

## ИПРЭК СО РАН: научные знания на благо Сибири

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (до 2003 года — Читинский институт природных ресурсов СО АН СССР / СО РАН) вошел в пятое десятилетие со дня своего создания 1 сентября 1981 года в соответствии с решением Государственного комитета СССР по науке и технике от 18 мая 1981 г. № 33, постановлением Совета Министров РСФСР от 18 июня 1981 г. № 303 и постановлением Президиума АН СССР от 13 июня 1981 г. № 1024.

Появление академического института в Восточном Забайкалье было неслучайным. Его создатели предполагали, что институт послужит научной базой для решения государственных программ «Медные руды Удокана», «Проблемы хозяйственного освоения зоны БАМ» и «Схема развития и размещения производительных сил Сибири и Дальнего Востока». Со временем стало ясно, что работы ученым хватит на многие годы.

С первых лет существования для института были характерны две важные особенности. Во-первых, это его комплексный характер, стремление и умение привлечь специалистов разных направлений и получить мультипликативный эффект. Вторая особенность института связана с нацеленностью на изучение и содействие вовлечению в хозяйственную деятельность богатых, но малоизученных природных ресурсов Забайкалья. Неслучайно и практически неизбежно наряду с проблемой освоения природных ресурсов в деятельности института сформировалось экологическое направление, включающее работы по комплексной программе политики землепользования, разработке региональной модели устойчивого взаимодействия общества и природы, математическое моделирование экосистем.

Сегодня ИПРЭК СО РАН — многопрофильное учреждение, современная цель деятельности которого по-прежнему включает получение и систематизацию новых знаний о природе, обществе и природных ресурсах Забайкалья и Сибирского региона путем проведения фундаментальных и приоритетных научных исследований. Наряду с нацеленностью на решение научных проблем и развитие науки в России институт видит целями своей работы повышение авторитета знаний и науки, укрепление связей между наукой и образованием, участие в образовательной деятельности, внедрение результатов интеллектуальной деятельности в соответствующие области. В шести лабораториях института работают 102 человека, из них 51 научный сотрудник, в том числе 8 докторов и 32 кандидата наук.

Лаборатория геохимии и рудогенеза под руководством профессора, доктора геолого-минералогических наук **Георгия Александровича Юргенсона** проводит комплексные междисциплинарные исследования геосистем горнопромышленных территорий Восточного Забайкалья. Учеными впервые произведена минерало-геохимическая типизация горнопромышленных территорий Забайкалья как единых ландшафтно-геохимических геосистем с орудением определенных рудных формаций и продуктов геотехногенного преобразования отходов их разработки и определены главные химические элементы, представляющие опасность для экологического состояния природной среды. Выявлены две группы экологически опасных геосистем: мышьяковые и безмышьяковые.

Исходя из наибольшей экологической опасности золотопромышленных геосистем, разработана и рекомендована к внедрению технология переработки песков для извлечения золота и тяжелых минералов. На основе определения

барьерности/безбарьерности корневых систем растений по отношению к мышьяку и висмуту рекомендовано использование этого явления для биологической рекультивации отходов горного производства золоторудных, полиметаллических и оловополиметаллических геосистем. Разработаны теоретические основы создания геотехногенных рудных месторождений по образу зон вторичного сульфидного обогащения.

В лабораторных и натурных экспериментах с использованием монтмориллонит-клиноптилолитовых пород Шивиртуйского месторождения цеолитов для извлечения лантаноидов из карьерной воды Шерловгорского оловополиметаллического месторождения получена степень их извлечения около 70 %. Это дает основу для разработки технологии извлечения РЗЭ из геотехногенных растворов, дренающих отвалы вскрышных пород и складов некондиционных руд.

В период 2010–2020-х гг. выполнено комплексное изучение многочисленных окаменелых остатков нового рода и вида динозавра *Kulindadromeus zabaikalicus*, включающих конечности, позвоночник, хвост и другие части скелета, черепа, а также фрагменты оперения и кожных покровов. Экспедиционные и камеральные исследования выполнены при участии ведущих специалистов России, Бельгии и Франции. В результате создан образ динозавра, получивший международное признание, а в 2014 году открытие было признано вторым по значимости в мире по версии журнала Science.

В лаборатории геофизики криогенеза под руководством доктора физико-математических наук **Георгия Степановича Бордонского** выполняются исследования электрофизических характеристик льда, переохлажденной воды и дисперсных сред для решения задач аэрокосмического дистанционного зондирования и микроволновой спектроскопии.

