

## ХРОНИКА ВСЕРОССИЙСКОГО ЕЖЕГОДНОГО СЕМИНАРА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ 2023 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 02.11.2023 г.

После доработки 08.11.2023 г.

Принята к публикации 08.11.2023 г.

11–12 апреля 2023 года в Москве прошел юбилейный 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 около 250 ученых из 37 Российских научных Институтов и 7 зарубежных организаций, представлено более 160 докладов.

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

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Пленарное заседание открылось сообщением одного из сопредседателей семинара *О.А. Луканина (ГЕОХИ РАН)*, посвященным знаменательным для геохимиков-экспериментаторов юбилейным датам 2023 года: 120-летию со дня рождения член-корр. АН СССР Николая Ивановича Хитарова – организатора и научного руководителя ежегодного семинара экспериментаторов и 90-летию со дня рождения профессора, доктора геол.-мин. наук Арнольда Арнольдовича Кадика. Было рассказано о жизненном и творческом пути выдающихся ученых, их главных научных достижениях в области экспериментального и теоретического изучения глубинных процессов. После этого было заслушано два научных доклада. *Сафонов О.Г., Митяев А.С., Ходоревская Л.И., Косова С.А. (ИЭМ РАН)* представили доклад –  $\text{CO}_2$  и плавление континентальной коры. Докладчик отметил, что присутствие первичных включений, содержащих  $\text{CO}_2$ , дочерние карбонатные фазы и графит, и сосуществование таких включений с включениями силикатных расплавов в минера-

лах мигматитов и гранитоидов различного состава иллюстрируют связь между гранитообразованием и активностью углекислых флюидов в областях высокотемпературного метаморфизма и анатексиса в нижней и средней континентальной коре. Однако экспериментальные данные предоставляют противоречивые результаты о роли этих флюидов в гранитообразовании в условиях метаморфизма. Большая их часть демонстрирует негативное влияние  $\text{CO}_2$  на плавление кварц-полевошпатовых ассоциаций. Тем не менее, отдельные эксперименты указывают на возможную позитивную роль  $\text{CO}_2$  в плавлении богатых слюдами ассоциаций. Авторы отметили, что одним из перспективных направлений в решении вопроса связи углекислых флюидов и гранитоидных магм может быть модель, согласно которой источником для магм и флюидов в отдельных случаях могли служить породы, изначально содержавшие карбонатные минералы или графит.

*Поляков В.Б., Мироненко М.В., Аленина М.В. (ГЕОХИ РАН)* показали расширенные возможности комплекса GEOCHEQ\_ISOTOPE для совместного расчета

химических и изотопных равновесий на изотопы железа. В список независимых компонентов включили изотопы  $^{56}\text{Fe}$  и  $^{54}\text{Fe}$  вместо элемента Fe. В список зависимых компонентов добавили соответствующие изотопологи. Энергия Гиббса  $^{56}\text{Fe}$  изотопологов приняли равной энергии элемента Fe. Энергии Гиббса  $^{54}\text{Fe}$  изотопологов рассчитали через соответствующие  $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$   $\beta$ -факторы аналогично тому, как это ранее делали для  $^{13}\text{C}$  и  $^{18}\text{O}$  изотопологов. Изотопные равновесия рассчитывались, считая смесь изотопов идеальной. Расчет равновесий проводился методом минимизации энергии Гиббса. Развитие комплекса потребовало создание согласованной базы данных по  $^{56}\text{Fe}/^{54}\text{Fe}$   $\beta$ -факторам. Критерием отбора для включения в базу данных являлось согласие температурных зависимостей  $\beta$ -факторов, полученных разными методами. Привели примеры совместного расчета химических и С-О-Fe изотопных равновесий в гидротермальной системе.

#### ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ ПРИ ВЫСОКИХ P-T ПАРАМЕТРАХ

*Арефьев А. В., Шацкий А. Ф., Бехтенова А. Е. (ГЕОХИ РАН), Литасов К. Д. (ИФВД РАН)* представили данные о фанолит-карбонатитовой жидкостной несмесимости при P-T параметрах верхней мантии. Эксперименты проводили на многопуансонном прессе в интервале 3–6 ГПа и 1050–1500 °С. Показали, что составы несмесимого фанолитового и карбонатитового расплавов эволюционируют от ультракалиевых с весовым отношением  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 10\text{--}14$ , близким к карбонатитовым и силикатным микровключениям в алмазах, до умеренно калиевых ( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1\text{--}2$ ), близким к фанолитовым стеклам из мантийных ксенолитов шпинелевой фации. *Бенделиани А. А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Бобров А. В. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН, ИЭМ РАН), Бинди Л. (ун-т Флоренции), Ирифуне Т. (ун-т Эхиме)* изучили системы GLOSS и GLOSS-перидотит, моделирующие трансформации океанического осадка с давлением в зонах субдукции, а также его взаимодействие с мантийным субстратом при 7–24 ГПа в диапазоне температур 900–1400 °С. Условия кристаллизации и состав полученных минеральных фаз (гранат, пироксен, бриджманит, фазы D и Egg) определили возможность их использования в качестве индикаторов протолита в верхней мантии (7–12 ГПа), переходной зоне (18 ГПа) и самой верхней части нижней мантии Земли (24 ГПа). *Виноградова Ю. Г., Шацкий А. Ф., Арефьев А. В. (ГЕОХИ РАН), Литасов К. Д. (ИФВД РАН)* исследовали систему диопсид-жадеит- $\text{CO}_2$  при 3–6.5 ГПа применительно к устойчивости  $\text{CO}_2$ -флюида в мантии Земли. *Виноградова Ю. Г., Шацкий А. Ф., Арефьев А. В. (ГЕОХИ РАН), Литасов К. Д. (ИФВД РАН)* рассмотрели фа-

зовые взаимоотношения в системе гранат- $\text{CO}_2$  в интервале составов пироп-гроссуляр при 3–6 ГПа и 900–1500 °С. В результате были построены T-X диаграммы при 3, 4.5 и 6 ГПа. Установили положения линий реакции карбонатизации и солидуса системы в P-T координатах. Полученные экспериментальные данные сопоставили с результатами расчетов в программном пакете Perple\_X. *Горбачев Н. С., Костюк А. В., Горбачев П. Н., Некрасов А. Н., Султанов Д. М. (ИЭМ РАН)* изучали распределение Co, Ni, Re, Os, Pt между Fe-металлическим и Fe-сульфидным расплавами системы Fe-S-C при 4 ГПа и 1400 °С. *Грязнов И. А., Карпович З. А. (ИГМ СО РАН)* продемонстрировали результаты по растворению плоскогранных кристаллов алмаза октаэдрического габитуса в расплавах Fe-Ni-S “доэвтектических” составов при 4.0 ГПа и 1400 °С. *Жимулев Е. И., Сонин В. М., Чепуров А. И., Томиленко А. А., Чепуров А. А. (ИГМ СО РАН)* провели исследование флюидной фазы, захваченной синтетическими алмазами типа Па при росте по НРНТ технологии при 5.5–6.0 ГПа и 1350–1400 °С. Установили, что введение металлического Ti в ростовую систему приводит к концентрированию азота в основном в виде азотсодержащих углеводородов. *Федькин В. В. (ИЭМ РАН)* рассмотрел когерентные процессы метаморфических и метасоматических преобразований в разнородных комплексах базитовых коровых эклогитов – Максютковском на Южном Урале и Атбашинском на Южном Тянь-Шане. *Жимулев Е. И., Чепуров А. И., Сонин В. М., Чепуров А. А., Грязнов И. А. (ИГМ СО РАН)* экспериментально апробировали предложенную ранее модель миграции Fe и FeNi расплавов через твердую силикатную матрицу, состоящую из зерен оливина, с интерстициями, заполненными следующими составами: графитом, серой, смесью графита с серой, антраценом при 5.5 ГПа и 1600 °С. Результаты экспериментов показали, что легкие элементы, такие как C, S, а также их соединения с водородом (на примере антрацена) могли играть важную роль в процессе дифференциации внутренних оболочек Земли. *Иванов М. В. (ИГГД РАН)* при помощи разработанной численной термодинамической модели четверной флюидной системы  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$  для P-T условий средней и нижней коры исследовал возможность изменения соотношения концентраций  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{NaCl}$  во флюидных фазах, образующихся в результате распада флюида при снижении P-T параметров. *Иванова М. В. (ГЕОХИ РАН), Бобров А. В. (ГЕОХИ РАН, геол. ф-т МГУ)* провели экспериментальное моделирование фазовых отношений в мантийных породах на границе с ядром Луны. *Искрина А. В. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН), Бобров А. В. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН, ИЭМ РАН), Спивак А. В., Захарченко Е. С. (ИЭМ РАН), Хасанов С. С., Кузьмин А. В. (ИФТТ РАН)* представили экспериментальное *in situ* исследование

