\text{H}_2\text{O-LiCl-NaCl}$ в диапазоне температур от -75 до $+300\text{ }^\circ\text{C}$, включающую низкотемпературные фазовые переходы продуктов замораживания водно-солевых включений. *Бричкина Е.А., Воронин М.В., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)* рассчитали термодинамику равновесия трехкомпонентных фаз в системе Ag-Au-Te с помощью метода ЭДС. *Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В., Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ)* исследовали термическое поведение атакамита из палеофумарол моногенного вулкана – конуса высота 1004 м (Толбачик, Камчатка, Россия). *Вигасина М.Ф., Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Дедушенко С.К. (НИТУ МИСИС), Ксенофонтов Д.А., Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ)* провели спектроскопическое и термохимическое изучение дестинезита $\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})\cdot 6\text{H}_2\text{O}$. *Вяткин С.В. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол.*

ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН) методом ЭПР спектроскопии изучали образец амблигонита из редкометальных пегматитов Вороньих тундр (Кольский п-ов, Россия). Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Мельчакова Л.В., Вигасина М.Ф., Ксенофонтов Д.А., Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ) исследовали термическое разложение природного водного основного фосфата железа – сантабарбарайта. Иванов М.В. (ИГГД РАН) представил новые численные термодинамические модели тройных флюидных систем $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ и $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{CaCl}_2$ для температур ниже критической точки воды и давлений от 0.2 до 1.4 кбар. Иванова А.Н., Москаленко И.В., Новиков А.С. (Университет ИТМО) провели квантово-химическое моделирование термодинамических свойств аквакомплексов кобальта в экстремальных условиях. Корепанов Я.И., Чареев Д.А., Осадчий В.О., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН) в тройной системе Ag-Pd-Se методом ЭДС в электрохимической ячейке с твердым электролитом AgI определили температурную зависимость электродвижущей силы в гальванической ячейке в диапазоне температур 373–773 К. Мельчакова Л.В., Вигасина М.Ф., Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ) выполнили термическое изучение дестинезита $\text{Fe}_2^{3+}(\text{PO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ из карьера Высочаны (Глоубетин, Чехия). Плясунов А.В., Черкасова Е.В. (ГЕОХИ РАН) проанализировали два метода корреляции и предсказания парциальных мольных объемов при температурах более 100 °С: 1) на основе т.н. “плотностной модели” и 2) на основе соотношений флуктуационной теории растворов. В качестве примера рассмотрели многочисленные данные для NaCl (212 точек) и NaOH (75 точек), измеренные до температур 400 °С и давлений до 400 МПа. Полотнянко Н.А. (Гос. Универ. “Дубна”), Тюрин А.В. (ИОНХ РАН), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН, Гос. Универ. “Дубна”) получили термодинамические характеристики диарсенида платины, синтетического аналога минерала сперрилита. Селютин Н.Е. (ИЭМ РАН, Университет Отаго), Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН, МГУ), Дымшиц А.М., Гладкочуб Е.А. (ИЗК СО РАН), Янаскурт В.О. (МГУ), Варламов Д.А. (ИЭМ РАН), Шарыгин И.С. (ИЗК СО РАН) изучали P-T и флюидные условия преобразования ксенолита ортопироксен-кварц-полевошпатовой породы из кимберлитовой трубки Удачная, Якутия. Тюрин А.В. (ИОНХ РАН), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН, Гос. Универ. “Дубна”), Полотнянко Н.А. (Гос. Универ. “Дубна”), Хорошилов А.В. (ИОНХ РАН), Чареева П.В. (ИГЕМ РАН) продолжили исследования термодинамических свойств халькогенидов благородных металлов, встречающихся в природе в виде минералов. Шорников С. И. (ГЕОХИ) выполнил теоретические расчеты

термодинамических свойств расплавов в системах $\text{Na}_2\text{O}-\text{P}_4\text{O}_{10}$, $\text{K}_2\text{O}-\text{P}_4\text{O}_{10}$ и $\text{FeO}-\text{P}_4\text{O}_{10}$ в области температур 600–1900 К с помощью полуэмпирической модели (Шорников, 2019) с целью уточнения ее параметров.

