

ОТЗЫВ
официального оппонента Д.В. Киселевой на докторскую работу
Даниленко Ирины Владимировны
**«МИНЕРАЛОГИЯ АУТИГЕННЫХ КАРБОНАТОВ В ГОЛОЦЕНОВЫХ ДОННЫХ ОСАДКАХ
МАЛЫХ СОЛЁНЫХ ОЗЁР ЗАБАЙКАЛЬЯ»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
Специальность 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические
методы поисков полезных ископаемых»

Диссертационная работа И.В. Даниленко посвящена изучению аутигенных карбонатов в голоценовых донных осадках малых бессточных солёных озёр Забайкалья (Республика Бурятия): Большое Окунёвое, Долгое, Сульфатное, Верхнее Белое и Большое Алгинское, с целью выявления закономерностей их формирования и последовательности осаждения в зависимости от изменений региональных природно-климатических обстановок. На основе детальных минералого-кристаллохимических исследований аутигенных карбонатов из датированных осадочных разрезов изучаемых минеральных озёр Забайкалья докторантом получены детальные летописи регионального климата голоцена (последние 10 тыс. лет).

Актуальность темы исследования обусловлена недостаточной изученностью процессов и продуктов карбонатообразования в озёрных бассейнах вследствие того, что природные низкотемпературные карбонаты озёрных осадков плохо окристаллизованы и представляют собой тонкозернистые, пелитоморфные агрегаты, что затрудняет изучение их структурных характеристик. При этом аутигенная карбонатная компонента донных осадков малых минеральных озёр отчётливо реагирует на вариации окружающих природно-климатических обстановок, что позволяет использовать их ассоциации, структурные и кристаллохимические особенности в качестве надёжных индикаторов климатических изменений и основы для региональных палеоклиматических реконструкций.

Научная новизна работы не вызывает сомнений и состоит в применении автором уникального современного метода математического моделирования рентгеновских дифракционных спектров карбонатов, не имеющего аналогов в мировой практике, и позволяющего проводить дифференциальную диагностику минеральных фаз, определять положение, интегральную интенсивность основного аналитического пика каждой фазы, определять количественные соотношения минералов в образце и их распределение в разрезе, обусловленное сменой обстановок осадконакопления в водоёме. Также впервые для донных отложений ряда изучаемых озер Забайкалья выполнены литолого-минералогические и геохимические исследования, на основании которых воссоздана история их эволюции и

получены детальные летописи региональных климатических обстановок на протяжении голоцене.

Значимость полученных результатов заключается в выявлении и использовании диссертантом минеральных ассоциаций низкотемпературных хемогенных карбонатов, их кристаллохимических и структурных особенностей, а также последовательности их формирования в качестве важного элемента построения палеоклиматических летописей.

Диссидентом решена задача воссоздания эволюции водных бассейнов изучаемых озёр на основе использования хемогенных карбонатов в донных осадках мелководных бессточных минеральных озёрах в качестве чувствительных индикаторов климатических изменений, что в перспективе может помочь спрогнозировать процессы образования месторождений полезных ископаемых.

Отмечу большой личный вклад автора в работу, заключающийся в тщательном изучении кернового материала озерных осадков, отборе проб, проведении пробоподготовки образцов для рентгеноструктурного и ИК-спектроскопического анализа, расшифровке дифрактограмм и ИК-спектров, определении минерального состава донных осадков. Диссидентом проведено детальное исследование карбонатных минералов количественным методом ИК-спектроскопии, а также методом моделирования их XRD-профилей функцией Пирсона VII, определены их кристаллохимические, структурные особенности и количественное соотношение в изучаемых донных отложениях.

Результаты исследований по теме диссертации изложены в 16 научных работах, опубликованных соискателем, из которых 9 статей в журналах, входящих в перечень Высшей аттестационной комиссии РФ, а также в международные реферативные базы данных Web of Science, Scopus. Защищаемые положения, ключевые аспекты и практические результаты диссертационной работы докладывались на семи российских и международных конференциях и совещаниях. Материалы исследования были получены в ходе выполнения трех грантов РФФИ. Такая широкая степень апробации полученных диссидентом результатов свидетельствуют о высокой степени достоверности и обоснованности выводов.

Диссертация объемом 159 страниц состоит из введения, 5 глав и заключения, включает 55 рисунков, 17 таблиц и 5 приложений. Список использованной литературы насчитывает 161 наименование.