постшпинелевых фаз в системе Mg–Al–Cr–O до 30 ГПа. *Киселева М.Д., Костюк А.В. (ИМЭ РАН), Бобров А.В. (МГУ, ИМЭ РАН, ГЕОХИ РАН)* предложили экспериментальное моделирование рудоносных горизонтов Норильского района на примере системы базальт–Fe(NiCu)S–C. *Костюк А.В., Горбачев Н.С., Горбачев П.Н., Некрасов А.Н., Султанов Д.М. (ИЭМ РАН)* рассмотрели фазовые соотношения, а также особенности поведения Os в системе базальт–FeS–Fe–C при расслоении FeS–Fe–C расплава на металлическую и сульфидную жидкости при 4 ГПа, 1400 °С. *Кошлякова А.Н. (ГЕОХИ РАН), Борисов А.А. (ИГЕМ РАН)* исследовали влияния содержания шелочей на растворимость циркона в силикатных расплавах в температурном интервале 1300–1400 °С при 1 атм методом петли. *Кузюра А.В., Литвин Ю.А., Спивак А.В. (ИЭМ РАН)* экспериментально при 6 ГПа и 700–1200 °С (условия верхней мантии) определили влияние компонентов сверхкритического C–O–H-флюида (при содержании 7.5 мас. %) на фазовые отношения при плавлении многокомпонентной алмазообразующей системы оливин–жадеит–диопсид–(Mg–Fe–Ca–Na–карбонаты)–(C–O–H). *Лиманов Е.В., Бутвина В.Г.,*

*Сафонов О.Г., Спивак А.В., Ван К.В. (ИЭМ РАН), Воробей С.С. (ГЕОХИ РАН)* исследовали образование К-рихтерита в присутствии флюида K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>–Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>–CO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O при 1000 °С и 3 ГПа. *Лин В.В. (ИГМ СО РАН)* изучила схему вхождения редкоземельных элементов в структуру синтетического хром-пироба при 5 ГПа и 1300 °С. *Литвин Ю.А., Спивак А.В., Кузюра А.В. (ИЭМ РАН)* показали физико-химические механизмы генезиса стишовита в геодинамических процессах. *Реутский В.Н., Борздов Ю.М., Пальянов Ю.Н. (ИГМ СО РАН)* провели экспериментальное исследование изотопного фракционирования углерода при восстановлении карбонатного вещества переходными металлами. *Сидько Д.Е., Шацкий А.Ф., Арефьев А.В., Виноградова Ю.Г. (ГЕОХИ РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)* изучали системы Fe–S и Ni–S при 6 ГПа. *Сокол А.Г., Козьменко О.А., Крук А.Н. (ИГМ СО РАН)* экспериментально при 3.0 ГПа и 750 и 900 °С с использованием метода алмазной ловушки определили состав флюида в карбонат и хлорсодержащем пелите вблизи второй критической точки. *Черткова Н.В., Спивак А.В., Захарченко Е.С., Литвин Ю.А., Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН), Бобров А.В. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН)* представили результаты экспериментов по изучению фазовых отношений в системе FeTiO<sub>3</sub>–Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>–H<sub>2</sub>O при температурах 1200–1250 °С и давлении 6 ГПа, с использованием метода алмазной ловушки определили состав флюида в карбонат и хлорсодержащем пелите вблизи второй критической точки. *Черткова Н.В., Спивак А.В., Захарченко Е.С., Литвин Ю.А., Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН), Бобров А.В. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН)* представили результаты экспериментов по изучению фазовых отношений в системе FeTiO<sub>3</sub>–Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>–H<sub>2</sub>O при температурах 1200–1250 °С и давлении 6 ГПа, с использованием метода алмазной ловушки определили состав флюида в карбонат и хлорсодержащем пелите вблизи второй критической точки.

*Шацкий А.Ф., Виноградова Ю.Г., Арефьев А.В., (ГЕОХИ РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)* рассмотрели область устойчивости CO<sub>2</sub> флюида в мантии Земли. Провели эксперименты в системе природный эклогит–CO<sub>2</sub> в интервале 3–6.5 ГПа и 850–1200 °С.

## ОБРАЗОВАНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МАГМ

*Асафов Е.В., Кошлякова А.Н. (ГЕОХИ РАН), Соболев А.В. (ISTERRE), Тобелко Д.П. (ГЕОХИ РАН), Батанова В.Г. (ISTERRE), Пухтель И.С. (Мэрилендский университет), Межеловская С.В. (ГИН РАН)* исследовали образцы оливиновых кумулатов коматитовых базальтов Ветреного пояса возрастом 2.4 млрд лет, распложенного в юго-восточной части Балтийского (Фенноскандинавского) щита, Карелия. Получили первые уникальные данные по составу главных и примесных элементов в неизмененных расплавных включениях в оливине. *Бычков Д.А. (геол. ф-т МГУ), Гнучев Я.Ю. (геол. ф-т МГУ), Коптев-Дворников Е.В. (геол. ф-т МГУ)* рассчитали насыщенное содержание воды в силикатных расплавах, равновесных с чисто водным флюидом. *Бычков Д.А., Коптев-Дворников Е.В. (геол. ф-т МГУ)* из базы данных ИНФОРЭКС отобрали 6 экспериментальных серий, 3 из которых представляют равновесную кристаллизацию расплавов известково-щелочной серии, а 3 – толеитовой и провели сравнение результатов моделирования серий закалочных экспериментов с использованием программ криминал и melts. *Жаркова Е.В., Луканин О.А. (ГЕОХИ РАН)* измерили собственную летучесть кислорода вулканических стекол кислого состава из различных регионов методом двойных электрохимических ячеек в интервале температур от 800 до 1050 °С при давлении 1 атм. *Когарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН)* детально исследовала состав мелилитов в процессе кристаллизации ларнит-нормативного нефелинита. Эксперименты сделаны на аппарате цилиндр–поршень в интервале давлений 5–60 ГПа и температур 1050–1500 °С. *Куровская Н.А., Луканин О.А., Крюкова Е.Б., Кононкова Н.Н. (ГЕОХИ РАН)* для выяснения особенностей поведения летучих компонентов при высокоскоростных ударных событиях определили содержание воды в стеклах различных типов тектитов (молдавиты, индошиниты, филиппиниты, австралиты) и расплавных импактитов (стекла Ливийской пустыни, иргизиты из кратера Жаманшин, импактные бомбы из кратера Эльгыгытгын). Впервые провели детальное изучение внутреннего распределения воды в тектитах и расплавных импактитах. *Николаев Г.С. (ГЕОХИ РАН)* рассмотрел влияние сульфидной серы на температуру и состав ликвидусного хромшпинелида в базальтах нормальной щелочности. *Пшеницын И.В. (ГЕОХИ РАН), Арискин А.А. (ГЕОХИ РАН);*

