

## Проект РФФ-NSFC: рабочий семинар в Юго-Западном университете науки и технологий (Мяньян) и полевой выезд на рудник Баймулин-Линьхуа (провинция Сычуань)

Рабочий семинар в рамках российско-китайского проекта РФФ (№ 21-47-00019) — NSFC (№ 42061134018) «Межфазные взаимодействия и механизмы формирования нанопаз природного аморфного углерода и минералов алюмосиликатов и их использование для создания природоподобных нанокомпозитов» был организован с первого же года осуществления проекта, и в этом году впервые был проведен в очном формате 24–25 августа в городе Мяньян (Китай) на базе Юго-Западного университета науки и технологий (ЮЗУНиТ), одного из крупнейших вузов страны. В ходе семинара традиционно обсуждали полученные в ходе выполнения проекта результаты, планы исследований на следующий год и содействие китайско-российскому обмену и сотрудничеству по проблемам прикладной минералогии, включая глинистые минералы и материалы на основе углерода. Предыдущие рабочие семинары (в 2021-м и 2022-м годах) проводились в формате видеоконференций, так как пандемийные ограничения, особенно строго соблюдавшиеся в Китае, не давали возможности встретиться очно. В Мяньян наша команда в составе руководителя проекта с российской стороны д. г.-м. н. Е. А. Голубева, участников проекта

### **RSF-NSFC project: workshop at the Southwest University of Science and Technology (Mianyang) and field trip to the Baimulin-Linhua mine (Sichuan province)**

A workshop within the framework of the Russian-Chinese project RSF (No. 21-47-00019) – NSFC (No. 42061134018) “Interphase interactions and mechanisms of formation of nanophases of natural amorphous carbon and aluminosilicate minerals and their use to create nature-like nanocomposites” was held on August 24–25 in Mianyang (China) on the basis of the Southwest University of Science and Technology (SWUST). The seminar consisted of a scientific part, in which more than forty researchers, postgraduates and students from Russia and China participated, and nine talks were presented, a reference visit to the University Center for Analytical and Measurement Equipment, as well as a field trip to the Baimulin-Linhua oil pitch field in Sichuan Province with sampling.



Семинар в конференционном зале факультета окружающей среды и ресурсов Юго-Западного университета науки и технологий, Мяньян

Seminar at the conference hall of the Faculty of Environment and Resources, Southwest University of Science and Technology, Mianyang

д. г.-м. н. О. Б. Котовой, к. г.-м. н. Е. Л. Котовой и младшего научного сотрудника А. В. Понарядова, а также к. г.-м. н. Ю. В. Голубевой приехала из города Чэнду, где мы принимали участие в 15-м Международном конгрессе по прикладной минералогии. На этот раз семинар включил в себя не только научную сессию и обсуждение текущего проекта, но и полевой выезд. В первой части семинара в ходе почти двухчасового общения с научно-педагогическим составом и партийными работниками факультета окружающей среды и ресурсов ЮЗУНиТ были затронуты разные аспекты российско-китайского научного сотрудничества. Далее в конференционном зале факультета окружающей среды и ресурсов началась научная часть семинара, в ходе которой было заслушано девять докладов. В первой секции прозвучали выступления российских участников, председателем секции был заместитель декана факультета окружающей среды ЮЗУНиТ профессор Шийонг Сун, руководитель китайской команды проекта. Во второй были представлены доклады китайских участников, а вел секцию д. г.-м. н. Е. А. Голубев.

С китайской стороны в семинаре приняли участие более сорока человек, как научные сотрудники, так и большое количество студентов и аспирантов, представлявших ЮЗУНиТ, Ксичанский политехнический университет и Мянъянский педагогический университет. Нас немного удивило такое большое количество студентов в каникулярное время. Оказалось, из-за высокой конкуренции практически все студенты остаются летом в стенах своего вуза для дополнительных занятий и участия в подобных мероприятиях.

С российской стороны прозвучали следующие доклады участников проекта РФ: Е. А. Голубев «Influence carbon-mineral interaction in carbonaceous rocks on structure and properties of carbon-contain materials», О. Б. Котова «Advanced Bauxite Minerals with Improved Characteristics», Е. Л. Котова «Non-combustible mineral phases in the flotation waste of the Krasnobrodskaya-Kokskvaya coal preparation plant: illite-smectite mixed-layer minerals, siderite, quartz and others», А. В. Понарядов «Thermodynamics and synthesis of mullite matrix with improved characteristics». Для ознакомления китайских ученых и студентов с направлениями деятельности лаборатории геологии кайнозоя ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН свой доклад «Clay mineral composition of the Quaternary sediments and environmental conditions during Interglacial periods in the far north of the Russian Plain» о минералогических исследованиях, проводимых в лаборатории, сделала ее руководитель Ю. В. Голубева. Список докладов китайской группы: Шийонг Сун, Рю Лу «Construction of natural-like organophyllosilicate nanozymes for the environmental applications»; Минг Го «Effects of  $\gamma$ -ray irradiation on far-infrared emissivity properties of tourmaline»; Шукван Чен «Preparation and characterization of asphalt-based carbon materials»; Женьвэй Ли «Preparation and Cr<sup>6+</sup> adsorption performance of Fe-ZSM-5/shungite adsorbents».