В последние годы экспериментально подтверждено существование новой кристаллической модификации льда: лед 0, который образуется из глубоко переохлажденной воды при температурах ниже  $-23^{\circ}\text{C}$ . Лед 0 был предсказан зарубежными специалистами при компьютерном моделировании. Особое свойство льда 0 заключается в том, что он является сегнетоэлектриком. При его осаждении на поверхность диэлектрика на контакте сред возникает слой с высокой электропроводностью, что приводит к существенному изменению их электромагнитных характеристик, особенно для пористых сред с наноразмерными порами. В частности, этим свойством можно объяснить свечение серебристых облаков из-за рассеяния излучения Солнца на ледяных частицах в мезосфере.

Другой результат связан с высказанной гипотезой о новом механизме физико-химических превращений с участием воды при температурах вблизи линии Вида (для земных условий ее значение составляет  $-45^{\circ}\text{C}$ ). Методами микроволновой спектроскопии удалось получить первые результаты, подтверждающие гипотезу, и наблюдать изменение скорости химических превращений некоторых химических соединений в пористых телах.

Предполагается, что обнаружение новых физико-химических свойств переохлажденной воды позволит рассматривать холодные регионы Арктики и Субарктики как возможные области трансформации и активизации физико-химических процессов при низких температурах в атмосфере, гидросфере и биосфере.

Сотрудниками лаборатории выполняются исследования динамических процессов во льдах. Была обнаружена самоорганизация в объеме льда в виде волн течения при возникновении пластической деформации среды. Волны течения имеют характерную длину порядка одного сантиметра и низкую скорость распространения. Они представляют собой чередование кристаллического и аморфного состояния льда. На основе этого эффекта предложен способ и получен патент на радарный метод обнаружения начала схода горных ледников.

В лаборатории геоэкологии и гидрогеохимии ведутся исследования геохимии природных и техногенных вод. С применением новейших химико-аналитических и изотопных методов получены новые данные по химическому и микрокомпонентному составу, изотопии воды и растворенных компонентов основных типов подземных минеральных вод Забайкалья как базы для рассмотрения с современных теоретических представлений их генезиса и предложений по использованию.

Кроме определения геохимических типов вод, в том числе выявления новых для территории исследований, получены количественные значения по широкому кругу микроэлементов. Из них как типоморфные элементы впервые выделены галлий для азотных терм и цирконий для углекислых вод. Изотопными данными подтверждено метеорное инфильтрационное происхождение воды всех типов минеральных вод. Вместе с тем выявлено утяжеление состава воды с ростом концентраций кремния в азотных термах, что интерпретировано как результат фракционирования по мере протекания взаимодействия в системе вода — порода при повышенных температурах. Сероводородная сера азотных терм облегчена тяжелым изотопом  $\delta^{34}\text{S}$  по сравнению с серой сульфатной, что свидетельствует о ее биохимическом, а не глубинном генезисе. По изотопии углерода растворенных карбонатов и  $\text{CO}_2$  углекислых вод при явном по геологической ситуации коровом поступлении углекислого газа установлены некоторые значения  $\delta^{13}\text{C}$ , соответствующие мантийным меткам, что требует углубленного поиска причин этого явления, не исключая пересмотра таких значений, как только мантийных.

Одним из важнейших результатов работы лаборатории является разработка новой концепции формирования различных геохимических типов соленых озер, которая базируется на изучении химического, микрокомпонентного и изотопного состава вод озер Восточного Забайкалья, расположенных в сухостепной зоне региона и насчитывающих в периоды наибольшего распространения несколько сотен водоемов. Установлено, что по химическому составу они представлены содовым, сульфатным и хлоридным типами, что



Д.г.-м.н. С. М. Сеница и П. Годфруа (Королевский бельгийский институт естественных наук) изучают остатки динозавров *Kulindadromeus zabaikalicus*



С.н.с., к.ф.-м.н. А. А. Гурулев и н.с., к.ф.-м.н. А. О. Орлов изучают ледяной покров оз. Арахлей на частотах 13,4 ГГц и 10 ГГц

невозможно объяснить, как было принято в гидрохимии, только испарительным концентрированием. Кроме испарения воды, в качестве основных выделены взаимодействие в системе вода — порода и внутриводоемные гидробиологические процессы. С первым связано поступление в воды макро- и микрокомпонентов, со вторыми — продуцирование растворенных органических веществ и биогеохимические циклы серы и углерода.

Лаборатория водных экосистем является преемницей Забайкальской комплексной экспедиции Лимнологического института СО РАН, созданной в 1966 году. Основное направление лаборатории — структурно-функциональная организация разнотипных водных экосистем севера Центральной Азии под влиянием природных и антропогенных факторов (биоразнообразия, закономерности динамики популяций и сообществ).