геол. ф-т МГУ) изучали минералого-геохимические особенности Cu-Ni минерализации, как индикаторы дифференциации сульфидных расплавов (на примере Мончегорского и Довыренского комплексов). *Радомская Т.А., Канева Е.В., Шендрик Р.Ю., Чуешова А.Г., Митичкин М.А. (ИГХ СО РАН)* привели данные об условиях формирования дианита в щелочно-ультраосновном массиве Инагли (Алданский щит). *Соболев С.Н., Пшеницын И.В. (ГЕОХИ РАН), Арискин А.А. (геол.ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Николаев Г.С. (ГЕОХИ РАН), Грошев Н.Ю. (КНЦ РАН)* получили первые обширные данные о распределениях кристаллов оливина по размерам (CSD) для перидотитов, гарцбургитов и дунитов Мончегорского расслоенного плутона. *Сущевская Н.М. (ГЕОХИ РАН), Щербаков В.Д. (МГУ)* по результатам изучения составов и ликвидусной ассоциации (оливин-шпинель) толеитов переходной зоны района трансформных разломов Эндрю Бейндю. Туа в пределах Юго-Западного Индийского хребта установили существенные различия в составах первичных магм и минералов. *Тобелко Д.П. (ГЕОХИ РАН), Горбач Н.В. (ИВиС ДВО РАН), Щербаков В.Д. (геол. ф-т МГУ), Рогозин А.Н. (ИВиС ДВО РАН), Портнягин М.В. (GEOMAR)* представили первые результаты изучения состава оливина и включений шпинели в нем из пяти образцов базальтов Кронцокого вулкана. По предварительным оценкам исходные магмы Кронцокого вулкана, равновесные с оливином  $Fo_{85.1}$ , могли кристаллизоваться при температуре  $1108 \pm 33$  °C (2 $\sigma$ ), летучести кислорода QFM +  $2.2 \pm 0.2$  (2 $\sigma$ ) и содержали ~2.9 мас. % H<sub>2</sub>O. *Цховребова А.Р., Костицын Ю.А. (ГЕОХИ РАН)* исследовали Rb-Sr и Sm-Nd изотопные системы пород, слагающих ряд массивов Маймеча-Котуйской провинции: Гули, Одихинча, Кугда, Дьегдье, Маган, Браас и Ессей. *Шабыкова В.В., Силантiev С.А., Цховребова А.Р., Буйкин А.И. (ГЕОХИ РАН)* изучали возможные источники магматизма E-MORB рифтовой долины срединно-атлантического хребта, 12°–31° с.ш.

#### ВЗАМОДЕЙСТВИЕ В СИСТЕМАХ ФЛЮИД-РАСПЛАВ-КРИСТАЛЛ

*Бухтияров П.Г., Персиков Э.С., Шапошникова О.Ю., Косова С.А. (ИЭМ РАН)* разработали основы оригинальной методики практически полного извлечения металлов переменной валентности (Fe, Ni, Co) из пород (андезит, базальт, габбро-норит). *Девятова В.Н., Симакин А.Г., Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)* проанализировали мультисистемы Na<sub>2</sub>O–CaO–MgO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> на основании экспериментальных парагенезисов паргасита при  $t = 1000–1100$  °C и  $P_{H_2O} = 0.4–5$  кбар. *Котельников А.Р., Коржинская В.С., Сук Н.И., Новиков М.П., Ван К.В. (ИЭМ РАН)* изучили растворимость твердого раствора Zr<sub>0.5</sub>Hf<sub>0.5</sub>SiO<sub>4</sub>

в алюмосиликатном расплаве при температурах 800 и 1000 °C,  $P = 200$  МПа в присутствии воды. *Персиков Э.С., Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЭМ РАН), Шапошникова О.Ю., Некрасов А.Н., Косова С.А. (ИЭМ РАН)* экспериментально исследовали процесс образования самородного Fe в земной коре при взаимодействии водорода с андезитовыми расплавами при давлениях водорода 7–100 МПа и температурах 900–1250 °C. *Персиков Э.С., Бухтияров П.Г. (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЭМ РАН), Шапошникова О.Ю., Некрасов А.Н., С.А. Косова (ИЭМ РАН)* получили новые данные по кристаллизации андезитовых расплавов при высоких температурах (900–1250 °C) и давлениях водорода (10–100 МПа), которые уточняют возможную роль водорода в процессах, происходящих в андезитовых расплавах в земной коре и при вулканизме в сильно восстановленных условиях ( $fO_2 = 10^{-14}$ ). *Родкин М.В. (ИТПЗ РАН), Пунанова С.А. (ИПНГ РАН), Рукавишникова Т.А. (ИТПЗ РАН)* рассмотрели вопрос о характере связи микроэлементного состава глубинных флюидов с химическим составом верхней, средней и нижней коры и биоты. *Сук Н.И., Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)* исследовали растворимость вольфрамита (Fe, Mn)WO<sub>4</sub> в алюмосиликатных расплавах различной щелочности при  $t = 1100$  °C и  $P = 1$  и 4 кбар в сухих условиях и в присутствии 10 мас. % H<sub>2</sub>O. *Сук Н.И., Котельников А.Р., Вирюс А.А. (ИЭМ РАН)* изучали растворимость лопарита в алюмосиликатных расплавах различного состава при  $t = 1200$  и 1000 °C и  $P = 2$  кбар в сухих условиях и в присутствии 10 мас. % H<sub>2</sub>O. *Ходоревская Л.И., Косова С.А., Сафонов О.Г., Вирюс А.А. (ИЭМ РАН)* исследовали частичное плавление гранат-двуслюдного сланца с участием графита при давлении 5 кбар и температуре 900 °C. *Чевычелов В.Ю., Вирюс А.А., Котельников А.Р., Сук Н.И. (ИЭМ РАН)* определили условия образования мелилит-нефелиновой паралавы и карбонатного расплава, формирующихся в результате плавления известняка, содержащего 40 мас. % пелитового материала (из пирометаморфического комплекса Хамарин-Хурал-Хид, Восточная Монголия). *Чевычелов В.Ю., Вирюс А.А. (ИЭМ РАН)* представили экспериментальные данные о содержании Ta и Nb в кислых магматических расплавах различной щелочности и глиноземистости при растворении Ta-Nb минералов: колумбита, танталита, пирохлора, микролита, ильменорутила, ферротитаниолита и лопарита при  $t = 650–850$  °C и  $P = 100–400$  МПа, а также результаты распределения Ta и Nb в системе минерал–расплав. *Чевычелов В.Ю. (ИЭМ РАН)* экспериментальным путем получил данные по растворимости танталита в водонасыщенных гранитоидных расплавах с различным содержанием глинозема и щелочей при  $t = 650–850$  °C и  $P = 100$  МПа.

## ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ РАВНОВЕСИЯ И РУДООБРАЗОВАНИЕ

*Алексеев В.А. (ГЕОХИ РАН)* представил обзор и критический анализ гипотез образования агатов. *Балабин А.И. (ИЭМ РАН)* предположил, что расслоение водных растворов электролитов происходит в результате полимеризации анионов. *Балицкий В.С., Сеткова Т.В., Голунова М.А., Балицкая Л.В., Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН), Лахова А.И., Петров С.М. (КНИТУ)* установили, что наиболее подходящие условия для генерирования нефтяных углеводородов – это глубинные участки Земли, где происходит взаимодействие доманиковых пород с гидротермальными растворами в интервале температур 310–360 °С при давлениях порядка 100 МПа. *Бубликова Т.М., Сеткова Т.В., Балицкий В.С. (ИЭМ РАН)* с применением кода геохимического моделирования рассчитали равновесия и построили диаграммы растворимости соединений в системе  $\text{CuO-CO}_2\text{-H}_2\text{O-NH}_3$  при температурах 25–100 °С и концентрации аммиака 0–2.0 м. Определили условия стабильности тенорита, малахита, азурита и составы равновесных с твердыми фазами растворов в заданных условиях. *Дягилева Д.Р. (геол. ф-т МГУ), Рубцова Е.А. (геол. ф-т МГУ, ИГЕМ РАН), Реуков В.Л. (ИГЕМ РАН), Николаева И.Ю. (геол. ф-т МГУ), Тарнопольская М.Е. (геол. ф-т МГУ), Тагиров Б.Р. (ИГЕМ РАН)* с целью определения форм гидротермального переноса палладия хлоридными флюидами провели эксперименты по растворению металлического палладия в растворах  $\text{HCl-NaCl}$  (концентрации хлорид-иона от 0.3 до 15 моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$ ) при 450 °С/1000 бар и 350 °С/500 бар, а также сульфида палладия при 450 °С/1000 бар. *Кислов Е.В. (ГИН СО РАН)* предложил модель формирования и преобразования аподоломитового нефрита на основе минерального состава одной залежи (использовал нефрит залежи № 1 участка Прозрачный Кавоктинского месторождения). *Коржинская В.С., Котова Н.П. (ИЭМ РАН)* для получения количественных оценок возможности гидротермального транспорта и отложения тантала и ниобия при физико-химических условиях, характерных для образования главных типов эндогенных месторождений этих металлов, связанных с “апогранитами”, пегматитами, щелочными метасоматитами, щелочными сиенитами и карбонатитами, определяли растворимости колумбита  $((\text{Mn}, \text{Fe})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ , пирохлора  $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})$ , оксидов тантала ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ) и ниобия ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) в кислых, близонейтральных и щелочных водных растворах: фторидных, хлоридных,  $(\text{mHF}+\text{mHCl})$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NaF}+\text{Na}_2\text{CO}_3)$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $(\text{NaF}+\text{NaOH})$  в интервале концентраций от 0.01 до 2.0 моль/кг  $\text{H}_2\text{O}$  при температуре 300–550 °С, давлении 50–100 МПа и фугтивности кислорода  $f(\text{O}_2)$ , заданной  $\text{Co-CoO}$  и  $\text{Ni-NiO}$  буферами. *Котова Н.П. (ИЭМ РАН)* изучила

влияние концентрации фторидов и давления флюида на растворимость оксида ниобия при  $t = 550$  °С и  $P = 50, 100, 200$  и 500 МПа в растворах  $\text{NaF}$  с концентрацией 0.1 и 1.0 м. *Новиков М.П., Горбачев П.Н. (ИЭМ РАН)* исследовали физико-химические свойства соединений водных редкоземельных фосфатов, изучение которых сопряжено с известными трудностями, их очень редким распространением в природе. Испытания осуществлялись на синтетических образцах. Главным объектом изучения служили фосфаты морфотропной серии синтетических аналогов рабдофана. *Поляков В.Б., Мирошенко М.В., Алена М.В. (ГЕОХИ РАН)* сделали совместный расчет химических и изотопных равновесий на основе комплекса  $\text{GEOCHEQ\_ISOTOPE}$  для изотопов железа. *Редькин А.Ф., Котова Н.П. (ИЭМ РАН)* получили экспериментальные данные по растворимости ромеита  $(\text{CaNa})\text{Sb}_2\text{O}_6\text{F}$  в ассоциации с флюоритом  $\text{CaF}_2$  в растворах  $\text{NaF}$  в интервале концентраций от 0 до 8 моль  $\text{kg}^{-1}$   $\text{H}_2\text{O}$  при  $f\text{O}_2$ , заданной  $\text{Cu}_2\text{O-CuO}$  буфером. *Рубцова Е.А. (геол. ф-т МГУ, ИГЕМ РАН), Акинфиев Н.Н., Зотов А.В., Тагиров Б.Р. (ИГЕМ РАН)* провели экспериментальное исследование состояния палладия в сверхкритическом сульфидном гидротермальном флюиде. *Русак А.А. (ГЕОХИ РАН), Шекина Т.И. (геол. ф-т МГУ)* изучали редкометалльные криолитсодержащие граниты из трех месторождений Восточной Сибири: Зашихинского, Катугинского и Улуг-Танзек. *Сеткова Т.В., Балицкий В.С., Голунова М.А. (ИЭМ РАН), Лахова А.И., Петров С.М. (КНИТУ), Балицкая Л.В., Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН)* исследовали флюидные включения в кварце, образованные в результате взаимодействия асфальтенов с гидротермальными растворами при 300–650 °С и 100 Мпа. *Смагунов Н.В., Липко С.В., Таусон В.Л., Белозерова О.Ю., Бабкин Д.Н. (ИГХ СО РАН)* представили результаты по распределению и формам нахождения лантаноидов в системе магнетит (гематит) – гидротермальный раствор при 450 °С и давлении 100 Мпа. *Сотникова И.А. (ИГХ СО РАН), Спивак А.В., Вирюс А.А., Варламов Д.А., Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН)* изучали минералы супергруппы пирохлор апатит – флюоритовых пород Бурпалинского массива. *Шекина Т.И. (геол. ф-т МГУ), Русак А.А. (ГЕОХИ РАН), Зиновьева Н.Г., Алферьева Я.О. (геол. ф-т МГУ), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН)* исследовали распределение Th и U между алюмосиликатным и  $\text{LiKNa}$ -алюмофторидным (солевым) расплавами в модельной гранитной системе  $\text{Si-Al-Na-K-Li-F-O-H}$  при 800 и 700 °С и 1 кбар.

