

## ХРОНИКА ВСЕРОССИЙСКОГО ЕЖЕГОДНОГО СЕМИНАРА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ, ПЕТРОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ 2022 ГОДА

© 2023 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 29.11.2022 г.

После доработки 08.12.2022 г.

Принята к публикации 08.12.2022 г.

19–20 апреля 2022 г. в Москве прошел очередной 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  $T$ – $P$  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 200 ученых, треть из них, молодые из 40 Российских научных Институтов и 8 зарубежных организаций, представлено более 140 докладов.

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

DOI: 10.31857/S0016752523050084, EDN: ELYVDI

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

На пленарном заседании было заслушано два научных доклада. *Шацкий А.Ф. (НГУ, ИГМ СО РАН, ГЕОХИ РАН), Бехтенова А.Е., Подбородников И.В., Арефьев А.В., Виноградова Ю.Г. (НГУ, ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)* представили обзор экспериментальных данных о фазовых взаимоотношениях в силикатных системах с  $\text{CO}_2$  при давлениях 3–6.5 ГПа. Авторы обсудили основные реакции, контролируемые солидусы карбонатизированных мантийных пород (перидотитов и эклогитов) в номинально безводных условиях и в присутствии воды. Рассмотрели влияние  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  на реакции плавления, составы образующихся расплавов и область их  $P$ – $T$  устойчивости. Во втором докладе *Котельников А.Р., Чевычелов В.Ю., Сук Н.И., Коржинская В.С. (ИЭМ РАН), Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН)* оценили условия и механизм образования тантало-ниобиевого оруденения на основе изучения растворимости тантало-ниобатов в гранитных расплавах в зависимости от состава и  $T$ – $P$  параметров. Показали возможность накопления Ta, Nb в процессе магматической дифференциации и образования

специфичных Li–F гранитов, содержание тантала и ниобия в которых возрастает примерно на порядок относительно исходных магм гранитных батолитов (типа Хангилайского плутона). Экспериментально определили фазовые соотношения в системе тантало-ниобат – кварц – раствор фторида калия в широком интервале  $P$ – $T$  параметров. Таким образом, экспериментально продемонстрировали возможность образования тантало-ниобиевых месторождений по двухстадийной модели процесса рудогенеза, теоретически предсказанной в работах Г.П. Зарайского и Ф.Г. Рейфа.

### ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ ПРИ ВЫСОКИХ $P$ – $T$ ПАРАМЕТРАХ

*Арефьев А.В., Шацкий А.Ф., Бехтенова А.Е., Подбородников И.В. (НГУ, ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)* экспериментально изучали системы  $Kfs + Dol \pm Jd \pm Di \pm \text{Na}_2\text{CO}_3$  при 3–6 ГПа. Солидус системы  $Kfs + Dol$  установлен при 1200°C/3 ГПа, 1100°C/4/4.5 ГПа и 1050°C/6 ГПа. Состав солидусного расплава изменяется в следующей последовательности:  $L_{(\text{карб})} + L_{(\text{сил})}$

при 3 ГПа,  $L_{(сил)}$  при 4.5 ГПа,  $L_{(карб)}$  при 6 ГПа. Введение натрия в систему в виде  $Jd + Di$  привело к стабилизации карбонатного расплава, обогащенного натрием, при 3 ГПа/1050°C и сужению области калиевого карбонатного расплава за счет расширения области жидкостной несмешиваемости при 6 ГПа. Добавления натрия в систему в виде  $Jd$  расширяло область устойчивости натриевого карбонатного расплава в сторону низких температур при 3 ГПа, расширяло область жидкостной несмешиваемости при 4 и 4.5 ГПа, а также область калиевого карбонатного расплава при 6 ГПа. Добавление натрия в виде  $Na_2CO_3$  приводило к стабилизации натро-калиевого карбонатного расплава в широком диапазоне температур и давлений и значительному сужению  $P$ – $T$  области жидкостной несмешиваемости. *Арефьев А.В., Шацкий А.Ф., Бехтенова А.Е., Подбородников И.В. (НГУ, ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)* исследовали систему пелит- $CO_2$  при 3–6 ГПа. Сравнение солидуса безводного карбонатизированного пелита с водосодержащим показало, что в присутствии воды солидус системы понижается на ~200°C при 2.5–3 ГПа и ~75°C при давлениях  $\geq 5$  ГПа без значительного изменения состава солидусного расплава. *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, ИЭМ РАН)* экспериментально исследовали системы перидотит– $K_2CO_3$ – $H_2O$  и базальт– $K_2CO_3$ – $H_2O$  при давлении 7 ГПа в диапазоне температур 900–1200°C. Сделали вывод о возможности кристаллизации титансодержащих флогопитов только в условиях корово-мантийного взаимодействия. *Бехтенова А.Е., Шацкий А.Ф., Подбородников И.В., Арефьев А.В. (НГУ, ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)* изучали составы карбонатного расплава в равновесии с перидотитом при 6 ГПа и 1200–1500°C. Определили, что калий-содержащий (26–35 мас. %  $K_2O$ ) карбонатный расплав с  $Ca\#$  30–34 находится в равновесии с лерцолитом, а расплавы с  $Ca\#$  10–20 и 40 находятся в равновесии с гарцбургитом и верлитом соответственно. Отметим, что с повышением температуры от 1200 до 1500°C концентрация  $SiO_2$  в карбонатном расплаве увеличивается от 1 до 11–12 мас. %. *Бехтенова А.Е., Шацкий А.Ф., Арефьев А.В., Подбородников И.В. (ИГМ СО РАН, НГУ), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)* исследовали взаимодействие фонолитового и карбонатитового расплавы с перидотитом при 6 ГПа и 1200–1500°C. Выяснили, что взаимодействие сопровождается реакцией, в результате которой  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  из фонолитового расплава реагируют с оливином с образованием ортопироксена и граната, в то время как  $K_2O$  и  $CO_2$  поглощаются сосуществующим карбонатным расплавом. *Бутвина В.Г. (ИЭМ РАН), Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ), Спивак А.В., Лиманов Е.В. (ИЭМ РАН), Во-*

