

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Новоселова Андрея Андреевича на тему: «Геохимия вод и особенности современного минералообразования в бессточных озерах лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины» по специальности 1.6.4 — Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых**

Актуальность темы диссертационного исследования А.А. Новоселова обусловлена слабой изученностью в целом донных отложений Западной Сибири и минералообразования, в частности. Донные отложения являются природными индикаторами всех процессов, происходящих вне и внутри водоема, отражают как природно-климатическую динамику прошлого, так и воздействие человека на все элементы экосистемы. В последние годы активно расширяются и углубляются исследования донных отложений, всех их компонентов, процессов формирования и факторов их обуславливающих. Одним из элементов донных отложений является минеральный состав, формирующийся как за счет внешних источников (аллохтонный), так и внутри водоемных процессов (автохтонный материал). Объектами исследования соискателем были выбраны малые, преимущественно бессточные озера лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины, которые являются высоко чувствительными ко всем внешним, природно- и антропогенно-обусловленным изменениям. Эти озера из-за семиаридных климатических условий, слабой проточности, небольших по площади водосборных бассейнов характеризуются господством хемогенно-биогенных внутриводоемных процессов в осадкообразовании и малой ролью твердого минерального стока. Донные отложения этих озер являются прекрасным объектом изучения процессов современного минералообразования с акцентом на образование высокомагнезиальных карбонатов (доломит, магнезит и гидромагнезит). Эта задача является актуальной научной проблемой в области литологии, минералогии и биогеохимии.

Соискателем сформулирована цель исследования как выявление особенностей геохимии вод и процессов современного минералообразования в бессточных озерах лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины.

Для её реализации были сформулированы и решены следующие три задачи: 1) установить состав и закономерности формирования вод бессточных озер пяти ключевых участков лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины; 2) идентифицировать и охарактеризовать процессы аутигенного минералообразования в донных отложениях водоемов, определить их интенсивность и разнообразие минерального состава отложений; 3) выявить роль биогенных и биохемогенных процессов в формировании высокомагнезиальных карбонатов в бессточных водоемах.

Соискателем сформулированы три защищаемых положения: 1). На территории лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины преобладают водоемы с высокоминерализованными щелочными и сильнощелочными хлоридными калиево-натриевыми водами. Варьирование содержаний основных макрокомпонентов в озерных водах как в пределах всей территории исследования, так и внутри отдельных групп, определяет различия в потенциале вторичного карбонатообразования; 2). Донные отложения озер характеризуются разнообразием аутигенных минералов, включающих в себя следующие группы минералов: галоиды, карбонаты, слоистые силикаты, сульфаты, а также гидроксиды, оксиды и сульфиды, что подчеркивает неоднородность геохимических параметров водоемов внутри групп; 3). Проанализированы процессы формирования высокомагнезиальных карбонатов в малых бессточных высокоминерализованных озёрах лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины. Установлена роль альго-бактериальных сообществ в локализации процессов карбонатообразования.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Изложена на 126 страницах, содержит 26 рисунка и 4 таблицы. Список литературы состоит из 211 наименований, в том числе 148 – на английском языке.

Во введении (стр. 4-12) обоснована актуальность темы исследования, его теоретическая и практическая значимость, дана характеристика предмета и объекта исследования, сформулированы цели, задачи и защищаемые положения. Приведены сведения об апробации и степени достоверности полученных результатов.

Первая глава «Особенности химического состава малых бессточных водоемов аридной и семиаридной зоны» (стр. 13-22) посвящена оценке роли малых водоемов в формировании континентальных биогеохимических циклов и влияния на них окружающих ландшафтов. Показана значимая роль высокоминерализованных и засоленных озер в эмиссии углекислого газа в атмосферу (парциальное давление углекислого газа поверхностных вод соленых озер превышает в 5-8 раз этот же параметр для атмосферы и газообмен минеральных озер в 2-3 раза выше, чем у пресноводных). В главе рассматривается проблема формирования высокомагнезиальных карбонатов в современных гипергенных условиях. Показан уровень региональной изученности озер Зауралья и Ишимской равнины. Соискатель хорошо владеет информацией об уровне исследований в изучаемом регионе. Однако можно было бы рекомендовать соискателю добавить в список цитируемой литературы публикации Солотчиной Э.П. с соавторами (Солотчина Э.П., Скляр Е.В., Солотчин П.А., Замана Л.В., Даниленко И.В., Склярова О.А., Татьков П.Г. Аутигенное карбонатообразование в озерах Еравнинской группы (Западное Забайкалье): отклик на изменения климата голоцена // Геология и геофизика. – 2017. – Т.58. – № 11. – С.1749-1763. 171. Солотчина Э.П., Солотчин П.А. Состав и структура низкотемпературных природных карбонатов кальцит-доломитового ряда // Журнал структурной химии. – 2014.