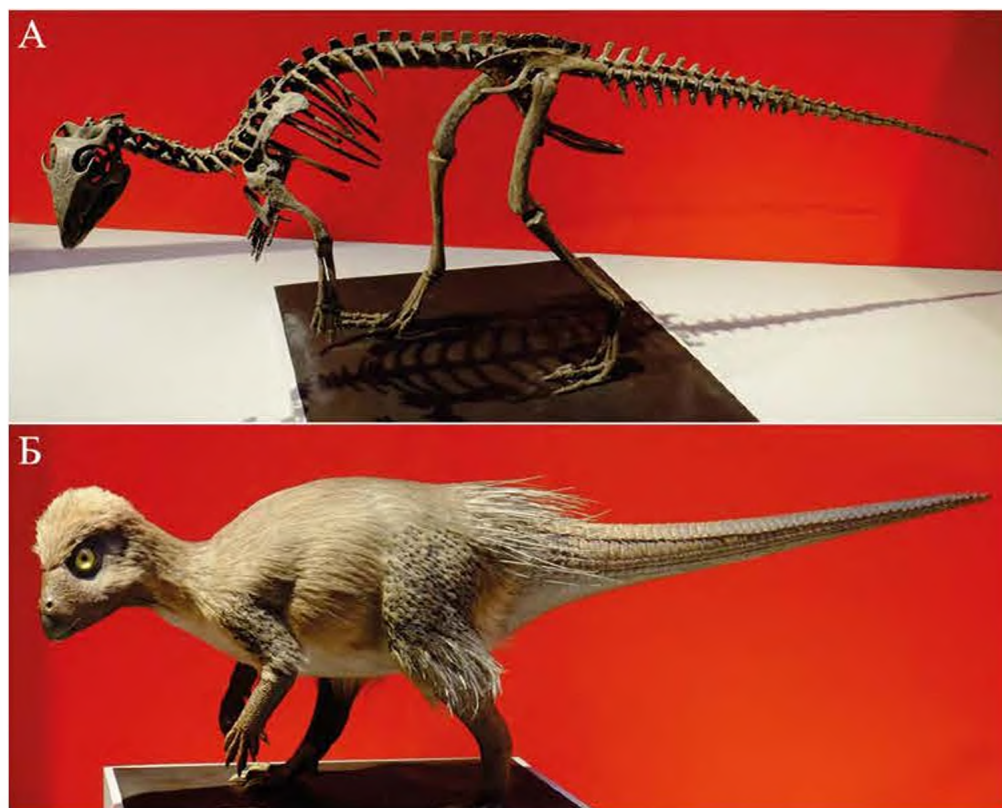
В течение нескольких десятилетий сотрудники лаборатории изучают экосистемы озера Арахлей, одного из периферийных водоемов в бассейне озера Байкал. Особенностью водоемов являются внутривековые циклические изменения структурно-функциональных показателей озерных экосистем, обусловленные колебаниями уровня воды. В многолетнем режиме озера Арахлей установлена обрат-



Национальный парк «Кодар»: Чарские пески, вид на хребет Кодар



Исследуют радиотепловое излучение ледяного



Реконструкция *Kulindadromeus zabaikalicus*

ная зависимость количественных показателей сообществ гидробионтов от уровня воды. Коэффициент корреляции между уровнем воды и численностью зоопланктона равен минус 0,73; со среднегодовой биомассой фитопланктона — минус 0,86; со средней за вегетационный сезон биомассой зообентоса — минус 0,90. При этом выявлены структурные изменения в придонных сообществах. Структура зообентоса претерпела трансформацию с моллюсково-хирономидного (1961–1965 гг.) на моллюсково-амфиподный (1995 г.). С 2000-го по 2008 год зообентос характеризуется как хирономидно-моллюсково-амфиподный. Возросшая роль амфипод обусловлена появлением в озере чужеродного вида бокоплавов *Gmelinoides fasciatus*. В макрофитных сообществах отмечено исчезновение глубоководных видов харовых водорослей, обусловленное совокупностью факторов, основным из которых является рост концентрации биогенных элементов.

Полученные фундаментальные результаты позволили за последние годы выполнить ряд прикладных исследований. В частности, разработана программа по сохранению озера Кенон, являющегося городским водоемом в черте Читы (заказчик — министерство природных ресурсов Забайкальского края). В рамках

сотрудничества с природным парком «Арей» оценено современное состояние экосистемы озера Арей для регламентации рекреационной нагрузки на его экосистемы. Выполнены работы по улучшению состояния экосистем техногенных водоемов (Харанорское и Краснокаменское водохранилища) и озер с техногенной нагрузкой (Кенон, Гусиное и др.), а также подготовлены обоснования по интродукции сиговых рыб в минеральных озерах юго-востока Забайкалья. В течение ряда лет сотрудники лаборатории продолжают мониторинговые исследования состояния экосистемы реки Амазар, на которой построена плотина целлюлозно-промышленного комбината «Полярная» (Амазарский ЦБК) и Харанорского водохранилища (АО «Интер РАО — Электрогенерация») с целью снижения негативного техногенного влияния на экосистемы.