*робей С.С. (ГЕОХИ РАН), Бондаренко Г.В., Ван К.В. (ИЭМ РАН)* представили результаты экспериментального изучения кристаллизации хромсодержащих К-Ва-титанатов магнетоплюмбитовой группы (имэнгита и хоторнеита) в системе хромит-рутил/ильменит в присутствии флюида  $H_2O$ – $CO_2$ – $KCO_3$ /Ba $CO_3$  при давлениях 3.5 и 5.0 ГПа и температуре 1200°C, моделирующих процессы образования этих фаз в ходе метасоматоза перидотитов верхней мантии. Выявили зависимость содержания Сг в титанатах от давления. *Виноградова Ю.Г., Шацкий А.Ф., Подбородников И.В., Арефьев А.В. (НГУ, ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН)* рассмотрели реакцию пироба с  $CO_2$  с обеих сторон путем изучения фазовых взаимоотношений в системах  $Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3CO_2 + 3MgCO_3 + 3SiO_2 + Al_2O_3$  в интервале 3–6 ГПа, 900–1500°C при длительности опытов до 170 часов. Такой подход, позволил обосновать термодинамическое положение данной реакции и установить нижний предел устойчивости пироба с  $CO_2$  по температуре при давлениях от 3 до 6 ГПа. *Гирнис А.В. (ИГЕМ РАН), Булатов В.К. (ГЕОХИ РАН), Вудланд А., Брай Г.П., Хёффер Х. (Университет Гете, ФРГ)* изучали окислительно-восстановительные взаимодействия между модельными перидотитами и метасоматитами или эклогитами в присутствии углерода в системах, не содержащих железо, при 10 ГПа и 1200–1500°C. Реакции осуществлялись за счет диффузии кислорода и углерода вдоль межзерновых каналов. Перенос основных катионов приводил к образованию карбонатизированного перидотита и алмазосодержащего эклогита. Рассмотренные процессы могут объяснять существование богатых алмазом эклогитов и малым количеством алмазов в перидотитовых ксенолитах. *Горбачев Н.С., Костюк А.В., Горбачев П.Н., Некрасов А.Н., Султанов Д.М. (ИЭМ РАН)* исследовали плавление и фазовые соотношения в системе FeS–Fe–C при 4 ГПа, 1400°C, а также поведение Re при FeS–FeC расслоении Fe–S–C расплава. *Жимулев Е.И., Чепуров А.И., Сонин В.М., Чепуров А.А., Похиленко Н.П. (ИГМ СО РАН)* экспериментально определяли взаимодействие кимберлита с металлическим железом при 4 ГПа и 1500°C. Полученные результаты свидетельствуют о неустойчивости карбонатной составляющей кимберлита в восстановительных условиях стабильности металлического железа. *Иванов М.В. (ИГГД РАН)* на основе полученных ранее уравнений состояния тройных систем  $H_2O$ – $CO_2$ – $CaCl_2$  и  $H_2O$ – $CO_2$ – $NaCl$  вывел уравнение состояния четверной системы  $H_2O$ – $CO_2$ – $NaCl$ – $CaCl_2$  и построил соответствующую численную термодинамическую модель. *Искрина А.В. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН), Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН, ИЭМ РАН), Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Кузьмин А.В. (ИФТТ РАН), Чаритон С. (Центр передо-*

вых источников излучения, Ун-т Чикаго, США), Федотенко Т. (Институт физики материалов при экстремальных условиях, ФРГ), Дубровинский Л.С. (Баварский Геоинститут, ФРГ) определили условия образования, границы фазовых переходов и изменение физических свойств постшпинелевых фаз в различных химических системах в широком  $P$ – $T$  диапазоне. Сделали обобщение имеющихся данных, а также изучили условия образования и структурные особенности высокобарных фаз в системах  $\text{Ca–Al–O(+Fe)}$  и  $\text{Mg–Al–Cr–O}$ . Йосимовска А.В. (МГУ), Оганов А.Р. (Сколтех) предприняли попытку создания геохимической классификации химических элементов под давлениями 0, 200 и 500 ГПа. Исследование основывалось на модели геохимической классификации В.М. Гольдшмидта. Карпович З.А. (ИГМ СО РАН) рассмотрел морфологические особенности алмаза, выращенного на затравках импактных алмазов Попигайской астроблемы в системе  $\text{Fe–Ni–C}$ . Костюк А.В., Горбачев Н.С., Горбачев П.Н., Некрасов А.Н., Султанов Д.М. (ИЭМ РАН) провели экспериментальное изучение системы базальт– $\text{FeS–Fe–C}$  при параметрах верхней мантии, что представляет интерес в связи с проблемами ранней дифференциации космических тел, химического состава метеоритов и магматических сульфидных месторождений. Кузюра А.В., Литвин Ю.А. (ИЭМ РАН) при давлении 6.0 ГПа и температуре 700–1400°C исследовали влияние повышенных содержаний  $\text{C–O–H}$ -флюида на возможность перитектической реакции оливина, ее температуру, составы реакционных фаз, точку стартового состава в мантийных силикат-флюидных магматических системах: оливин–жадеит–диопсид – (5 мас. %  $\text{C–O–H}$ ) и алмазообразующей силикат – ( $\text{Mg–Fe–Ca–Na–карбонат}$ ) – (7.5 мас. %  $\text{C–O–H}$ ). Лиманов Е.В., Бутвина В.Г., Сафонов О.Г., Ван К.В., Воробей С.С. (ИЭМ РАН) изучали реакции образования К-рихтерита при 3 ГПа и 1000°C. Установили, что образование К-рихтерита зависит не только от щелочности флюида, но и от соотношения самих щелочных компонентов. Лин В.В., Чепуров А.А., Туркин А.И. (ИГМ СО РАН) продемонстрировали результаты исследования кристаллизации оливинов при разложении серпентина в присутствии хромита и корунда. Литасов К.Д. (ИФВД РАН), Шацкий А.Ф., Бехтенова А.Е., Подбородников И.В. (ИГМ СО РАН, НГУ) представили результаты исследований по взаимодействию мантийных пород и минералов с SiC при 6 ГПа и 1100–1500°C. Показали, что при 6 ГПа происходит достаточно быстрое реакционное взаимодействие SiC с минералами и породами мантии с образованием металлических фаз и высокомагнезиальных силикатов и хромитов. Это означает, что они не могут находиться в равновесии, как это утверждалось ранее для ряда офиолитовых перидотитов и хромититов, а также вулканических пород,

таких как базальты и кимберлиты. Матросова Е.А. (ГЕОХИ РАН), Бобров А.В. (ГЕОХИ РАН, геол. ф-т МГУ), Бинди Л. (ун-т Флоренции), Ирифуне Т. (ун-т Эхиме) исследовали поля стабильности  $\text{Na–Ti}$ -пироксена ( $\text{Na(Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}\text{)Si}_2\text{O}_6$ ) при 10–24 ГПа и 1000–1300°C на многопуансонном аппарате высокого давления. Определили, что в зависимости от  $P$ - $T$  условий основными фазами, полученными в опытах, являются  $\text{Na–Ti}$ -пироксен (при 10 ГПа) и  $\text{Na}$ -мэйджорит в ассоциации со стишовитом и фазой  $\text{Na(Ti}_{1.5}\text{Mg}_{0.5}\text{)O}_4$  со структурой кальциоферрита (при 16 ГПа). С увеличением давления до 24 ГПа образовывался  $\text{MgSiO}_3$  бриджманит с высоким содержанием натрия и титана. Новоселов И.Д., Пальянов Ю.Н., Борздов Ю.М. (ИГМ СО РАН) для изучения взаимодействия  $\text{CO}_2$ - и  $\text{CO}_2\text{–H}_2\text{O}$ -флюидов с гранатами эклогитового и лерцолитового парагенезисов провели эксперименты в ячейке с буферирующим гематитовым контейнером при 6.3 ГПа, 950–1550°C длительностью 5–100 ч. В качестве исходных веществ использованы гранаты из ксенолитов эклогита и гранатового лерцолита, графит, а также оксалат серебра или шавелевая кислота как источник флюида. Установили, что в экспериментах происходят перекристаллизация графита и гранатов, а также частичная карбонатизация последних с образованием коэсита, кианита,  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  и карбонатной фазы. Выявленные закономерности могут быть рассмотрены как возможные индикаторы углекислого метасоматоза мантийных пород. Пальянов Ю.Н., Хохряков А.Ф., Курпьянов И.Н. (ИГМ СО РАН) провели экспериментальное обоснование индикаторов генезиса алмаза. По данным изучения реальной структуры алмаза установили, что кислородсодержащие центры ( $1065\text{ см}^{-1}$ ) являются индикаторами окислительных условий ( $f\text{O}_2$  между ССО и ССО-0.5 лог. ед.), а кремний-вакансионные центры характерны только для ультра-восстановленных сред ( $f\text{O}_2 \leq \text{IW}$ ). Индикаторами неметаллических сред являлись высокие содержания азота ( $\geq 1000\text{ ppm}$ ) в алмазах и водородсодержащие центры. Включения углеводородов и низкие концентрации азота (50–200 ppm) характерны для алмазов, синтезированных в металл-углеродных расплавах. Подбородников И.В., Шацкий А.Ф., Федораева А.С., Арефьев А.В., Бехтенова А.Е. (НГУ, ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН) представили экспериментальные данные по фазовым  $T$ – $X$  диаграммам систем  $\text{NaCl–CaCO}_3\text{–MgCO}_3$  и  $\text{KCl–CaCO}_3\text{–MgCO}_3$  при 6 ГПа и 1000–1600°C. В свете полученных данных обсудили возможную генетическую связь соляных и карбонатитовых расплавов/флюидов в мантии Земли. Похмелькин Н.С., Шацкий А.Ф., Бехтенова А.Е., Подбородников И.В., Арефьев А.В. (НГУ, ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН) получили новые экспериментальные данные по фазовым взаимоот-