## СИНТЕЗ МИНЕРАЛОВ

*Бутвина В.Г. (ИЭМ РАН), Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ), Лиманов Е.В. (ИЭМ РАН), Давыдов А.А. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ), Якушик М.А.,*

Ван К.В. (ИЭМ РАН) провели экспериментальное изучение образования флогопита в результате разложения высокохромистого граната при 3.5 и 5.0 Гпа. Горелова Л.А., Верещагин О.С. (СПбГУ), Сеткова Т.В., Спивак А.В. (ИЭМ РАН) получили кристаллы  $Ga_3GaGeO_8$  размером до 100 мкм в термоградиентных гидротермальных условиях при температуре 600/650 °С и давлении 100 МПа. Ковалев В.Н. (МГУ им. М.В. Ломоносова; ИЭМ РАН), Томас В.Г. (ИГМ СО РАН; НГУ), Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН), Зубкова Н.В. (МГУ), Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Фурсенко Д.А. (ИГМ СО РАН) впервые гидротермальным методом ( $t_1/t_2 = 580/660$ ,  $P = 150$  МПа) синтезировали кристаллы  $Be_2(Si_{1-x}Ge_x)O_4$  со структурой фенакита ( $x = 0-0.25$  и  $0.80, 1$ ). Показали, что использование гидротермальных растворов на основе LiF приводит к образованию монокристаллов твердого раствора, в то время применение растворов на основе NaF приводит к пассивации германия с образованием нерастворимых германатов. Ковальская Т.Н. (ИЭМ РАН), Ермолаева В.Н. (ИЭМ РАН, ГЕОХИ РАН), Чуканов Н.В. (ИПХФ РАН), Ковальский Г.А., Варламов Д.А., Чайчук К.Д. (ИЭМ РАН) синтезировали цирконосиликаты в условиях повышенной щелочности. Ковальский А.М., Мананов А.М. (МИЦ Арамко), Касим А. (Сауди Арамко, Центр разведки и нефтяной инженерии), Паланков Т.А. (ИНХС РАН) изучали катализаторы для получения водорода путем разложения сероводорода на основе сульфидов железа. Котельников А.Р., Сук Н.И., Ахмеджанова Г.М., Дрожжина Н.А. (ИЭМ РАН) провели рентгеновское исследование тройных твердых растворов клинопироксенов геденбергит–диопсид–эгирин для изучения зависимости параметров элементарных ячеек (ПЭЯ) клинопироксенов от их состава (мольной доли магния) при фиксированном содержании эгиринового минала (~20 мол. %). Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Шекина Т.И. (МГУ), Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН), Антоновская Т.В. (г. Ухта) исследовали структурное упорядочение полевых шпатов как индикатор температуры минералогенеза. Котельников А.Р., Сук Н.И., Ахмеджанова Г.М. (ИЭМ РАН) провели синтез твердых растворов галлий-содержащих полевых шпатов в гидротермальных условиях при температуре 550 и давлении 1.5 кбар. Сеткова Т.В., Спивак А.В., Балицкий В.С. (ИЭМ РАН), Ковалев В.Н. (МГУ, ИЭМ РАН), Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН) в термоградиентных гидротермальных условиях при температуре 600/650 °С и давлении 100 МПа получили кристаллы  $NaGaSi_3O_8$  размером 200 мкм и  $NaAlGe_3O_8$  размером 500 мкм со структурой альбита. Провели сравнение КР-спектров природного, синтетического альбита с галлиевым и германиевым аналогами. Шаранова Н.Ю. (геол. ф-т МГУ), Корепанов В.И. (ИПТМ РАН), Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Бобров А.В.

(геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН) сделали статистический анализ КР-спектров моносульфидного твердого раствора в системе Fe-Ni-S.

### ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ, РАСПЛАВОВ И ФЛЮИДОВ

Бричкина Е.А., Воронин М.В., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН) методом измерения электродвижущих сил (ЭДС) с использованием твердого электролита  $Ag_3RbI_5$  (интервал использования до 500 К) в системе Ag-Au-Te в температурном диапазоне 332К-485К определили термодинамические свойства реакций с участием креннерита ( $AgAu_3Te_8$ ) и сильванита ( $AgAuTe_4$ ). Вигасина М.Ф., Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ) по результатам электронно-зондового и термического анализов и данных ИК- и КР-спектроскопии рассчитали формулу изученного образца  $H_{1.00}Na_{0.96}Ca_{2.00}Mn^{2+}_{0.02}Si_{3.00}O_9$ . Методом расплавной калориметрии растворения определили энтальпию образования пектолита состава  $HNaCa_2Si_3O_9$  из элементов  $\Delta_f H^\circ(298.15 K) = -4651.0 \pm 4.3$  кДж/моль. Оценили энтальпию образования марганцевого конечного члена изоморфной серии пектолит – серандит  $HNaMn_2Si_3O_9$ ,  $\Delta_f H^\circ(298.15 K) = -4052.6 \pm 4.4$  кДж/моль. Рассчитали значения абсолютных энтропий и энергий Гиббса пектолита и серандита:  $S^\circ(298.15 K) = 266.1 \pm 1.6$  и  $306.5 \pm 2.0$  Дж/(К·моль);  $\Delta_f G^\circ(298.15 K) = -4377.9 \pm 4.4$  и  $-3798.0 \pm 4.5$  кДж/моль соответственно. Вигасина М.Ф. (геол. ф-т МГУ), Дедушенко С.К. (НИТУ МИСИС), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН) образец кокимбита из рудника Хавьер (Перу) исследовали методами КР и Мессбауэровской спектроскопии. Воронин М.В. (ИЭМ РАН), Поляков В.Б. (ГЕОХИ РАН), Осадчий Е.Г., Сипавина Л.В. (ИЭМ РАН) синтезировали троилит (FeS) и измерили его Мессбауэровские спектры в интервале температур 90–295 К. Оценку равновесных изотопных факторов ( $\beta$ -факторов) железа троилита провели по температурному сдвигу (ТС) в спектрах Мессбауэра. Предложили новый метод оценки ТС, использующий разложение Тирринга по нечетным обратным степеням температуры. Воронин М.В., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН) в системе Ag-Sn, впервые методом измерения электродвижущих сил (ЭДС-метод) в температурном диапазоне 327К-427К и атмосферном давлении, в полностью твердотельной гальванической ячейке, отвечающей электрохимической реакции:  $3Ag + Sn = Ag_3Sn$ , получили термодинамические характеристики шосанбецуита. Вяткин С.В. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН) провели ЭПР спектроскопическое исследование образца содалита  $Na_8Al_6Si_6O_{24}Cl_2 \cdot 0.2H_2O$  из массива нефелиновых сиенитов и миаскитов

Баян Кол (республика Тува). *Вяткин С.В. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН)* исследовали лазулит из гранитных пегматитов Патомского нагорья (Иркутская область) на ЭПР спектрометре “Varian E-115”. *Вяткин С.В. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН)* методом ЭПР изучали монтебразит из Сольбельдырского пегматитового поля (Тува, Россия). *Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Огородова Л.П., Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В., Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ)* таумасит  $\text{Ca}_{3,0}\text{Si}(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_{0,9}(\text{SO}_4)_{1,1} \cdot 12,3\text{H}_2\text{O}$  (рудник Н’Чванинг, марганцеворудное поле Калахари, ЮАР) исследовали методами порошковой рентгенографии, спектроскопии инфракрасного поглощения и комбинационного рассеяния, термического анализа и микрокалориметрии. *Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Огородова Л.П., Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ)*. На основании данных, полученных методами термического и электронно-зондового анализов, ЭПР и мессбауэровской спектроскопии рассчитали кристаллохимическую формулу изученного образца лазурита –  $(\text{Mg}_{0,87}\text{Fe}_{0,13}^{2+}\text{Ni}_{0,01}\text{Sr}_{0,01})(\text{Al}_{1,97}\text{Fe}_{0,03}^{3+})(\text{PO}_4)_{2,03}(\text{OH})_{1,95}$  из гранитных пегматитов Патомского нагорья (Иркутская область). *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  $\text{C}|\text{Ag}|\text{AgI}(\text{Ag}, \text{Pd}_{1-x}, \text{Ag}_2\text{Se}, \text{Ag}_{11+y}\text{Pd}_{11-y}\text{Se}_6)|\text{C}$ . *Королева О.Н. (ГЕОХИ РАН)* изучала структуры некристаллических силикатных систем, содержащих несколько катионов-модификаторов, и выясняла причины полищелочного эффекта. С этой целью провела исследование структуры стекол общего состава  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  методом физико-химического моделирования. *Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Огородова Л.П., Вигасина М.Ф., Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ)* исследовали атакамит из палеофумарол шлакового конуса Гора 1004 Большого Трещинного Толбачинского Извержения. Диагностику образца выполняли методами порошковой рентгенографии, ИК и КР-спектроскопии. Кристаллохимическую формулу рассчитали на основании исследований методами термогравиметрического и электронно-зондового анализов и имеет вид  $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ . *Молодец А.М. (ФИЦ ПХФ и МХ РАН)* представил критерий замерзания расплавленного цинка в сочетании с его уравнением состояния в мегабарном диапазоне давлений. Выполнил сопоставление модельных расчетов с современными экспериментальными результатами по плавлению цинка до давлений  $\approx 120$  ГПа и до