ПЛАНЕТОЛОГИЯ, МЕТЕОРИТИКА И КОСМОХИМИЯ

Агапкин И.А., Сорокин Е.М. (ГЕОХИ РАН), Матвеев Е.В. (НИИ ПМТ) представили результат начального этапа исследований по применению селективного лазерного спекания на образцах аналога лунного грунта. Базиловский А.Т. (ГЕОХИ РАН), Ли Юань (Сучжоуский университет, Китай) по цифровым моделям поверхности, полученным по данным лазерного альтиметра LOLA, изучили морфологию лунной поверхности днищ южнополярных кратеров Хаурот (D = 51 км), Шумейкер (51 км) и Фаустини (39 км), а также “нормально” освещенных районов работы Лунохода-2 и Аполлона-16. Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН) обсудил феномен макроскопических флуктуаций, обнаруженных С.Э. Шнолем при изучении вариаций биохимических реакций, распада радиоактивных ядер и шумов полупроводниковых устройств под действием околоземных космофизических факторов. Воропаев С.А., Федуров В.С., Душенко Н.В., Кривенко А.П., Жаркова Е.В., Наймушин С.Г. (ГЕОХИ РАН) с помощью газовой хроматографии сделали количественную оценку выделения воды при ступенчатом нагреве в гелии до 1000 °С оливинов из авачитов (Камчатка) и кимберлитов трубки Мир (Якутия). Глазовская Л.И. (геол. ф-т МГУ), Пирязев А.А. (хим. ф-т МГУ, ИПХФ РАН, Черноголовка), Щербаков В.Д. (геол. ф-т МГУ) представили петрологические доказательства плавления циркона в зювитах Логойской структуры. Горбачев П.Н., Безмен Н.И. (ИЭМ РАН) провели эксперименты, которые были направлены на моделирование хондритовой структуры каменных метеоритов с использованием модельного состава, состоящего из металлических, оксидных и силикатных фаз, отвечающему углистым хондритам С1. Гусева Е.Н., Иванов М.А. (ГЕОХИ РАН) проанализировали особенности пространственного распределения: корон, крупных кольцевых структур, поверхностных проявлений магматических диапиров и вулканов Венеры, центров активности с расходящимися из них лавовыми потоками. Дунаева А.Н., Кронрод В.А., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН) построили тепловые модели железокремнистого ядра Титана С1 или L/LL хондритового состава с примесью низкоплотной органической компоненты. Иванов М.А. (ГЕОХИ РАН), Хэд, Дж.У. (Университет Брауна, США) провели количественную морфометрическую классификацию