ношениям в системах  $2Phl + 3Dol$ ,  $2Ph + 3Dol$ ,  $Phl + 3Cal$  и  $Ph + 3Cal$  в интервале давлений 3–6 ГПа при 900–1100°C. Раценко С.В. (ИГМ СО РАН, НГУ), Дружбин Д.А., Crichton W. (ESRF), Шацкий А.Ф. (ИГМ СО РАН, НГУ) использовали технику синхротронной монохроматической дифракции *in situ* в прессе большого объема, с помощью которой, удалось охарактеризовать кристаллическую структуру полиморфных модификаций  $CaCO_3$  в диапазоне 3–10 ГПа и 1100–2000 К и обнаружить новую модификацию “calcite-Vb”, относящуюся к структурному типу  $KClO_3$ . Раценко С.В., Шацкий А.Ф. (ИГМ СО РАН, НГУ) провели экспериментальное исследование поведения структуры Na-Ca-бербанкита при высоком давлении. Сагатов Н.Е. (ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН) на основе расчетов из первых принципов в рамках теории функционала плотности определили фазовые взаимоотношения в системе Fe–C при 100–400 ГПа и 0–4000 К. Расчеты свободной энергии Гиббса показали, что  $Fe_7C_3$ -Pbca является энергетически более выгодной модификацией, чем  $Fe_7C_3$ -P63mc при давлениях внутреннего ядра Земли и температурах выше 2100–2800 К. Сагатов Н.Е., Гаврюшкин П.Н., Сагатова Д.Н. (ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН) продемонстрировали, что исследование фазовых взаимоотношений и P-T диаграмм соединений железа с легкими элементами при высоких давлениях является одной из ключевых задач определения состава и структуры ядра Земли. Представили результаты поиска стабильных соединений и их структур в системах Ni–X и Fe–X (X = C, N, P) при 100–400 ГПа. Сагатова Д.Н., Гаврюшкин П.Н., Шацкий А.Ф., Сагатов Н.Е., Баняев М.В. (ИГМ СО РАН, НГУ), Литасов К.Д. (ИФВД РАН) в рамках теории функционала плотности рассмотрели систему CaO–CO<sub>2</sub>. Показали, что в системе помимо известного  $CaCO_3$  при давлении ~10 ГПа стабилизируются три новых соединения,  $Ca_2CO_4$ ,  $Ca_3CO_5$  и  $CaC_2O_5$ . В CaO-обогащенной части образуются ортокарбонаты кальция в двух фазах,  $Ca_2CO_4$ -Pnma ( $CaO \cdot CaCO_3$ ) и  $Ca_3CO_5$ -Cmcm ( $2CaO \cdot CaCO_3$ ). Структуры ортокарбонатов содержали изолированные группы  $[CO_4]$ -тетраэдров и являлись структурными аналогами силикатов кальция и бария. Сагатова Д.Н., Шацкий А.Ф., Гаврюшкин П.Н., Сагатов Н.Е. (НГУ, ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН) представили результаты расчетов реакций взаимодействия  $Ca_2CO_4$  и  $CaC_2O_5$  с главными и второстепенными минералами-фазами мантии Земли в диапазоне давлений 20–100 ГПа и температур 300–2000 К на основе теории функционала плотности с помощью метода решеточной динамики в рамках квазигармонического приближения. Слободов А.А. (ГТИТУ, Ун-т ИТМО), Шорников С.И., (ГЕОХИ РАН), Мелентьев А.В., Осипов П.Е., Ефимов Р.Д. (Ун-т ИТМО)

проводили термодинамическое определение фазовых ассоциаций по составу продуктов их испарения. Показали корректность и высокую эффективность предлагаемого метода для исследования самых сложных геохимических систем и процессов. Федькин В.В. (ИЭМ РАН) рассмотрел условия происхождения контрастных серий пород в коровых эклогит-глаукофансланцевых комплексах. Черткова Н.В. (ИЭМ РАН), Бурова А.И. (МГУ, ИЭМ РАН), Спивак А.В., Захарченко Е.С., Литвин Ю.А., Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН), Бобров А.В. (МГУ, ИЭМ РАН) применили различные экспериментальные методики исследования минеральных ассоциаций и фаз  $H_2O$ , захваченных в виде включений в алмазах, в диапазоне давлений от 4 до 8 ГПа и температур от 500°C до 1250°C. Наблюдения *in situ* с использованием ячейки с алмазными наковальнями выявили кристаллизацию льда VII в ассоциации с минералами ильменита и оливина при охлаждении от 890°C при 4 ГПа, что согласуется с данными, полученными для природных образцов. С другой стороны, нагрев этой ассоциации до 1200°C при давлении 6 ГПа приводил к образованию новой минеральной ассоциации, ильменита, пироксена и клиногумита. Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы для реконструкции термобарического режима захвата минеральных и флюидных включений при росте и перемещении алмаза в литосфере. Шаранова Н.Ю., Бобров А.В. (геол. ф-т МГУ), Спивак А.В. (ИЭМ РАН) поставили серию экспериментов при 7.0 ГПа и 900–1600°C на твердофазовой установке тороидного типа (“наковальня с лункой”) в ИЭМ РАН, в результате чего была построена фазовая T-X диаграмма системы FeS–NiS. Согласно полученным результатам, в изученном диапазоне составов образовывалась непрерывная серия твердых растворов сульфидных минералов. Проследили эволюцию состава моносульфидного твердого раствора и сульфидного расплава в условиях алмазной фации глубинности при изменении температуры.

## ОБРАЗОВАНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МАГМ

Арискин А.А., Бармина Г.С., Николаев Г.С. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН) представили ретроспективу работ по геохимической термометрии земных и лунных магматических пород. Детально обсудили базовые принципы подхода, который сложился в 80-х гг. прошлого столетия при попытках генетической интерпретации магматических пород из реголита Моря Кризисов на Луне, доставленного на Землю АМС Луна-24. Асавин А.М., Сенин В.Г. (ГЕОХИ РАН) рассмотрели модели формирования мельтейгит-якупирангито-ийолитовой щелочной фазы Гулинского плутона (дифференциация, выплавление из эклогитовой мантии и др.). Данные

по составам минералов в якупирангитах и расплавленных микровключений использовали для оценки физико-химических условий эволюции этих расплавов. *Асавин А.М., Шубин И.И., Серова Л.Д. (ГЕОХИ РАН)* изучали реакции высокого давления в четырех различных генерациях клинопироксена из щелочных якупирангитов Гулинского плутона. *Бычков Д.А., Коптев-Дворников Е.В. (геол. ф-т МГУ)* решали проблему равновесности закалочных экспериментов в системах силикатный расплав – твердые фазы и предложили подходы к ее решению. *Бычков Д.А., Романова Е.С., Коптев-Дворников Е.В. (геол. ф-т МГУ)* вывели уравнение (композициметр) для расчета равновесия расплав–оливин в диапазоне от “сухих” до водонасыщенных систем. *Козарко Л.Н. (ГЕОХИ РАН)* рассмотрела генезис кальцитовых карбонатитов в процессе плавления метасоматизированной мантии. Взаимосвязи между стеклом, сульфидом и карбонатом позволили предположить, что силикатные, сульфидные и богатые Са карбонатитовые расплавы находились в равновесии друг с другом и возникли в результате частичного плавления метасоматизированного и верлитизированного перидотита. На основе этих данных была разработана двухэтапная модель образования карбонатита, богатого кальцитом: первая стадия – метасоматическая верлитизация и карбонатизация мантийного субстрата; вторая стадия – частичное плавление карбонатизированного верлита, приводящая к образованию кальциокарбонатитов. *Крук А.Н., Сокол А.Г. (ИГМ СО РАН)* впервые экспериментально исследовали механизмы вскипания кимберлитовой магмы на начальном этапе ее подъема с использованием кимберлитоподобных расплавов, которые образуются за счет растворения гранатового лерцолита в модельных богатых  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  карбонатных расплавах при давлении 5.5 и 3.0 ГПа. *Мальков Б.А. (СыктГУ им. П. Сорокина), Куратов В.В. (ФМИ Коми НЦ УрО РАН)* рассмотрели альтернативные гипотезы происхождения аномально-алмазоносной кольцевой структуры Кумдыколь в Кокчетавском массиве (северный Казахстан). *Митяев А.С., Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ), Варламов Д.А. (ИЭМ РАН)* провели экспериментальное и термодинамическое изучение процессов дегидратации/декарбонатизации и частичного плавления карбонатсодержащих пород в условиях высокотемпературного метаморфизма. *Пиеницын И.В., Арискин А.А., Николаев Г.С., Соболев С.Н. (ГЕОХИ РАН)* представили результаты по оценке параметров исходной магмы и растворимости серы в расплаве при формировании сульфидной минерализации в придонном плагиоперидотитовом апофизе (апофиз DV10) Йоко-Довыренского массива. *Русак А.А., Луканин О.А. (ГЕОХИ РАН)* моделировали процессы формирования в магматических системах металлической фазы железа, которые в природ-

ных условиях реализуются в некоторых базальтовых магмах (например, базальты о-ва Диско), а также могут протекать при плавлении восстановленной мантии Земли и в других планетных телах. Построили трехкомпонентную диаграмму плавления для системы  $\text{SiO}_2\text{--MgO--FeO}$  и показали область возможного выделения металлических капель железа при ультра-восстановительных условиях. *Соболев С.Н., Пиеницын И.В. (ГЕОХИ РАН), Арискин А.А. (геол. ф-т МГУ, ГЕОХИ РАН), Николаев Г.С. (ГЕОХИ РАН)* рассмотрели корреляцию поведения меди, никеля, серы, тугоплавких ЭПГ и хрома с CSD (распределение кристаллов по размеру) оливина в нижней части разреза дунитов Йоко-Довыренского массива. *Шишкина Т.А., Аносова, Мигдисова Н.А., Суцевская Н.М. (ГЕОХИ РАН)*, используя методики LA-ICP-MS, определили содержания элементов-примесей (Cu, Zn, Co, Ni, Mn, Cr, Sc, V, Ca, Ti, Al, Y, Yb) во вкрапленниках оливина из вулканических пород разных геологических обстановок, таких как островодужные базальты, базальты срединно-океанических хребтов, высокощелочные породы континентального вулканизма. *Щекина Т.И., Зинovieва Н.Г. (геол. ф-т МГУ), Русак А.А. (ГЕОХИ РАН), Хвостиков А.А. (ИПТМ РАН), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Алферьева Я.О., Граменицкий Е.Н. (геол. ф-т МГУ)* изучали кристаллизацию породообразующих минералов и фаз редких элементов в обогащенной фтором модельной гранитной системе при понижении температуры от 800 до 500°C при давлении 1 кбар.

#### ВЗАМОДЕЙСТВИЕ В СИСТЕМАХ ФЛЮИД–РАСПЛАВ–КРИСТАЛЛ

*Алферьева Я.О., Граменицкий Е.Н., Щекина Т.И. (геол. ф-т МГУ)* исследовали взаимодействие кальцита и фторсодержащего гранитного расплава при 700°C и 1 Кбар. Получили зональную колонку, которая явилась результатом контактово-реакционного взаимодействия кальцита и фторсодержащего гранитного расплава. *Девятова В.Н. (ИЭМ РАН), Симакин А.Г. (ИЭМ РАН, ИФЗ РАН), Некрасов А.Н. (ИЭМ РАН)* провели опыты при 1050°C,  $P_{\text{H}_2\text{O}} = 2$  Кбар и  $t = 24$  ч по изучению стабильности чистого синтетического безжелезистого паргасита  $\text{NaCa}_2\text{Mg}_4\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$  и его взаимодействию с расплавами, близкими по составу к уриту и пироксениту. Поведение паргасита при взаимодействии с расплавами различного состава подтвердило эффект влияния активности кремнезема на стабильность амфибола. *Котельников А.Р., Коржинская В.С., Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН), Ахмеджанова Г.М., Ван К.В. (ИЭМ РАН)* для оценки фазовых соотношений минералов–концентраторов Nb, Ta – пироклора и танталита в интервале  $TP$ -параметров, отвечающих заключительным этапам магматиче-