Во **Введении** изложена актуальность темы исследования, определены цель и задачи, приведены сведения об объектах исследования, фактическом материале и используемых методах исследования, сформулированы научная новизна, защищаемые положения, значимость полученных результатов, приведены данные о научной апробации, личном вкладе автора,

соответствии результатов работы научной специальности 1.6.4 и структуре диссертации, а также благодарности.

В **Главе 1** приведена физико-географическая характеристика Забайкалья, включая описание его географического положения и рельефа, приводятся гидрологические условия территории Забайкалья и особенности подземных и поверхностных вод, а также климатические условия.

Глава 2 посвящена объектам и методам исследования. Даётся типизация озер по морфометрическим параметрам, минерализации, химическому составу, а также описание составляющих частей донных отложений и их классификация. Отмечен возрастающий интерес к минерализованным озерам в связи с их экономическим потенциалом и повышенной рентабельностью добычи полезных компонентов относительно «твёрдых» руд (например, литий). Приводится общая характеристика изученных малых озер Забайкалья, относящихся к Баргузинской и Еравнинско-Гусиноозерской озёрным системам. Отмечено, что в изученных минеральных озёрах среди хемогенных минералов преобладают карбонаты, состав, структурные характеристики, обстановки и последовательность образования которых детально рассматриваются в следующих главах диссертационной работы.

Керны донных отложений малых солёных озёр Забайкалья: Долгое, Большое Окунёвое, Большое Алгинское, Сульфатное, Верхнее Белое исследованы набором методов, включающим лазерную гранулометрию (Analysette22), рентгеновскую дифрактометрию (ARL X'TRA, излучение CuKa), ИК-спектроскопию (Фурье-спектрометр VERTEX 70 FTI), сканирующую электронную микроскопию (LEO 1430 VP с приставкой EDX OXFORD), определение стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ (Finnigan MAT 253), определение элементного состава методами РФА СИ (Сибирский центр синхротронного излучения, Новосибирск) и атомной абсорбции AAC (SOLAAR M6) в АЦ ИЗК СО РАН (Иркутск), а также определение возраста осадков методом радиоуглеродного (^{14}C) датирования (AMS) по карбонатному и органическому веществу в различных российских и зарубежных научных организациях. Для большинства озер ^{14}C -датировки приведены в соответствие с календарным возрастом с использованием калибровочной кривой INTCAL 13 (Reimer et al., 2013). Калибранный возраст рассчитывался по программе OxCal 4.2 (Ramsey, 2009). Для уточнения возраста верхних горизонтов разрезов некоторых озёр было выполнено датирование гамма-спектрометрическим методом по неравновесному ^{210}Pb на низкофоновом гамма-спектрометре с колодезным коаксиальным детектором из сверхчистого германия (HPGe) с чувствительностью определения радионуклидов на уровне 0,05 Бк.

В работе применён уникальный современный метод математического моделирования рентгеновских дифракционных спектров карбонатов с использованием программного пакета

OriginLab (Версия 7.5), позволяющий проводить дифференциальную диагностику отдельных минеральных фаз, определять положение, интегральную интенсивность аналитического пика каждой фазы, получить количественные соотношения минералов в образце и их распределение в разрезе. Необходимость применения данного метода обоснована наличием вариаций полученных межплоскостных расстояний в образцах.

У оппонента возник ряд уточняющих вопросов относительно проведения аналитических исследований:

- Чем обусловлен выбор функции Пирсона VII для аппроксимации дифрактограмм и как оценивается адекватность этой аппроксимации?
- Как оценивалась интенсивность полос поглощения при 876-883 и 1435-1445 см⁻¹ в ИК-спектрах для количественного определения содержания карбонатов – по высоте или по площади пика? С использованием программного обеспечения спектрометра? Почему, аналогично дифрактометрии, не использовали OriginLab для оценки интегральной интенсивности пиков и учета накладывающихся линий?
- Уточните, пожалуйста, состав государственных стандартных образцов горных пород для контроля правильности результатов рентгенофлуоресцентного анализа. Соответствовали ли они по матрице исследуемым пробам карбонатов?
- Каким методом осуществлялась градуировка рентгеновского спектрометра – построение градуировочного графика (если да, то какие образцы использовали для градуировки, ГСО?) или бесстандартным методом фундаментальных параметров?

Изложенный в главе 2 материал позволяет обосновать научную новизну работы (пункт 3).

Глава 3 описывает структурные особенности и устанавливает диапазон условий образования низкотемпературных аутигенных карбонатов, таких как широко распространённые арагонит, кальцит, Mg-кальцит различного состава, доломит, так и редких – моногидрокальцит, гидромагнезит. Приводятся факторы хемогенного карбонатообразования в природных условиях, благоприятные для специфических эвапоритовых обстановок малых солёных внутренних озёр.