крупных вулканов Венеры. *Иванов М.А. (ГЕОХИ РАН), Хэд, Дж.У. (Университет Брауна, США), Хизенгер, Х. (Мюнстерский Университет, ФРГ)* оценили мощность вулканитов в регионе Моря Изобилия, где совершила посадку станция Луна-16, используя спектральные, морфометрические и статистические методы. *Ипатов С.И. (ГЕОХИ РАН)* рассмотрел вероятность миграции тел, выброшенных с Земли и Луны. *Ипатов С.И. (ГЕОХИ РАН)* решал задачу миграции тел в экзопланетных системах Проксима Центавра и Траппист 1. *Камашева С.К. (МГРИ), Рязанцев К.М. (ГЕОХИ РАН)* провели исследование, которое показало большое разнообразие основных и ультраосновных пород, представленных в виде ксенолитов в метеорите Vaca Muerta, что указывает на сложное комплексное строение коры родительского тела. *Клюева М.В. Слюта Е.Н. (ГЕОХИ РАН)* применили метод термоадсорбционной масспектрометрии для поиска несоразмерных фаз в кремнии. Выявили три фазовых перехода: р-s переход, относящийся к фазовому превращению первого рода, s-t и t-c относятся к фазовым превращениям второго рода с образованием промежуточных фаз. *Козлова Н.А., Зубарев А.Э., Надеждина И.Е. (МИИГАиК), Базилевский А.Т. (ГЕОХИ РАН), Иванов Б.А. (ИДГ РАН), Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН)* на основе анализа изображений, полученных миссией Cassini, построили 3D-модель спутника Сатурна Гипериона. *Кронрод В.А., Кронрод Е.В., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН)* предложили модели теплового режима Луны с учетом теплофизических свойств коры и ограничений, следующих из сейсмических данных. *Кронрод Е.В., Кронрод В.А., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН)* методом МСМС (метод Монте-Карло по схеме цепей Маркова) провели совместную инверсию геофизических (сейсмических и селенодизических) и ГЕОХИмических (валовый состав мантии Луны) данных. *Кулик Е.А., Гудкова Т.В. (ИФЗ РАН)* предприняли попытку оценить возможные значения вязкости мантии для моделей внутреннего строения Марса при различных значениях железистого числа. *Лаврентьева З.А., Люль А.Ю. (ГЕОХИ РАН)* изучали микроэлементный состав размерных фракций, выделенных из энстатитового ахондрита Песьяное. *Лахманова Л.А. (ГЕОХИ РАН; геол. ф-т МГУ), Демидова С.И. (ГЕОХИ РАН)* исследовали минералы группы шпинели в лунных материковых метеоритах DHO FAR 025, 311 и NWA 11828, так как они являются важным источником информации о зарождении и эволюции магм Луны. *Максе Л.П. (ОДО “СТРИМ”, Могилев, Беларусь)* пришла к выводу, что формы и морфология частиц космической пыли, исследованных и представленных во многих опубликованных научных работах, закономерны и обусловлены явлением адиабатического сдвига. *Малышев Д.Г. (ГЕОХИ РАН), Эрнст Р.Э. (Карлетонский университет, Оттава, Канада), Иванов М.А. (ГЕОХИ РАН)* рассмотрели геологическую историю вулкана Самодива Монс на Венере. *Миронов Д.Д. (ГЕОХИ РАН, ИЭ РУДН), Гришакина Е.А. (ГЕОХИ РАН), Барбашин Д.Д. (ГЕОХИ РАН, Фак. Почвоведения МГУ)* представили ГЕОХИмическую характеристику осадочных отложений пустыни Сахара. *Миронов Д.Д. (ГЕОХИ РАН, ИЭ РУДН), Уварова А.В., Маковчук В.Ю., Турчинская О.И. (ГЕОХИ РАН), Барбашин Д.Д. (ГЕОХИ РАН, ф-т почвоведения МГУ)* для создания естественного испытательного полигона по подготовке к лунным пилотируемым миссиям подбирали пробные площадки в районе Толбачинского дола (Камчатка). *Мухамеджанова А.Э. (ГЕОХИ РАН)* выявила наиболее вероятный вариант происхождения долин северо-востока земли Киммерия на Марсе. *Надеждина И.Е., Зубарев А.Э. (Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК))* с помощью снимков, сделанных марсианским вертолетом Ingenuity, изучали малые поперечные Эоловые хребты в районе кратера Езеро. *Никитин С.М. (ЛП ООО “ЛС-КАМ”), Скрипник А.Я. (ГЕОХИ РАН)* провели исследования по сопоставлению в распределении прочности внутри фрагментов метеорита Царев, которое позволило обратить особое внимание на дискретный характер ультразвуковой анизотропии хондритов, подчеркивающий иерархичность дефектной структуры, возможно обусловленной разными событиями в истории метеоритов. *Подлепина Д.М., Клюева М.В., Дудченко В.А. (ГЕОХИ РАН)* представили результаты моделирования ионизационных потерь энергии ионов водорода при взаимодействии с основными породообразующими минералами лунного реголита, а также с кварцем. *Портнов А.М. (МГРИ)* изучал шоковую морфологию поверхности Марса и стабильный маггемит, который является индикатором шоковых событий на Земле и на Марсе. *Феррейра Р.Т. (Национальный университет Аргентины, г. Кордова), Шпекин М.И., Шишкина В.С. (КФУ, г. Казань), Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН, г. Москва)* рассмотрели элементы рельефа в кратере Эйткен (самый большой кратер Луны), которые исследовали методами орбитальной фотограмметрии. *Фисенко А.В., Семенова Л.Ф., Павлова Т.А. (ГЕОХИ РАН)* с целью определения фаз носителей потенциально первичных компонентов ксенона в обогащенных наноалмазом фракциях (ОНФ) метеоритов провели анализ кинетики их выделения при ступенчатом окислении ОНФ Murchison. *Хисина Н.Р., Сорокин Е.М. (ГЕОХИ РАН)* методами ТЕМ и рамановской спектроскопии (RS) исследовали участок локального ударного плавления – “расплавный карман” (MP), обнаруженный в одном из силикатных