ского и началу гидротермального процессов, поставили эксперименты по взаимодействию данных минералов с 1 М раствором KF (NaF) с добавлением силикатного вещества ( $\text{SiO}_2$ ) в систему. Персиков Э.С. (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЕМ РАН), Бухтияров П.Г., Шапошникова О.Ю. (ИЭМ РАН) получили новые экспериментальные данные по взаимодействию магматических расплавов с водородом в динамическом режиме при температуре 1200°C и давлении водорода (10–60 МПа), позволившие понять возможную роль водорода в процессах, протекающих в магмах в земной коре и вулканическом процессе в восстановительных условиях, когда  $f(\text{O}_2) = 10^{-13} - 10^{-14}$ . Персиков Э.С. (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЕМ РАН), Бухтияров П.Г., Косова С.А. (ИЭМ РАН) использовали оригинальную установку высокого газового давления и впервые выполнили эксперименты по взаимодействию железа с метаном при температуре 900°C и давлении 100 МПа. Результаты опытов сопоставили с расчетами состава C–H флюида, равновесного с металлической фазой с фиксированным содержанием углерода. Персиков Э.С. (ИЭМ РАН), Аранович Л.Я. (ИГЕМ РАН), Бухтияров П.Г., Некрасов А.Н., Косова С.А. (ИЭМ РАН) установили, что, несмотря на высокий восстановительный потенциал системы  $\text{H}_2$ -андезитовый расплав, реакции окисления водорода и восстановления оксидов Fe в расплаве не идут до конца. Отметим, что структура и размеры экспериментально полученных металлических обосблений хорошо согласуются с природными данными о находках небольших количеств металлической фазы, прежде всего железа в магматических породах различного состава и генезиса в условиях земной коры. Расс И.Т. (ИГЕМ РАН), Шмулович К.И. (ИЭМ РАН) провели экспериментальное исследование модельной фосфатно-карбонатной системы с фтором. Родкин М.В., Рукавишников Т.А. (ИТПЗ РАН) проанализировали данные по микроэлементному (МЭ) составу гидротермальных вод Большого Кавказа в сравнении с МЭ составом нефти и грязевулканических вод Предкавказья и Закавказья и ряда других регионов (в частности, Камчатки). Ходоревская Л.И., Варламов Д.А. (ИЭМ РАН) при  $T = 750^\circ\text{C}$ ,  $P = 500$  МПа в условиях градиента температуры и давления внутри ампулы воспроизвели опыты по выносу Si, Al, K, Na из гранитного стекла  $G1$  и их перетолжению на амфиболите с образованием гранитного стекла  $G1_1$ . Хохряков А.Ф., Крук А.Н., Сокол А.Г. (ИГМ СО РАН) представили результаты по растворению алмаза в расплавах, образующихся при плавлении неизмененного кимберлита из трубки Удачная-Восточная (Якутия) и модельного карбоната при 6.3 ГПа, 1200–1400°C и  $f\text{O}_2$  от буфера никель-бунзенин (NNO) до  $\text{NNO} + 3.1$  лог. ед., моделируя условия, характерные для перидотито-

вого источника кимберлитовых магм в субконтинентальной литосферной мантии. Установили, что наиболее агрессивными средами по отношению к алмазу в исследованном интервале  $T-f\text{O}_2$  являлись обогащенные водой расплавы. Скорость растворения алмаза возрастала во всех исследованных системах при увеличении  $f\text{O}_2$  и температуры. Шацкий А.Ф., Подбородников И.В., Бехтенова А.Е., Арефьев А.В. (ИГМ СО РАН), Литасов К.Д. (ИФВД РАН) исследовали влияние катионного состава карбонатов на их взаимодействие с металлическим железом при 6–6.5 ГПа и 1000–1500°C.

## ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ РАВНОВЕСИЯ И РУДООБРАЗОВАНИЕ

Алексеев В.А. (ГЕОХИ РАН) изучал коллоидный перенос металлов гидротермальными растворами. Балицкая Е.Д. (ИЭМ РАН), Плотникова И.Н. (ИПИ АН РТ), Балицкий В.С. (ИЭМ РАН), Пиронон Ж., Баррес О., Ранди А. (Université de Lorraine), Балицкая Л.В., Бубликова Т.М., Голунова М.А., Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН), Петров С.М., А.И. Лахова (КНИТУ) экспериментальным путем выясняли реальные источники жидких и газовых углеводородов при восполнении и подпитке истощенных месторождений нефти и газа. Коржинская В.С. (ИЭМ РАН) продемонстрировала результаты поведения марганца, железа, натрия и кальция при растворении природных минералов танталита и пироклора в растворах ( $m \text{HF} + 0.5m \text{HCl}$ ) при  $T = 300 - 550^\circ\text{C}$ ,  $P = 100$  МПа в присутствии кислородного буфера Co-CoO. Коржинская В.С., Котова Н.П. (ИЭМ РАН) рассмотрели влияние состава раствора и температуры на растворимость оксидов тантала и ниобия, танталита и пироклора во фторидно-хлоридных флюидах. Лантев Ю.В. (ИГМ СО РАН) осуществил расчетное моделирование миграционного состава форм золота в сульфатно-хлоридно-углекислотных флюидах. Лахова А.И., Петров С.М. (КНИТУ), Балицкий В.С. (ИЭМ РАН), Плотникова И.Н. (ИПИ АН РТ), Сеткова Т.В., Балицкая Л.В., Бубликова Т.М., Голунова М.А. (ИЭМ РАН) экспериментально изучали влияние гидротермального флюида на изменение нефтяных углеводородов различных генотипов. Редькин А.Ф., Котова Н.П. (ИЭМ РАН) выяснили особенности взаимодействия шеелита с растворами HCl при 400 и 500°C, 100 МПа и различных  $f\text{O}_2$  по экспериментальным и расчетным данным. Тарнопольская М.Е., Николаева И.Ю., Лубкова Т.Н., Бычков А.Ю. (геол. ф-т МГУ) определяли растворимость  $\text{HfO}_2$  в зависимости от концентрации NaF-HF при 300–350°C и давлении насыщенного пара воды при 400°C, 1 кбар. Таусон В.Л., Липко С.В., Смагунов Н.В., Бабкин Д.Н., Белозерова О.Ю. (ИГХ СО РАН) изучали влияние фугитивности серы на коэффициенты распределения и сокристаллизации основных металличе-

ских изоморфных примесей, а также некоторых благородных металлов в сфалерите (Ag, Au, Pt и Pd) при 450°C, 1 кбар.

### СИНТЕЗ МИНЕРАЛОВ

*Бутвина В.Г. (ИЭМ РАН), Сафонов О.Г. (ИЭМ РАН, геол. ф-т МГУ), Спивак А.В., Лиманов Е.В. (ИЭМ РАН), Воробей С.С. (ГЕОХИ РАН), Бондаренко Г.В., Ван К.В. (ИЭМ РАН)* представили результаты экспериментального исследования кристаллизации хромсодержащих К-Ва-титанатов магнетоплюмбитовой группы в системе хромит-рутил/ильменит в присутствии флюида  $H_2O-CO_2-KCO_3/BaCO_3$  при давлениях 3.5 и 5.0 ГПа и температуре 1200°C, моделирующие процессы образования этих фаз в ходе метасоматоза перидотитов верхней мантии. *Ковалев В.Н. (МГУ, ИЭМ РАН), Сеткова Т.В., Балицкий В.С., Калинин Г.М. (ИЭМ РАН), Боровикова Е.Ю. (МГУ)* показали, что кристаллы твердого раствора  $\alpha-Si_{1-x}Ge_xO_2$  являются перспективными монокристаллическими пьезоэлектриками, обладающими более высокими в сравнении с кварцем пьезоэлектрическими характеристиками и представили новые экспериментальные данные по выращиванию кристаллов  $\alpha-Si_{1-x}Ge_xO_2$  в борнокислых растворах. *Ковальская Т.Н., Ермолаева В.Н. (ИЭМ РАН), Чуканов Н.В. (ИПХФ РАН), Варламов Д.А. (ИЭМ РАН), Ковальский Г.А. (геол. ф-т МГУ, ИЭМ РАН), Калинин Г.М., Чайчук К.Д. (ИЭМ РАН)* с целью воссоздания физико-химических условий образования типоморфного минерала ультращелочных комплексов – эвдиалита провели эксперименты по его синтезу. *Осадчий В.О., Чареев Д.А. (ИЭМ РАН), Абрамова В.Д. (ИГЕМ РАН)* синтезировали мультиэлементный стандарт на основе галенита для анализа методом LA ICP-MS. *Сеткова Т.В., Спивак А.В. (ИЭМ РАН), Кузьмин А.В. (ИФТТ РАН), Балицкий В.С. (ИЭМ РАН), Шершнев И.Н. (ИЭМ РАН, ИПХФ РАН), Бубликова Т.М. (ИЭМ РАН), Лазаренко В.А., Дороватовский П.В. (КИСИ)* в термоградиентных гидротермальных условиях при температуре 600/650°C и давлении 100 МПа получили кристаллы Ge, Ga-оксида размером до 100 мкм. Комплексный анализ (РСА, КР- и ИК-спектроскопия) кристаллов показал, что данная кристаллическая фаза синтезирована впервые.

### ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ, РАСПЛАВОВ И ФЛЮИДОВ

*Воронин М.В., Осадчий Е.Г., Бричкина Е.А., Осадчий В.О. (ИЭМ РАН)* методом измерения электродвижущих сил (ЭДС) в системе Ag–Au–Te в температурном диапазоне 332–485 К определили термодинамические свойства креннерита ( $AgAu_4Te_{10}$  или  $AgAu_3Te_8$ ) в полностью твердотельной электрохимической ячейке. *Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ,*

*Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Дедушенко С.К. (хим. ф-т МГУ), Паутов Л.А. (Мин. музей им. А.Е. Ферсмана РАН), Голубев Я.В. (хим. ф-т МГУ), Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В. Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ)* провели исследование химического состава стурманита из рудника Н'Чванинг 2 (ЮАР) и рассчитали его химическую формулу. *Иванов М.В., Александрович О.В. (ИГГД РАН)* при помощи метода классической молекулярной динамики произвели расчет степени диссоциации NaCl в водном флюиде для большого набора точек в диапазоне  $T = 400-1000^\circ C$  и  $P = 0.2-20$  кбар при моляльных концентрациях от 0.05 до 2 м. Результаты расчета позволили создать простую численную модель для константы диссоциации в зависимости от  $P$ ,  $T$  и концентрации NaCl. *Королева О.Н. (ГЕОХИ РАН)* изучала бинарные стеклообразующие системы  $M_2O-GeO_2$  и  $M_2O-SiO_2$  (где М – щелочной металл) методом физико-химического моделирования на основе минимизации свободной энергии в области температур до 1500 К. *Котельников А.Р., Сук Н.И. (ИЭМ РАН), Котельникова З.А. (ИГЕМ РАН)* собрали сводку методов оценки  $PT$ -параметров природных процессов в Земной коре, основанных на экспериментальном изучении: межфазового распределения главных, малых, редких элементов и изотопов; распределения элементов между неэквивалентными позициями структуры минералов; фазовых отношений во флюидных включениях в породообразующих минералах. *Осадчий Е.Г., Осадчий В.О. (ИЭМ РАН), Поляков В.Б. (ГЕОХИ РАН)* определяли устойчивость высокобарной синтетической фазы  $AgTe_3$  при стандартных условиях. *Слободов А.А. (СПб ГТИ(ТУ), Ун-т ИТМО), Шорников С.И. (ГЕОХИ РАН), Радин М.А. (СПХФУ), Ворожцова Ю.С., Клепова А.Н. (Ун-т ИТМО)* на основе процедур экспертизы, расчета, оценки, согласования информации разработали базы стандартных термодинамических свойств для широкого круга неорганических, органических веществ и компонентов водных растворов в широкой области температур и давлений, комплекс компьютерных программ для извлечения необходимой информации. *Соколова Т.С. (ИЗК СО РАН), Филиппова А.И. (ИТПЗ РАН, ИЗМИРАН), Дорогокупец П.И. (ИЗК СО РАН)* на основе свободной энергии Гельмгольца построили уравнения состояния трех фаз  $MgSiO_3$  и рассчитали их термодинамические и термоупругие свойства при заданных  $P-T$  параметрах. *Тюрин А.В. (ИОНХ РАН), Полотнянко Н.А. (Гос. ун-т “Дубна”), Чареев Д.А. (ИЭМ РАН, Гос. ун-т “Дубна”), Попов Е.А., Згурский Н.А. (Гос. ун-т “Дубна”), Пузанова И.Г. (РХТУ)* изучали термодинамические характеристики дителлуридов рутения и платины, синтетических аналогов природных минералов, необходимые для проведения физико-химического моделирования условий образования месторождений благородных металлов. *Чареев Д.А.*

(ИЭМ РАН, Гос. ун-т “Дубна”), Полотнянко Н.А. (Гос. ун-т “Дубна”), Тюрин А.В. (ИОНХ РАН), Ганичев Я.А. (Гос. ун-т “Дубна”) провели синтез и исследовали новые термодинамические свойства кестерита, который представляет научный интерес и может быть использован, например, в тонкоплёночной фотовольтаике. Шапошникова О.Ю. (ИЭМ РАН), Симакин А.Г. (ИФЗ РАН, ИЭМ РАН), Тютюнник О.А. (ГЕОХИ РАН) представили предварительные экспериментальные данные по влиянию хлора на растворимость платины и других металлов в системе с высокой фугитивностью СО. Шорников С. И., Яковлев О. И. (ГЕОХИ), Минаев В. С. (Рамблер Групп), используя полуэмпирическую модель (Шорников, 2019), рассчитали термодинамические свойства расплавов в системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$ . Шорников С.И., Яковлев О.И. (ГЕОХИ), Слободов А.А. (СПб ГТИ) провели теоретические расчеты термодинамических свойств расплавов в системе  $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$  при высоких температурах (1200–2500 К).