температур  $\approx 4000$  К. *Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В., Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ), Косова Д.А. (хим. ф-т МГУ)* провели комплексное физико-химическое изучение кокимбита из рудника Хавьер (Перу). Методами рентгенографического и КР-спектроскопического исследований подтвердили соответствие образца кокимбиту и установили его мономинеральный состав. *Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В., Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ)* изучали два образца содалита: образец I состава  $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2 \cdot 0,4\text{H}_2\text{O}$  из щелочного ультраосновного массива с карбонатитами Ковдор (Мурманская область, Россия) и образец II состава  $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2 \cdot 0,2\text{H}_2\text{O}$  из массива нефелиновых сиенитов и миаскитов Баян Кол (республика Тува) методами термического и электронно-зондового анализа, порошковой рентгенографии, спектроскопии инфракрасного поглощения и комбинационного рассеяния света. *Осадчий Е.Г., Воронин В.М., Кирюхина Г.В., Кошелев А.В. (ИЭМ РАН)* определили термодинамические свойства фазы  $\text{Pt}_3\text{Cu}_2\text{Sn}$ , методом твердотельной гальванической ячейки. *Плясунов А.В. (ГЕОХИ РАН)* произвел вычисление параметров SIT (Specific Interactions Theory) модели для взаимодействий сульфат-иона с катионами щелочных металлов с учетом ассоциации. *Романенко А.В., Ращенко С.В., Корсаков А.В. (ИГМ СО РАН)* провели разложение К-кимрита ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) при высоких P-T параметрах. *Слободов А.А. (СПбГТИ, ИТМО), Шорников С.И. (ГЕОХИ РАН), Радин М.А. (СПХФУ), Ворожцова Ю.С., Иванова А.Н., Ефимов Р.Д. (ИТМО)* предложили решение для обеспечения эффективности термодинамических баз данных для физико-химического моделирования и расчета. *Соколова Т.С. (ИЗК СО РАН, ИТПЗ РАН), Филиппова А.И. (ИТПЗ РАН, ИЗМИРАН), Дорогокупец П.И. (ИЗК СО РАН)* смоделировали состав пиролита и рассчитали его скоростные характеристики на основе уравнений состояния оливина, ортопироксена, клинопироксена и граната. *Соколова Т.С. (ИЗК СО РАН, ИТПЗ РАН), Дорогокупец П.И. (ИЗК СО РАН)* вывели уравнение состояния диопсида ( $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ) на основе свободной энергии Гельмгольца. *Тюрин А.В. (ИОНХ РАН), Полотнянко Н.А. (Гос. Универ. “Дубна”), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН, Гос. Универ. “Дубна”), Згурский Н.А. (Гос. Универ. “Дубна”), ИЭМ РАН), Ганичев Я.А. (Гос. Универ. “Дубна”)* исследовали термодинамические свойства кестерита в широком интервале температур. *Чареев Д.А. (ИЭМ РАН, Гос. Универ. “Дубна”), Тюрин А.В. (ИОНХ РАН), Полотнянко Н.А. (Гос. Универ. “Дубна”), Попов Е.А. (Гос. Универ. “Дубна”, ИЭМ РАН), Пузанова И.Г. (Универ. науки и технологий МИСИС, ИЭМ РАН)* синтезировали

и изучили термодинамические свойства диселенидов рутения и платины. *Шорников С.И. (ГЕОХИ), Слободов О.И. (СПбГТИ)* выполнили теоретические расчеты термодинамических свойств расплавов в системе  $\text{SiO}_2\text{--P}_4\text{O}_{10}$  в области температур 700–2000 К с помощью полуэмпирической модели с целью уточнения ее параметров. *Шорников С.И., Демидова С.И. (ГЕОХИ)* для понимания фракционирования и кристаллизации апатита и мерриллита из расплава провели теоретические расчеты термодинамических свойств расплавов в системе  $\text{CaO--P}_4\text{O}_{10}$  при высоких температурах (700–2100 К). *Шорников С.И. (ГЕОХИ)* для представления процесса фракционирования и кристаллизации оливина при высоких температурах выполнил расчеты термодинамических свойств расплавов в системе  $\text{MgO--P}_4\text{O}_{10}$ .

### ПЛАНЕТОЛОГИЯ, МЕТЕОРИТИКА И КОСМОХИМИЯ

*Базилевский А.Т., Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН), Юань Ли, ЛиГанг Фанг (Сучжоуский профессиональный университет, Сучжоу, Китай)* исследовали геохимический эффект ударной переработки полярного реголита Луны. Выполнили термодинамический анализ условий, необходимых для образования гематита. Показали, что для этого требуется свободный кислород, который может накапливаться при диссипации в космос водорода, образующегося при разложении воды. *Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)* выдвинул гипотезу, которая рассматривает литосферу Земли как автономно вращающуюся относительно мантии конвективную оболочку планеты, где формируются, взаимодействуют и перемещаются по астеносфере континентальные и океанические плиты. *Воропаев С.А., Федулов В.С., Душенко Н.В., Наймушин Г.С., Кривенко А.П., Корочанцев А.В. (ГЕОХИ РАН)* изучили дегазацию вещества углистого хондрита Murchison (СМ2) на специально сконструированной для этих задач установке. Представили результаты экспериментальных исследований по ступенчатому нагреву (без накопления газов) и изотермическому отжигу образцов метеорита с определением состава выделяемых газов методами газовой хроматографии в интервале температур от 200 до 800 °С. Провели сравнение с результатами дегазации обыкновенного хондрита Челябинск (LL5) и отметили существенное увеличение выделения углеродсодержащих газов для Murchison. *Демидова С.И., Рязанцев К.М., Кононкова Н.Н. (ГЕОХИ РАН)* констатировали, что минералого-петрографические особенности базальтов “Луны-16” и “Chang’E-5” свидетельствуют об их сродстве с высокотитанистыми базальтами “Apollo-11 и –17”. *Доброленский Ю.С. (ИКИ РАН), Манцевич С.Н. (ИКИ РАН, физ. ф-т МГУ), Кораблев О.И. (ИКИ РАН)*