– Т. 55. – № 4. – С. 814-820) и диссертационное исследование Солотчина П.А. («Литолого-минералогические летописи донных отложений озер Сибирского региона как основа палеоклиматических реконструкций», диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, Иркутск, 2023 г.).

Вторая глава («Физико-географические условия территории исследований» (стр. 23 – 33) посвящена особенностям природных условий изучаемого региона, в том числе влияющих на особенности минералообразования в озерах. Отмечено, что изучаемый регион – это часть обширной Западносибирской аккумулятивной равнины. Дано описание климатических условий, поверхностных вод, растительности и почвенного покрова. Охарактеризованы особенности антропогенного воздействия на природные экосистемы. Представлены карты исследуемого региона (рис. 2.1, стр. 24) с указанием выбранных пяти районов, где были изучены озера. Однако не даны пояснения: какой принцип был заложен в выборе районов исследования? Что такое «... «сквозные» особенности...» и «... расположенных в градиенте удаления от Уральской горной страны» (стр. 23)? В чем градиент выражается, в каких единицах? Имеются опечатки. Для Зауральской степи указана сумма температур выше 0°C (стр. 29), а надо 10°C (для Ишимской равнины указано выше 10°C), и лучше писать сумма активных температур. В разделе «Поверхностные воды» нет характеристики для Ишимской равнины. Надо было показать общие черты и различия двух субрегионов – Зауралья и Ишимской равнины. Описание дано по административным единицам (Курганская, Челябинская области).

В главе 3 «Материалы и методы» (стр. 34 – 42) описаны полевые и камеральные виды исследований и анализов, методы многомерной статистики обработки данных. Исследовано 43 озера в интервале времени с 2017 г. по 2022 г. Дана характеристика озер (название, группа, к которой отнесено озеро, координаты, площади озер и водосборных бассейнов, глубины, температура воды, pH, дата пробоотбора) (табл. 3.1, стр. 35-36). Пробоотбор воды и донных отложений проводился специализированным оборудованием по стандартным методикам. В лабораторных условиях был выполнен большой объем аналитических работ (рентгеновская дифрактометрия, лазерная сканирующая микроскопия, оптическая, поляризационная и электронная микроскопия, подготовка микробиологических препаратов и их исследование под биноклем, подготовка и изучение петрографических шлифов, изучение химического состава образцов озерных вод методом жидкостной хроматографии и ряд др. методов).

В главе 4 «Химический состав вод малых бессточных водоемов лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины» (стр. 43 – 56) описываются результаты определения физико-химических параметров вод изученных озер (табл. 4.1, стр. 43-44; рис. 4.1., стр. 45), приводится анализ этих данных по группам озер (рис. 4.2., стр. 46; рис. 4.3, стр. 49). Определены ряды элементов в порядке убывания их средней концентрации. Проведена работа по



выявлению наличия или отсутствия взаимосвязи между морфометрическими характеристиками озер и физико-химическими параметрами озерных вод (анализ коэффициентов корреляции Спирмена). Установлено, что морфометрические параметры слабо влияют на формирование химического состава вод изученных озер. Оценено молярное соотношение  $Mg/Ca$ , которое контролирует формирование кальцита, магнезильного кальцита и арагонита, а также их и пропорции (рис. 4.4, стр. 53; рис. 4.5, стр. 54). Показано варьирование этого соотношения для разных водоемов и групп озёр. Установлено, что аутигенные карбонаты в донных отложениях озёр представлены преимущественно  $Ca$ -карбонатами при соотношении  $Mg/Ca$  в воде меньше 32,4. Магнезильно-кальциевые карбонаты формируются при соотношении  $Mg/Ca$  от 1,5 до 13,6.  $Mg$ -карбонаты появляются при соотношении равном 9,5 и становятся доминирующими при значениях 44,5-102. Это интересный научный результат, который мог бы быть зафиксирован в выводах диссертации. Выполнено термодинамическое моделирование равновесия в системе «вода-донные отложения» (рис. 4.6, стр. 55). Параметр насыщения минералов варьирует в зависимости от значений  $pH$  и TDS. Определена последовательность выпадения различных минеральных фаз карбонатов от доломита до моногидрокальцита. В этой главе защищается первое положение.

Глава 5 посвящена минеральному составу и проявлению процессов современного минералообразования в донных отложениях лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины (стр. 57 – 80). В результате проведенных исследований определен минеральный состав донных отложений озер. Основную долю составляют терригенные минералы – кварц и полевой шпат. Среди аутигенных минералов преобладают минералы класса карбонатов; за ними следуют по мере убывания – галогениды, сульфаты, сульфиды, оксиды и гидроксиды. Выявлена неоднородность в составе минералов от озера к озеру и от группы к группе. Охарактеризованы факторы, которые могут влиять на неоднородность минерального состава донных отложений изученных озёр. Глава хорошо иллюстрирована СЭМ изображениями аутигенных минералов в донных отложениях озер из разных групп. К этой главе есть ряд замечаний. Не корректно писать «отложения придонного слоя» (стр. 57). Может быть придонный слой воды, но поверхностный слой осадка. Соискатель пишет в начале главы, что отложения (их верхняя часть) представлены сапропелями, но это органогенные, минерально-органогенные или органогенно-минеральные отложения. Однако в разделе нет данных о содержании органического вещества, например, определенного методом потерей при прокаливании, или органического углерода. Поэтому определение «сапропель» не подтвержден аналитическими данными. Далее, соискатель пишет, «все изученные образцы донных отложений представляли собой хемогенно-терригенный несцементированный осадок...». Тогда это не органогенные отложения (сапропель), а минеральные отложения!