Изложенный в главе 3 материал позволяет сформулировать **первое** защищаемое положение и обосновать научную новизну работы (пункт 2).

В **Главе 4** показано, что исследованные голоценовые отложения озёр обеих групп в целом представляют собой сложную смесь терригенных и хемогенных компонентов, процентные содержания которых могут значительно варьировать в разрезах. Терригенные минералы представлены преимущественно кварцем, плагиоклазом, калиевыми полевыми шпатами и слоистыми силикатами – мусковитом, хлоритом, смектитом, иллитом, каолинитом, смешанослойным иллит-смектитом. Хемогенная составляющая сложена главным образом

карбонатами и, изредка, гипсом. Также в осадках может присутствовать некоторое количество ОВ. В осадках исследованных озёр содержание аутигенных карбонатов колеблется от 5 до 50 мас. %, они главным образом относятся к кальцит-доломитовому ряду и представлены хемогенным кальцитом, Mg-кальцитами разной степени магнезиальности и Ca-избыточными доломитами. В середине осадочной толщи озера Верхнее Белое обнаружен арагонит. В низах разреза озера Долгое обнаружен родохрозит, а в верхах разреза, впервые в осадках малых озёр Байкальского региона, обнаружен гидромагнезит.

Изложенный в главе 4 материал позволяет сформулировать **второе** защищаемое положение и обосновать научную новизну работы (пункт 1).

В **Главе 5** история каждого из озёр и их осадков рассмотрена по группам в соответствии с возрастными границами осадочных разрезов и на основании анализа хемогенных карбонатных минералов донных отложений: их кристаллохимических особенностей, последовательности формирования и данных изотопного состава $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{13}\text{C}$, а также с учётом распределения в осадках Ca, Mg, Mg/Ca и Sr/Ca (для озера Верхнее Белое). По результатам исследования выделены стадии эволюции водных бассейнов исследованных малых солёных озёр Забайкалья и области преимущественной аридизации/гумидизации климата голоцена.

Изложенный в главе 5 материал позволяет сформулировать **третье** защищаемое положение и обосновать научную новизну работы (пункт 4).

В разделе **Заключение** отражены основные выводы по проделанной работе.

В **Приложениях 1-3** и 5 приведены таблицы с химическим составом исследованных донных осадков озер Верхнее Белое, Долгое, Большое Окунёвое и Сульфатное; в приложении 4 – ИК-спектры двух образцов осадков озера Большое Окунёвое.

Оппонент высоко оценивает качество иллюстративного материала, исчерпывающее количество рисунков, схем и фотографий, что очень важно для визуализации полученных данных.

Диссертационная работа И.В. Даниленко представляет собой самостоятельное, законченное научное исследование, содержащее новые научные результаты и защищаемые положения, свидетельствует о значимом личном вкладе автора в науку. Результаты, представленные в диссертации, являются оригинальными и экспериментально обоснованными. Содержание диссертации соответствует основным положениям опубликованных работ. Интерпретация полученных данных и выводы строятся на фундаментальных основах минералогии и кристаллографии. Их достоверность подтверждается использованием набора современных физико-химических аналитических методов. Диссертация написана четким научным языком, грамотно, практически не содержит опечаток. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Вопросы оппонента носят уточняющий характер, не умаляют достоинств диссертации и не влияют на ее общую высокую оценку.

Диссертация И.В. Даниленко отвечает требованиям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного приказом постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» (геолого-минералогические науки).

Диссертант Даниленко Ирина Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

кандидат геолого-минералогических наук,
и.о. заведующего лабораторией физических и химических методов исследования,
старший научный сотрудник Института геологии и геохимии УрО РАН им. Академика А.Н.
Заварицкого

Киселева Дарья Владимировна

21 ноября 2025 года

Контактные данные: тел.: +7-343-287-90-29, e-mail: kiseleva@igg.uran.ru

Специальность, по которой оппонентом была защищена диссертация: 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Адрес места работы: 620110 Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, д. 15
Институт геологии и геохимии УрО РАН им. Академика А.Н. Заварицкого
Тел. +7-343-287-90-12, e-mail: director@igg.uran.ru

Согласна на включение моих персональных данных в аттестационное дело соискателя и их дальнейшую обработку.

Подпись Д.В. Киселевой заверяю

Ученый секретарь ИГГ УрО РАН,
кандидат геолого-минералогических наук



Готтман И.А.