включений железного метеорита Эльга. *Цельмович В.А. (ГО “Борок” ИФЗ РАН), Фронтасьева М.В. (Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка, ОИЯИ, Дубна), Гувер Р.Б. (Центр космических полетов им. Дж. Маршалла, НАСА, США)* представили результаты электронно-микроскопического изучения морфологии и состава космической пыли из мха *Cladonia rangiferina*, собранного в экспедиции “Арктический Плавающий университет-2022: Меняющаяся Арктика” на корабле “Профессор Молчанов” в июне 2022 года на одной из высадок на Новой Земле. *Цельмович В.А. (ГО “Борок” ИФЗ РАН), Шельмин В.Г. (ООО “Эко-монитор”, г. Томск), Максе Л.П. (ОДО “СТРИМ”, Могилев, Республика Беларусь), Куражковский А.Ю. (ГО “Борок” ИФЗ РАН)* проводили поиск микроскопических следов Чулымского боида, взорвавшегося в 1984 году. *Яковлев О. И., Шорников С.И. (ГЕОХИ РАН)* рассмотрели особенности испарения внешних зон Са–Al-включений хондритов.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕОМАТЕРИАЛОВ

Абрамова Е.С., Сафонов А.В., Стефановская О.И. (ИФХЭ РАН) сделали оценку биогенного и биогенно-опосредованного воздействия подземной биоты на материалы матриц для радиоактивных отходов (РАО). *Бубликова Т.М., Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН), Терентьев А.А., Мумятова В.А. (ФИЦ ПХФ и МХ РАН), Дрожжина Н.А., Балицкий В.С. (ИЭМ РАН)* провели эксперименты по перекристаллизации основного карбоната меди в растворах гидроксида аммония в кристаллизаторах рециркуляционного типа в условиях градиента температур 45–50/70–75 °С (растворение/кристаллизация). *Гавриличева К.А., Баркалов О.И., Ионов А.М. (ИФТТ РАН), Шулятев Д.А. (НИТУ МИСИС)* исследовали превращения, происходящие в чароите при нагреве методами масс-спектрометрии, дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК-ТГ), рентгеновской дифракции и спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС). *Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Огородова Л.П., Вигасина М.Ф., Ксенофонтов Д.А., Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ), Дедушенко С.К. (НИТУ МИСИС)* методом калориметрии изучали сантабарбарит из Камыш-Бурунского железорудного месторождения Крыма. *Ковалев В.Н., Спивак А.В., Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН), Томас В.Г., Гаврюшкин П.Н. (НГУ, ИГМ СО РАН), Фурсенко Д.А. (ИГМ СО РАН), Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН)* провели сравнительный анализ устойчивости фенакита Be_2SiO_4 и германата бериллия Be_2GeO_4 при высоком давлении. *Кузин А.М. (ИПНГ РАН)* предложил модель консолидированной коры месторождений

углеводородов ВЕП и преобразование упругой энергии в энергию физико-химических реакций. *Кузин А.М. (ИПНГ РАН)* проанализировал сейсмические данные и показал, что параметр отношения скорости продольной волны к скорости поперечной волны (V_p/V_s) может служить прогнозным признаком рудной минерализации. *Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Вигасина М.Ф., Ксенофонтов Д.А., Мельчакова Л.В., Вяткин С.В. (геол. ф-т МГУ)* занимались физико-химическим изучением минералов серии амблигонит $LiAlPO_4F$ – монтебразит $LiAlPO_4(OH)$ методами порошковой рентгенографии, ИК, КР и ЭПР спектроскопии, электронно-зондового и термического анализов. *Родкин М.В. (Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, ИФЗ РАН)* рассмотрел изменение характера сейсмического разрушения с глубиной в литосфере. *Родкин М.В. (ИПНГ РАН, ИМГиГ ДВО РАН), Пунанова С.А. (ИПНГ РАН), Мартынова Г.С. (Институт Геологии и Геофизики Министерство науки и образования Азербайджана)* представили результаты геохимических исследований продуктов деятельности грязевых вулканов и нефтей месторождений западного борта Южно-Каспийской впадины. *Федяева М.А., Лепешкин С.В. (ГЕОХИ РАН, Сколтех), Чуканов Н.В. (ФИЦ ПХФ и МХ), Оганов А.Р. (ГЕОХИ РАН, Сколтех)* исследовали механизмы превращений полисульфидных включений в минералах группы содалита (гаюин, лазурит, слюдянкаит) в рамках теории функционала плотности (DFT).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ

Барбашин Д.Д. (ГЕОХИ РАН, ф-т почвоведения МГУ), Чепцов В.С. (ф-т почвоведения МГУ, ИКИ РАН), Белов А.А. (фак. почвоведения МГУ) проверили устойчивость галотолерантных микроорганизмов к воздействию перхлората натрия. *Барбашин Д.Д. (ГЕОХИ РАН, ф-т почвоведения МГУ), Громьяк И.Н. (ГЕОХИ РАН), Миронов Д.Д. (ГЕОХИ РАН, ИЭ РУДН), Валяев Д.А. (ф-т почвоведения МГУ), Иванова А.Е. (ф-т почвоведения МГУ, ИПЭЭ РАН), Чепцов В.С. (ф-т почвоведения МГУ, ИКИ РАН), Уварова А.В., Дудченко В.А. (ГЕОХИ РАН)* провели эксперимент по биологическому выщелачиванию аналога лунного реголита с использованием культуры *Aspergillus tubingensis* в рамках лунной программы. *Дроздова О.Ю., Лапицкий С.А. (геол. ф-т МГУ)* изучали геохимические характеристики и нормированные закономерности содержания редкоземельных элементов в 16 пробах вод, взятых из рек и озер умеренных и бореальных регионов России. *Мартынов К.В., Андрищенко Н.Д., Захарова Е.В. (ИФХЭ РАН)* для учета изменения концентраций предложили метод обработки результатов сорбционных экспериментов

на основе кинетических кривых, который проиллюстрировали расчетами K_d для сорбции Sr, Cs, U, Np, Pu, Am на глинистых материалах из выщелатов модельных боросодержащих стекол. *Мельникова И.М. (ИГЕМ РАН, АО "Гиредмет")* рассмотрела вопрос инкорпорирования актинидов в титанатно-цирконатные кристаллические матрицы на основе фаз со структурами пирохлора, рутила и ромбического титаната неодима (природные аналоги отсутствуют). *Миронов Д.Д. (ГЕОХИ РАН, ИЭ РУДН), Гришакина Е.А. (ГЕОХИ РАН), Барбашин Д.Д. (ГЕОХИ РАН, Фак. Почвоведения МГУ)* представили геохимическую характеристику осадочных отложений пустыни Сахара. *Салаватова Д.С., Бычков Д.А., Фяйзуллина Р.В. (геол. ф-т МГУ)* изучали адсорбционные свойства песчано-гелевого материала в отношении ионов ртути (II) в присутствии других металлов. *Сафонов А.В., Попова Н.М. Артемьев Г.Д. (ИФХЭ РАН)* оценили роль микробных биопленок в аккумуляции минералообразующих элементов в подземных водах и дальнейшем формировании аутигенных минералов биогеохимического барьера. *Силаев М.В., Гроховский В.А., Ковальский А.М. (ИЦ Арамко), Питер Биркли (Центр разведки и нефтяной инженерии, Дархано, Саудовская Аравия)* с целью минимизации предела обнаружения щелочных и щелочноземельных элементов, модифицировали метод почвенных вытяжек для геохимического картирования аридных ландшафтов. *Симакина Я.И., Кузьмина Т.Г., Михайлова А.В., Сенин В.Г. (ГЕОХИ РАН)* провели эксперимент

по определению элементного состава природной воды с использованием полиакриламидного геля и метода рентгеновской флуоресцентной спектроскопии.

МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Бржезинский А.С., Ермолин М.С., Шилобреева С.Н., Федотов П.С. (ГЕОХИ РАН) предложили методику выделения и анализа наночастиц вулканического пепла. *Зуев Б.К., Зайцева А.Е. (ГЕОХИ РАН)* в процессе исследования термодеструкции полипропилена методом окситомографии обнаружили эффект перемещения органического вещества в градиентном температурном поле. *Молчанов В.П. (ДВГИ ДВО РАН), Медков М.А., Иванников С.И. (ИХ ДВО РАН)* разработали технологию гидродифторидного извлечения золота из россыпей ультрабазитов Сихотэ-Алиня (Приморье). *Роскина Е.Г., Слюта Е.Н. (ГЕОХИ РАН)* применили метод термодесорбционной масс-спектрометрии в исследовании процессов образования протонной воды в лунном реголите. *Чевычелов В.Ю., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)* создали специальную методику для проведения экспериментов по плавлению карбонатно-силикатных пород при повышенном парциальном давлении CO_2 .

Краткие тезисы докладов размещены на сайте ГЕОХИ РАН.

Электронный адрес: <http://www.geokhi.ru/gasempg/SitePages>

Работа выполнена по госзаданию ГЕОХИ РАН.