Основные научные направления лаборатории географии и регионального природопользования посвящены вопросам физической и социально-экономической географии (региональное и городское развитие, качество жизни, ресурсы и их использование). Проводимые исследования включают изучение растительного и животного мира региона, анализ изменений климата с использованием данных наблюдательной сети Росгидромета и дендрохро-

нологических данных. Сотрудниками лаборатории регулярно проводятся прикладные работы, связанные с выполнением инженерно-гидрометеорологических и инженерно-экологических изысканий; эколого-экономических обоснований создания особо охраняемых природных территорий; мониторинга редких, нуждающихся в охране видов флоры и фауны и т. п. Выполняются экспертизы, посвященные идентификации видовой принадлежности представителей растительного и животного мира, и ботанические экспертизы с использованием дендрохронологических методов.

Анализ климатических характеристик показал, что в Забайкальском крае среднегодовая температура воздуха с 1976-го по 2021 год повысилась на 1,8 °C, при этом в последнее десятилетие отмечается наиболее интенсивный ее рост. Увеличились периоды с температурами воздуха выше определенных градаций, периоды без заморозков. Для территории региона характерно цикличное чередование влажных и сухих периодов. В настоящее время отмечается фаза повышенной увлажненности. Учитывая продолжительность предшествующих циклов водности, можно предположить, что она продлится до 2027–2030 гг. С целью исследования долгосрочных климатических колебаний на территории Забайкалья заложена сеть

более чем из 20 дендроклиматических станций. С использованием древесины стволов деревьев и исторических построек созданы длительные (500–1300 лет) древесно-кольцевые хронологии для лесостепных и высокогорных районов.

Коллектив лаборатории эколого-экономических исследований изучает эколого-экономические и социально-демографические факторы развития Сибири с учетом трансграничных взаимодействий. С конца 1990-х годов начали проводиться исследования, связанные с антропогенными факторами климатических изменений. В 2005 году вышла монография «Экологические индикаторы качества роста региональной экономики» (Москва, НИА «Природа»), основными авторами которой были ученые ИПРЭК СО РАН. В этой работе представлена оценка потенциала поглощения ассимиляционного потенциала углерода лесами региона. Там же было показано, что для Забайкалья ассимиляционный потенциал на два порядка превышает объемы всех антропогенных выбросов окиси углерода. Определены объемы выбросов в результате лесных пожаров и установлено, что они могут быть сопоставимы с величиной ассимиляционного потенциала в наиболее пожароопасные годы. В 2003 году, когда лесные пожары достигали катастрофических масштабов, в районах наиболее интенсивной промышленной заготовки леса объемы выбросов в результате пожаров в несколько раз превышали потенциал поглощения углерода.

Значительное место в тематике лаборатории эколого-экономических исследований занимают вопросы зеленой экономики. Разработана авторская методика количественной диагностики «зеленого роста» региональной экономики. Установлено, что, несмотря на снижение удельных показателей негативного воздействия на окружающую среду и наблюдаемые тенденции «зеленого роста», экономический рост чаще всего можно охарактеризовать, как «коричневый», а в некоторых регионах Сибири и Дальнего Востока — как «черный». Проведены межрегиональные сравнения по показателям «зеленого роста» для российских регионов, а также для сопредельных провинций Китайской Народной Республики, экономические связи с которыми играют важную роль для регионов востока России.

Вступая в пятое десятилетие своего существования, институт может продемонстрировать широкий диапазон исследований в целом ряде важнейших направлений наук о Земле и экономики. Многие работы проводятся в тесной коллаборации с другими научными, образовательными и природоохранными организациями. В прикладной сфере заказчиками выполняемых институтом работ выступают ПАО «ГМК «Норильский никель», «Удоканская медь», «Аэрофлот — Российские авиалинии» и десятки других организаций. Тот заряд комплексности, многофункциональности, нацеленности на решение конкретных естественно-научных, технологических, социально-экономических задач, стоящих перед обществом, который был заложен отцами-основателями ИПРЭК СО РАН, членом-корреспондентом АН СССР, доктором геолого-минералогических наук Фёдором Петровичем Кренделевым и доктором географических наук Алексеем Александровичем Недешевым, продолжает поддерживаться его коллективом. Именно он обеспечивает то важное место, которое институт продолжает занимать в качестве одного из форпостов сибирской науки.

ИПРЭК СО РАН  
Фото С. В. Цыренжапова  
и С. А. Решетовой