в ИКИ РАН сообщили о разработке инфракрасного спектрометра с телевизионной поддержкой рабочего поля манипулятора (ЛИС-ТВ-РПМ) для изучения лунной поверхности. *Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН)* изучала космохимические ограничения на модели происхождения астероидов спектрального класса с главного пояса. В качестве основных ограничений рассматривала состав ледяной компоненты этих тел, относительное содержание в них воды и ее изотопный состав. *Дубинский А.Ю., Попель С.И. (ИКИ РАН)* сделали предположение о возможном механизме светоиндуцированных реакций в лунном реголите. *Дудченко В.А., Слюта Е.Н. (ГЕОХИ РАН)* оценили постоянную (равновесную) температуру в лунном грунте на глубине около 45 см на холме у кратера Шеклтон для мест со степенью освещенности около 80 %. *Дунаева А.Н., Кронрод В.А., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН)* рассмотрели влияние низкоплотной органической компоненты на внутреннюю структуру и общее содержание  $\text{H}_2\text{O}$  (вода, лед) в частично дифференцированном Титане. Провели оценки допустимых значений содержания органического вещества в Титане. Полученные данные сопоставили с экспериментальной и теоретической информацией по общему содержанию и распределению органического вещества и воды на объектах Солнечной системы. *Игнатьев Н.И. (ИКИ РАН), Фабер Е.Д. (НИУ ВШЭ), Кораблев О.И., Родионов Д.С., Трохимовский А.Ю., Ступин И.А., Жмайлов С.В., Кунгуров А.С., Маслов И.А. (ИКИ РАН), Ломакин А.А. (НИУ ВШЭ, ИКИ РАН)* разработали инфракрасный Фурье-спектрометр ЛУМИС (LUMIS: Lunar Mapping Infrared Spectrometer) в ИКИ РАН для орбитального аппарата “Луна-26”. Прибор предназначен для исследования гидратации, картирования минералогического состава и термодинамических свойств поверхности Луны по спектрам теплового и отраженного солнечного излучения в диапазоне 2–10 мкм. *Ипатов С.И. (ГЕОХИ РАН)* рассмотрел зону питания планеты Проксима-Центавра с, включая подинтервалы больших полуосей устойчивых орбит внутри основной зоны питания и люки вне основной зоны. Исследования основаны на результатах моделирования эволюции орбит планетезималей под влиянием звезды и планет Проксима-Центавра с и b на интервале времени до миллиарда лет. В другом докладе, автор отметил рост экзопланет за счет планетезималей, первоначально находившихся на различных расстояниях от звезды, в системе ТРАППИСТ-1. *Кронрод В.А., Кронрод Е.В., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН)* привели результаты исследования вероятных распределений физических параметров коры Луны по глубине: пористости, плотности, объемного тепловыделения, коэффициента теплопроводности, вероятные оценки пористости коры под слоем реголита. *Кронрод Е.В., Кронрод В.А., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН)*

рассчитали распределение температуры в мантии Луны в зависимости от эффективного коэффициента теплопроводности в коре. *Кулешова К.А., Шпектин М.И., Гарафутдинов К.А. (КФУ)* представили результаты построения моделей двух хорошо известных кратеров – Циолковский и Эйткен в экваториальной зоне обратной стороны Луны по оцифрованным снимкам КК “Зонд-8” и КК “Аполлон-15,-17”. *Куюнко Н.С. (ГЕОХИ РАН)* термолюминесцентным методом исследовала равновесные обыкновенные хондриты ударных классов S1-S3 в температурном интервале 50–350 °С. *Лаврентьева З.А., Люль А.Ю. (ГЕОХИ РАН)* методом ИНАА определили содержания литофильных и сидерофильных микроэлементов в немагнитных размерных фракциях из равновесного энстатитового хондрита Пилиствере E16. *Лахманова Л.А. (геол. ф-т МГУ), Демидова С.И. (ГЕОХИ РАН), Сандалов Ф.Д. (геол. ф-т МГУ)* на основе структурно-текстурных признаков и химического состава минеральных фаз классифицировали наиболее крупные класты брекчии NWA 11828. Особое внимание уделили поиску редких компонентов в метеорите. *Мальков Б.А. (СыктГУ им. П. Сорокина), Куратов В.В. (ФМИ Коми НЦ УрО РАН)* изучали вопрос периодичности эндогенного и импактного алмазообразования как отражение галактической цикличности в системе Земля-Луна. *Никитин С.М. (ООО “ЛС-КАМ”), Скрипник А.Я. (ГЕОХИ РАН)* разработали методику и провели определения прочностных и деформационных свойств фрагментов каменных метеоритов. *Сорокин Е.М. (ГЕОХИ РАН), Герасимов М.В., Зайцев М.А. (ИКИ РАН), Щербатов В.Д. (геол. ф-т МГУ), Рязанцев К.М., Крашенинников С.П., Яковлев О.И., Слюта Е.Н. (ГЕОХИ РАН)* представили результаты серии экспериментов по имитированию микрометеоритной бомбардировки на поверхности Луны с помощью импульсного лазера. *Суханова К.Г. (ИГГД РАН)* экспериментально исследовала распределения редких элементов в силикатных минералах хондр равновесных обыкновенных хондритов. *Устинова Г.К. (ГЕОХИ РАН)* разработала программу исследования космогенных радионуклидов в свежевывающих хондритах для изучения временных и пространственных вариаций галактических и солнечных космических лучей в Солнечной системе на длительной временной шкале и разных гелиоцентрических расстояниях. *Фисенко А.В., Семенова Л.Ф., Павлова Т.А. (ГЕОХИ РАН)* показали результаты вычислений вариации содержания потенциально первичных компонентов ксенона в обогащенных наноалмазом фракциях Murchison и Allende. *Хисина Н.Р., Бадюков Д.Д., Лоренц К.А. (ГЕОХИ РАН), Пальянов Ю.Н., Курпьянов И.Н. (ИГМСО РАН), Шкурский С. (геол. ф-т МГУ)* использовали методы оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии и Рамановской спектроскопии обнаружили не-

обычные микровключения в оливине из палласита Сеймчан. *Цельмович В.А. (ГО “Борок” ИФЗ РАН), Шельмин В.Г. (Экомонитор)* в районе реки Чулым нашли необычные находки и попытались дать объяснение природы сделанных находок и обосновать различные гипотезы. *Цельмович В.А. (ГО “Борок” ИФЗ РАН), Максе Л.П. (БГУТ, Беларусь)* провели распознавание частиц космической и атмосферной пыли на СЭМ Tescan Vega II и на поляризационном микроскопе Nikon. *Цельмович В.А. (ГО “Борок” ИФЗ РАН), Амелин И.И., Гусяков В.К. (ИВМ и МГ СОРАН), Кириллов В.Е. (ИТиГ ДВО РАН), Куражковский А.Ю. (ГО “Борок” ИФЗ РАН)* исследовали кометную природу Учурского космического тела (падение 03.08.1993 г.). *Яковлев О.И., Шорников С.И. (ГЕОХИ РАН)* занимались экспериментальным изучением испарения расплавов Са–Al–включений хондритов, которые являются уникальным объектами метеоритики.

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕОМАТЕРИАЛОВ

*Балабин А.И. (ИЭМ РАН)* предложил модель сорбции соединений с кислотными группами апатитом, объясняющую обширный массив данных о взаимодействии нуклеиновых кислот, органических и неорганических полифосфатов, пероксидифосфата, цитрата, фосфоцитрата, бисфосфонатов, макроциклических соединений с фосфонатными группами, полиалкеновых кислот, кислотных пептидов (стазерин и другие фосфопротеины, остеокальцин, сывороточный альбумин) с призматическими гранями Ar. *Канева Е.В., Богданов А.И., Шендрик Р.Ю. (ИГХ СО РАН)* для изучения влияния адсорбированных молекул воды на ИК-спектры сложных силикатов, содержащих гибридный тип анион-радикала, тинаксита ( $K_2Ca_2NaTi[Si_7O_{18}OH]O$ ) и токкоита ( $K_2Ca_4[Si_7O_{18}OH](OH, F)$ ) оптимизировали геометрии кристаллических структур в рамках теории функционала плотности. *Канева Е.В. (ИГХ СО РАН), Панкратов В. (LU Institute of physics), Радомская Т.А., Белозерова О.Ю., Шендрик Р.Ю. (ИГХ СО РАН)* представили результаты исследований боросиликатных минералов из щелочного месторождения Дара-й-Пиоз (Таджикистан) – ридмерджерита ( $NaBSi_3O_8$ ) и стиллуэллита-(Ce) ( $[Ce, La, Ca]BSi_3O_5$ ) методами оптической спектроскопии при синхротронном возбуждении. *Кирюхина Г.В., Кошелев А.В., Осадчий Е.Г., Чареев Д.А. (ИЭМ РАН)* синтезировали и провели экспериментальные исследования тройных интерметаллидов элементов группы железа с медью и оловом. *Кошелев А.В., Кирюхина Г.В., Осадчий Е.Г. (ИЭМ РАН)* синтезировали и изучали магнитные свойства тройного интерметаллида  $Fe_3Cu_2Sn$ . *Кузин А.М. (ИПНГ РАН)* впервые выполнил совместный анализ сейсмических