## ПЛАНЕТОЛОГИЯ, МЕТЕОРИТИКА И КОСМОХИМИЯ

Бадеха К.А. (ГЕОХИ РАН, УрФУ), Демидова С.М. (ГЕОХИ РАН) отметили структурные особенности плессита в атаксите Гоба как индикатор ударного процесса. Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН) рассмотрел физическую модель, которая связывает суперконтинентальную цикличность с интенсивными бомбардировками Земли галактическими кометами в эпохи попадания Солнца в спиральные рукава и струйные потоки Галактики. Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН), Шпекин М.И. (КФУ) предположили, что бассейн Восточный на Луне мог быть создан кометами, выпавшими на Луну в конце последней бомбардировки. Воропаев С.А., Федулов В.С., Душенко Н.В., Наймушин Г.С., Кривенко А.П. (ГЕОХИ РАН) проводили эксперименты по ступенчатой дегазации хондритов типов LL, L, H, которые показали существенное содержание азота в общем составе выделяемых газов. В связи с этим, авторы рассмотрели возможность влияния фазовых переходов полевых шпатов при нагреве на объемную диффузию азота. Генералова Е.А., Дорофеева В.А. (ГЕОХИ РАН) провели оценку соотношения масс ледяной и тугоплавкой компоненты в первичных телах внешней части солнечной небулы. Рассмотрели состав газовой фазы для различных регионов диска, получили максимальные оценки отношения массы ледяной компоненты к массе тугоплавкой компоненты для региона Главного астероидного пояса, регионов Юпитера и Сатурна и транснептунового региона. Демидова С.И., Рязанцев К.М., Бадеха К.А. (ГЕОХИ РАН) применили современные аналитические методы для изучения минеральной ассоциации поздних стадий кристаллизации высокоалюми-

ниевых базальтов “Луны-16”. Дунаева А.Н., Кронрод В.А., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН) рассмотрели влияние органического вещества на тепловой режим и структурные характеристики частично дифференцированного Титана. Иванов А.А., Севастьянов В.С., Шныкин Б.А., Долгонос А.А. (ГЕОХИ РАН), Лауринвичус К.С. (ИБФМ РАН), Смирнова Л.Л. (ИПТС, г. Севастополь) предложили экспериментальную модель синтеза органических соединений на этапе предбиологической стадии Земли при генерации ультразвука прибрежной морской галькой. Ипатов С.И. (ГЕОХИ РАН) рассчитал вероятности выпадений на планеты и Луну тел, выброшенных с Земли при ее столкновении с телами ударниками. Кронрод Е.В., Кронрод В.А., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН) провели моделирование тепловой эволюции Луны, разделенной на кору, верхнюю, нижнюю мантии, зону пониженной вязкости (LVZ) и ядро в соответствии с геофизическими ограничениями. Кронрод В.А., Дунаева А.Н., Кусков О.Л. (ГЕОХИ РАН) обсудили применительно к частично дифференцированному Титану два вероятных механизма теплопереноса — глобальную конвекцию в мантии и льдах высокого давления и теплоперенос посредством движения жидкой фазы в вертикальных каналах (heat-pipe). Рассмотрели ограничения на размеры силикатного ядра и параметры каменно-ледяной мантии. Куражковский А. Ю., Цельмович В.А. (ГО “Борок” ИФЗ РАН) впервые обнаружили возрастание поступления самородных металлов на земную поверхность в ходе эпизода смены геомагнитной полярности, что может служить фактографическим подтверждением гипотезы А.А. Баренбаума. Куюнко Н.С. (ГЕОХИ РАН) предложила методику идентификации внеземного вещества по соотношению естественной и наведенной рентгеновской излучением термолюминесценции. Установила зависимость высоты пика и интенсивности термолюминесцентного свечения от ударного класса равновесных обыкновенных хондритов и рассчитала величину ударной нагрузки. Лаврентьева З.А., Люль А.Ю. (ГЕОХИ РАН) методом ИНАА определили содержания литофильных и сидерофильных микроэлементов в магнитных и немагнитных размерных фракциях из энстатитового хондрита Atlanta EL6. Лепешкин С.В., Батурын В.С., (ГЕОХИ РАН), Оганов А.Р. (Сколтех) с помощью эволюционного алгоритма, реализованного в программе USPEX, рассчитали оптимальные структуры молекул  $\text{C}_n\text{H}_m$  в широком диапазоне составов ( $1 \leq n \leq 20$ ,  $m \leq 2n + 2$ ), что позволило объединить различные гомологические ряды УВ в единый общий контекст. Построили карты стабильности, которые служат ориентиром для оценки вероятности наблюдения тех или иных молекул в различных средах. Луканин О.А., Жаркова Е.В., (ГЕОХИ РАН) обобщили полученные данные по измерению собственной летуче-

сти кислорода ( $fO_2$ ) стекловидного происхождения при температурах 800–1100°C и 1 атм., используя метод твердых электролитических ячеек. Объектами исследования выбрали образцы различных типов тектитов из европейской (молдавиты) и австрало-азиатской (индошиниты, филиппиниты, австралиты) полей рассеяния, а также импактиты из двух ударных кратеров Жаманшин (Казахстан) и Эльгыгытгын (Россия). *Люль А.Ю., Лаврентьева З.А. (ГЕОХИ РАН)* для уточнения процессов образования отдельных компонентов энстатитовых ахондритов получили данные по составу тонкозернистого металла матрицы и крупных изолированных частиц обрита Norton County. *Никитин С.М. (Лаб. петромеханики ООО “ЛС-КАМ”)* провел статистический анализ гранулометрического состава продуктов разрушения обыкновенных хондритов в условиях неоднородного сжатия. *Сорокин Е.М. (ГЕОХИ РАН), Герасимов М.В., Зайцев М.А. (ИКИ РАН), Щербаков В.Д. (геол. ф-т МГУ), Рязанцев К.М., Крашенинников С.П., Яковлев О.И., Слюта Е.Н. (ГЕОХИ РАН)* построили экспериментальную модель образования нанофазного металлического железа в реголите Луны. *Уварова А.В., Агапкин А.И. (ГЕОХИ РАН)* представили экспериментальное исследование лунного грунта-аналога Vi-75 (имитирует физические и механические свойства поверхностного лунного реголита) при отрицательных температурах. *Устинова Г.К. (ГЕОХИ РАН)* обсудила базовые процессы разделения вещества при формировании планетарных систем. *Фисенко А.В., Семенова Л.Ф., Павлова Т.А. (ГЕОХИ РАН)* рассмотрели вопрос о фазе носителя изотопно-аномальной компоненты Xe-pr2 в обогащенных наноалмазами фракциях метеоритов. *Хисина Н.Р., Бадюков Д.Д. (ГЕОХИ РАН)* изучали гипергенные изменения металл-сульфидных ассоциаций в палласите Сеймчан и в железном метеорите Дронино. *Цельмович В.А. (ГО “Борок” ИФЗ РАН), Максе Л.П. (БГУТ, Беларусь)* показали морфологию и состав магнетитовых микросфер как продуктов разрушения метеороидов в атмосфере Земли, выделенных из осадочных пород в сравнении с микросферами, образующимися в технологических процессах плавления.

#### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕОМАТЕРИАЛОВ

*Бубликова Т.М., Балицкий В.С., Некрасов А.Н., Сеткова Т.В. (ИЭМ РАН), Крикунова П.В. (геол. ф-т МГУ)* провели экспериментальное исследование влияния концентрации растворов аммиака на размеры кристаллов малахита в процессе их массовой кристаллизации. *Вигасина М.Ф. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей РАН), Дедушенко С.К. (хим. ф-т МГУ), Огородова Л.П., Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ)* с помощью Ра-