В своих докладах профессор Шийонг Сун и аспирантка Рю Лу рассказали о синтезированном ими новом нанозиме. Доклады были разделены на экспериментальную (Шийонг Сун) и практическую (Рю Лью) части. Органофиллосиликаты представляют собой группу органически модифицированных филлосиликатов, полученных присоединением органических соедине-



Доклад к. г.-м. н. Ю. В. Голубевой  
Report by Cand. Sc. (geol.-min.) Yu . V. Golubeva

ний к природным глинистым минералам. Слоистая структура и поверхностные свойства позволяют широко использовать такие материалы как адсорбенты. На основе природного филлосиликата авторами был синтезирован аминопропил-функционализированный медьсодержащий органофиллосиликат (АСР) с упорядоченной двумерной слоистой структурой. Материал оказался новым нанозимом, имитирующим лакказу, с более высокой стабильностью в широком диапазоне рН, температуры и солености, чем натуральная лакказа, и который можно использовать для охраны окружающей среды. АСР достиг почти 100%-ной эффективности удаления токсичного водного гидрохинона в течение 30 минут, что намного выше, чем у натуральной лакказы. Разработанный авторами быстрый и недорогой процесс открывает новые возможности для проектирования природных каталитических систем, содержащих филлосиликаты.

Доклад Е. А. Голубева был посвящен исследованию влияния поверхности различных минералов (включений) на структуру, элементный и фазовый состав прилегающих слоев углерода в содержащих упорядоченный углерод породах (шунгитах и антракослитах) по данным STEM/EDS и электронной дифракции. Между поверхностью минеральных включений и разупорядоченной углеродной матрицей были проанализированы: а) переходные области углерода с высокой степенью графитоподобного упорядочения и протяженностью по нормали до 30 нм и б) области, где упорядоченный углерод имеет увеличенное межплоскостное расстояние в сравнении с графитовым (вплоть до 0.5 нм). Если поверхность минерала имеет существенные перепады рельефа, то переходные упорядоченные области отсутствуют. Такое упорядочение углерода на минеральных поверхностях способно влиять на физические свойства шунгитовых пород. Например, значительно увеличивается локальная проводимость, что позволяет даже низкоуглеродистым шунгитовым породам показывать хорошую проводимость и экранировать микроволновое излучение. Оптические свойства также изменяются, например, значительно усиливается сигнал рамановского рассеяния на наноразмерных упорядоченных пленках графита.

Очный формат имеет преимущества перед видеоконференциями возможностью неформального обще-





Дорога к руднику  
Road to the mine



Отбор образцов нефтяных пеков в кернохранилище  
компании Guangyuan Shengtong Mining Co  
Sampling of oil pitches in the core storage facility of Guangyuan  
Shengtong Mining Co



Поверхностные выходы битумосодержащих пород  
на участке Линьхуа  
Bitumen rocks exposures at the Linhua site

ния, обсуждения текущих дел и дальнейших планов, что мы и использовали в полной мере.

После окончания научной части семинара мы посетили университетский Центр аналитического и измерительного оборудования, располагающийся в отдельном здании. В этом центре собрано в основном оборудование фирм Карл Цейс и Шимадзу. В наличии стандартный для минералогических аналитических центров набор из сканирующих электронных микроскопов с энергодисперсионными приставками, рентгеновских дифрактометров, большого разнообразия спектрометров (рентгеновских, инфракрасных, комбинационного рассеяния), разнообразное оборудование для гранулометрического анализа и подготовки образцов, а также высокоразрешающий просвечивающий электронный микроскоп фирмы Jeol. Оборудование в этом центре обновляется планомерно каждые десять лет, и уже скоро сотрудники рассчитывают получить новые приборы.

На следующий день состоялся полевой выезд на месторождение нефтяного пека. С этим материалом связаны как часть текущих исследований, отраженных в докладе Шукван Чена «Preparation and characterization of asphalt-based carbon materials», так и дальней-

шие планы наших групп. Месторождение находится в провинции Сычуань, а ближайшим к нему городом (расстояние около 40 км) является Гуаньюань. Несмотря на то, что с ночи постоянно шел дождь и поездка не раз ставилась под сомнение, мы все-таки рискнули и отправились в путь. Собственно месторождение имеет несколько выходов нефтяных пеков (китайцы называют их асфальтом), и их добыча ведется крупной горнорудной компанией Guangyuan Shengtong Mining Co на двух рудниках – Баймулин и Линьхуа. Нас повезли на рудник Линьхуа как наиболее доступный. Незабываемое впечатление произвела горная дорога – узкая полоса асфальта, отсутствие ограждений, обрыв с одной стороны и стена с другой. Все это под непрерывным дождем, периодически переходящим из моросящего в проливной, и с текущими по асфальту и грунтовым участкам дороги потоками воды. В некоторые повороты, особенно ближе к вершине горы, на которой располагался рудник (а это высота около двух километров над уровнем моря), наш автобус вписывался только с нескольких попыток. В результате, к сожалению, до самого рудника на вершине горы нам добраться не удалось, так как продолжать поездку в такую погоду было уже слишком опасно, как и бродить по мокрым скалам, зато мы посмотрели характерные выходы пека в породах возле рудника. Затем мы побывали в богатейшем кернохранилище горнорудной компании, где собрали большую коллекцию пеков, различающихся как содержанием углерода, так и условиями формирования и свойствами. Нефтяные пеки широко используются в строительстве, изготовлении композиционных, в том числе высокотехнологичных, материалов, а пеки из проявлений Баймулин и Линьхуа относятся к числу лучших в Китае по содержанию высокорстворимых асфальтенов, и их изучение и оценки потенциала применения находятся в начальной стадии.

Обратный путь по горной дороге прошел значительно веселее, так как вниз с горы ехать было гораздо быстрее и проще, чем в гору. На этом наш рабочий семинар подошел к концу, и мы вернулись в гостиницу, чтобы готовиться к следующей поездке, в Национальный историко-геологический парк Цзяньмэнь Шудао.

Д. г.-м. н. Е. А. Голубев