и электрических волноводов консолидированной коры и угольных бассейнов (районов, площадей) на территории России. Кузин А. М. (ИПНГ РАН) изучал вопрос происхождения метана в угольных пластах. Салаватова Д. С., Бычков Д. А., Фяйзуллина Р. В. (геол. ф-т МГУ) исследовали адсорбционные свойства глин майкопской серии и грязевулканических глин в отношении ионов ртути (II), которые могут стать полезными в понимании поведения данного микроэлемента в грязевулканической системе. Федяева М. А. (геол. фак. МГУ, ГЕОХИ РАН), Лепешкин С. В. (ГЕОХИ РАН), Оганов А. Р. (Сколтех, ГЕОХИ РАН) в связи с важностью серы в природных процессах, авторы применили метод глобальной оптимизации для определения оптимальных структур молекул серы  $S_n$  в широком диапазоне составов ( $n = 2-21$ ).

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ

Гришанцева Е. С. (геол. ф-т МГУ, ИГ РАН), Кашутина Е. А., Ясинский С. В. (ИГ РАН) продемонстрировали результаты исследования форм нахождения и биодоступности тяжелых металлов в осадках ливневой канализации г. Нижний Новгород. Карасева О. Н., Лакитанов Л. З., Ханин Д. А. (ИЭМ РАН), Бадьянова Л. В. (ИЭМ РАН, ИОФ РАН) определяли растворение силикатных и алюмосиликатных минералов в присутствии органических комплексообразователей. Мальковский В. И., Жариков А. В. (ИГЕМ РАН) рассмотрели влияние формирующихся тектонических разломов на миграцию радионуклидов из пункта глубинного захоронения высокоактивных отходов (ПГЗРО) в биосферу в зависимости от проницаемости пород в зоне формирующегося разлома. Мартынов К. В., Андриющенко Н. Д., Захарова Е. В. (ИФХЭ РАН) изучали проявление сопряженных процессов при диффузии радионуклидов в глинистых материалах. Проскурякова А. С., Карасева О. Н., Лакитанов Л. З., Ханин Д. А. (ИЭМ РАН) исследовали влияния состава и кислотности раствора на скорость и механизм растворения серпентина. Роговая И. В. (ГЕОХИ РАН), Каргаполова Д. С. (Университет "Дубна"), Зуев Б. К. (ГЕОХИ РАН) обсудили проблему изменения химического состава в условиях геохимического барьера на примере реки Волга в районе Ивановской ГЭС и применение аналитических методов для исследования его трансформации на уровне фракций. Русакова М. -А., Дроздова О. Ю., Лапицкий С. А. (геол. ф-т МГУ) определяли формы тяжелых металлов в речных водах бореальной зоны в период летней межени. Симакин А. Г., Девятова В. Н.

(ИЭМ РАН), Ширяев А. А. (ИФХЭ РАН) экспериментально изучали взаимодействие углекислого газа с водосодержащим альбитовым расплавом при  $P = 200$  МПа. Симакин А. Г. (ИФЗ РАН, ИЭМ РАН), Шапошникова О. Ю., Девятова В. Н., Бондаренко Г. В. (ИЭМ РАН), Исаенко С. И. (ИГ УрО РАН) исследовали природу флюида в системе С-О-CL-(H) при низкой  $fO_2$  как потенциального растворителя благородных металлов. Травкина А. В., Володин В. Д., Лигаев А. Н., Мясников И. Ю. (ГЕОХИ РАН) провели изучение особенностей распределения техногенных радионуклидов в морях Российской Арктики. Циркунова В. Д. (ИГЕМ РАН, геол. ф-т МГУ), Уланова А. С., Никольский М. С. (ИГЕМ РАН) изучали фазовые отношения в системе  $Nd_2O_3-TiO_2-ZrO_2$ . Эпова Е. С., Еремин О. В. (ИПРЭК СО РАН) определили поведение урана в экспериментах по выщелачиванию пород вольфрамовых и золоторудных месторождений Забайкалья.

### МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Володин В. Д., Травкина А. В. (ГЕОХИ РАН) разработали малогабаритный проточный анализатор морской среды на флюоресцирующие компоненты (ПАУ, хлорофилл и др.), частицы микропластика и взвесь. Молодец А. М., Голышев А. А. (ФИЦ ПХФ и МХ РАН) сделали *in situ* измерения электросопротивления железа, никеля и хромоникелевой стали при высоких давлениях ступенчато-циклического ударного сжатия. Молчанов В. П. (ДВГИ ДВО РАН), Медков М. А., Юдаков А. А. (ИХ ДВО РАН) занимались разложением титаноносного минерального сырья Кокшаровской интрузии ультрабазитов (Приморье) с использованием смеси гидродифторида и сульфата аммония. Пискунова Н. Н. (Институт геологии им. Н. П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар) проводили эксперименты по влиянию различных факторов на рост кристаллов с помощью атомно-силовой микроскопии.

Семинар завершился общей дискуссией. Участники семинара, в частности, отметили, что результаты и методы экспериментальных исследований в области наук о Земле все шире используются при изучении, как планетарных объектов, так и для решения экологических и других практических задач.

*Работа выполнена по теме Госзадания ГЕОХИ РАН.*

*Ссылка на Труды ВЕСЭМПГ 2023.*

## THE PROCEEDINGS OF THE ALL-RUSSIAN ANNUAL SEMINAR ON EXPERIMENTAL MINERALOGY, PETROLOGY, AND GEOCHEMISTRY 2023

**E. V. Zharkova**

*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences,  
ул. Косыгина, 19, Moscow, 119991 Russia  
e-mail: zharkova@geokhi.ru*

On April 11-12, 2023, Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry and the Korzhinsky Institute of Experimental Mineralogy of the Russian Academy of Sciences held the commemorative All-Russian annual seminar on experimental mineralogy, petrology, and geochemistry in Moscow (RASEMPG-2023). The seminar discussed the latest results of experimental research in the following key areas: phase equilibria under high  $P$ - $T$  conditions; formation and differentiation of magmas; interactions in fluid-melt-crystal systems; hydrothermal equilibria and ore formation; mineral synthesis; thermodynamic properties of minerals, melts, and fluids; planetology, meteoritics, and cosmochemistry; physicochemical properties of geomaterials; experimental geoecology; methods and techniques of experiment. Around 250 scientists from 37 Russian research institutes and seven foreign organizations participated in the seminar, delivering over 160 reports.

**Keywords:** mineralogy, petrology, geochemistry, planetology, cosmochemistry, phase equilibria, thermodynamic properties of minerals, experimental geoecology, experimental techniques