мановской и Мёссбауэровской спектроскопией изучали стурманит из рудника Н’Чванинг 2 (ЮАР). *Гальпина О.В. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей РАН), Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В., Ксенофонтов Д.А., Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ)* исследовали образец рруффита из коллекции А.А. Годовикова, собранной в 1953 г. в зоне окисления арсенидного никель-кобальтового месторождения Хову-Аксы (республика Тыва, Россия). *Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей РАН), Ксенофонтов Д.А. (геол. ф-т МГУ), Паутов Л.А. (Мин. музей РАН), Мельчакова Л.В., Вигасина М.Ф., Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ)* провели рентгенографическое исследование стурманита из рудника Н’Чванинг 2 (ЮАР). *Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей РАН), Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В., Ксенофонтов Д.А., Огородова Л.П. (геол. ф-т МГУ)* занимались рентгенографическим, термическим и КР-спектроскопическим изучением пектолита из карбонатитовых массивов Карело-Кольской и Маймеча-Катуйской щелочных провинций. *У Жуйсян, Ряховская С.К. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей РАН)* изучали образование редкоземельных фосфатов из проявления Сфеновое (Восточный Памир, Таджикистан). *Ковалев В.Н. (МГУ, ИЭМ РАН), Спивак А.В., Сеткова Т.В., (ИЭМ РАН), Боровикова Е.Ю. (МГУ), Захарченко Е.С. (ИЭМ РАН)* с помощью КР-спектроскопии исследовали кристаллы твердого раствора  $Si_{1-x}Ge_xO_2$  со структурой  $\alpha$ -кварца при давлении до 30 ГПа. *Кошелев А.В., Осадчий Е.Г., Кирюхина Г.В. (ИЭМ РАН)* твердофазным методом получили кристаллы состава  $Ni_3Cu_2Sn$  со структурным типом CuAu и изучили их магнитные свойства. *Кузин А.М. (ИПНГ РАН)* предложил геомеханическую модель земной коры в области нефтегазообразования. *Федяева М.А. (геол. ф-т МГУ), Лепешкин С.В. (ГЕОХИ РАН), Оганов А.Р. (Сколтех)* с помощью эволюционного алгоритма, реализованного в программе USPEX, провели глобальную оптимизацию кластеров серы, содержащих от 2 до 26 атомов. На основе этих данных определили наиболее устойчивые (“магические”) кластеры, которые должны обладать наибольшей распространенностью. *Хайрулина А.И. (геол. ф-т МГУ), Гриценко Ю.Д. (геол. ф-т МГУ, Мин. музей РАН), Вигасина М.Ф., Мельчакова Л.В. (геол. ф-т МГУ)* занимались спектроскопическим и термическим изучением темно-синего берилла из Горно-Бадахшанской области, Таджикистан. *Цельмович В.А. (ИФЗ РАН, Борок), Доронищева Е.В. (Лаб. доистории)* исследовали микроструктуры и состав кремневых артефактов из слоев 7 и 8 грота Сосуко в Приэльбрусье.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЯ

*Агапкин И.А. (ГЕОХИ РАН)* провел сравнение гранулометрического состава камчатского вулканического пепла с лунным реголитом. *Гришанцева Е.С., Лубкова Т.Н., Николаева И.Ю. (геол. ф-т МГУ)* обсудили результаты применения процедуры SBET (Simplified Bioaccessibility Extraction Test) для оценки биодоступности тяжелых металлов (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Mn) из донных осадков. *Жариков А.В., Мальковский В.И., Юдинцев С.В. (ИГЕМ РАН)* изучали проницаемость образцов горных пород для оценки коллоидной миграции радионуклидов. *Котельников А.Р., Ахмеджанова Г.М. (ИЭМ РАН), Криночкина О.К. (НИУ МГСУ), Белоусова Е.О. (ИЭМ РАН)* для оценки возможности переработки экологически опасных отвалов шунгитового вещества (п-ов Занонежье, Карелия) провели опыты по их гидролитическому выщелачиванию. Попутно оценивалась степень извлечения полезных рудных компонентов из углеродсодержащего вещества шунгитовых пород, являющихся природным концентратом ряда рудных (Ni, Cu, Zn, Cd) и редких (REE, Mo, U) элементов. *Котова Н.П. (ИЭМ РАН)* экспериментальным путем изучала растворимость Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в растворах KF при 550°C, 50–500 МПа. *Кулешова М.Л. (геол. ф-т МГУ), Данченко Н.Н. (Почвенный институт им. В.В. Докучаева), Шимко Т.Г. (геол. ф-т МГУ)* оценили иммобилизующую способность глинистых материалов как геохимических барьеров для радионуклидов. *Мартынов К.В., Захарова Е.В. (ИФХЭ РАН)* провели эксперименты по одновременному выщелачиванию модельной алюмофосфатной стекломатрицы РАО подземной водой и поровой диффузии выщелоченных элементов через глинистые материалы барьеров безопасности глубинного хранилища и зон милонитизации вмещающих пород. *Мельникова И.М., Каленова М.Ю., Сапрыкин Р.В. (ВНИИХТ), Юдинцев С.В. (ИГЕМ РАН)* исследовали поведение минералоподобных матриц для иммобилизации редкоземельно-актинидной фракции в условиях гидротермального воздействия. *Мионов Д.Д. (ГЕОХИ РАН, Ин-т Экологии РУДН), Основина А.А., Багаутдинова А.С. (Ин-т*

*Экологии РУДН)* изучали химико-минералогический состав грунта эолово-аккумулятивного комплекса Сарыкум методом РФА и с применением сканирующей электронной микроскопии. *Янин Е.П. (ГЕОХИ РАН)* исследовал состав речной эпифитовзвеси (РЭ) – осадочного материала, накапливающегося на макрофитах, на необходимость изучения которого указывал В.И. Вернадский.

## МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

*Зайцев В.А. (ГЕОХИ РАН)* представил Add-Ins надстройку для MS Excel, которая дает пользователю доступ к востребованным при минералогическо-геохимической работе константам (атомным весам, распространенностям элементов) и операциям (нормализация к хондриту и примитивной мантии, перевод химических анализов в формульные единицы). Надстройка доступна на сайте ГЕОХИ [http://www.geokhi.ru/publishing/DocLib/Lab14/Geokhi\\_Z.xlam](http://www.geokhi.ru/publishing/DocLib/Lab14/Geokhi_Z.xlam). Автором также разработана программа для MS Excel, позволяющая проводить в электронных таблицах наиболее востребованные при обработке минералогическо-геохимических данных математические операции, которая доступна на сайте ГЕОХИ [http://www.geokhi.ru/publishing/DocLib/Lab14/Inequality\\_Z.xlam](http://www.geokhi.ru/publishing/DocLib/Lab14/Inequality_Z.xlam). *Зиновьева Н.Г., Шекина Т.И. (геол. ф-т МГУ), Русак А.А. (ГЕОХИ РАН), Хвостиков А.А. (ИПТМ РАН), Котельников А.Р. (ИЭМ РАН), Бычков А.Ю., Алферьева Я.О. (геол. ф-т МГУ)* сравнили результаты применения нескольких типов анализа вещества при изучении силикатных и фторидных фаз в системе Si–Al–Na–K–Li–F–O–H, содержащей редкоземельные элементы. *Молчанов В.П. (ДВГИ ДВО РАН), Медков М.А., Юдаков А.А. (ИХ ДВО РАН)* предложили технологию извлечения титана из ильменитовых руд и россыпей Ариадненской интрузии ультрабазитов (Приморье).

*Работа выполнена по теме Госзадания ГЕОХИ РАН.*

Ссылка на Труды ВЕСЭМПГ 2022: [http://www.geokhi.ru/DocLab17/RASEMPG\\_2022.pdf](http://www.geokhi.ru/DocLab17/RASEMPG_2022.pdf)