В этой главе защищается второе положение.

Шестая глава «Процессы биоминерализации и формирования высокомагнезиальных карбонатов в донных отложениях и прибрежных фациях ряда озер Зауралья и Ишимской равнины» (стр. 81 – 99) – новаторская часть исследования. А.А. Новоселовым глубоко изучен процесс биогенной минерализации в донных отложениях озер и в прибрежной зоне на примере озер третьей группы. Установлено, что главными минералами, формирующимися в результате жизнедеятельности, преимущественно водорослей и бактерий, являются высокомагнезиальные карбонаты (гидромагнетит, магнезиальный кальцит, доломит). Формирование Mg-карбонатов и их преобладанием на Mg-Ca и Ca-карбонатами делает озера третьей группы, где этот процесс обнаружен, уникальными природными объектами. Исследование этих процессов поможет в дальнейшем в решении проблемы формирования магнезита (преимущественно осадочный генезис или диагенетический). В главе дается описание отбора и подготовки образцов водорослевых пленок, водорослево-бактериальных матов, микробиолитов (рис. 6.1, 6.2, стр. 83, 84). Дана характеристика форм и состава различных видов органоминеральных (карбонатных) новообразований. Представлены изображения сканирующего электронного микроскопа минерализованных водорослей, гидромагнетитовой корки на поверхности водорослевой нити, снимок инициального минерального покрова на живой цианобактерии и ряд других (рис. 6.3, 6.4, стр. 89-90). Представлены фотографии в просвечивающих петрографических шлифах биоминеральных карбонатных агрегатов, водорослевого мата с признаками начальной минерализации и ряд др. (рис. 6.5, 6.6, 6.7, на стр. 91-93). Продемонстрированы на СЭМ изображениях признаки бактериального генезиса современных карбонатных новообразований (рис. 6.8, стр. 95) и кристаллы высокомагнезиальных карбонатов, образование которых приурочено к экзополисахаридным пленкам (рис. 6.9, стр. 96). Защищается третье положение. Доказывается, что высокомагнезиальные карбонаты, формирующиеся в озерах третьей группы, связаны с жизнедеятельностью водорослей и бактерий, в процессе которой выделяются экзополисахариды, являющихся субстратом для кристаллизации минералов.

В заключении (стр. 100 – 102) кратко сформулированы основные научные выводы и результаты диссертации.

К результатам диссертационного исследования, которые определяют её новизну и научную значимость следует отнести следующие:

1. Введены в научный оборот новые фактические данные о химическом составе вод 43 малых, бессточных озер юга Западной Сибири;
2. Впервые детально охарактеризованы процессы современного минералообразования в донных отложениях водоемов Зауралья и Ишимской равнины. Выявлены характерные особенности морфологии и состава минеральных образований в зависимости от химического состава вод, сезонной изменчивости и степени вовлеченности биоты в их формирование.

3. Впервые установлена биогенная природа высокомагнезиальных карбонатов в пределах лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины.

Есть в работе и ряд дискуссионных моментов и замечаний.

1. На взгляд оппонента не очень удачное использование в названии термина «Зауралье». Было бы более верно применить географический термин, например, юг Западной Сибири. Если вводится термин «Зауралье» тогда следовало бы дать его характеристику, описать границы. И если отдельно выделяется Ишимская равнина, то следовало бы также дать ее характеристику. Объяснить, почему были выбраны эти два региона и указаны в названии диссертации.

2. Не постулируются в диссертации в соответствующих главах защищаемые положения (например, положение 1, глава 4). В чем заключаются различия в потенциале вторичного карбонатообразования? И по отношению к чему карбонатообразование в озерах является вторичным?

3. В заключение 5-ой главы формулируется, что различия в составе аутигенных минералов связано с рядом факторов, и они перечисляются – эвтрофикация водоемов, динамика среды (видимо водной), расчленённость рельефа и близость к сельхозугодиям. Однако это выглядит в большей степени как декларация без доказательств. Нет измерений органического вещества в донных отложениях, не определен статус водоемов (олиготрофный, мезотрофный, эвтрофный, дистрофный), нет данных о гидродинамике водоемов (волнение, течения) и ряда других характеристик озер и их водосборных бассейнов, чтобы более корректно оценить роль тех или иных внешних и внутренних факторов.

Однако, не смотря на высказанные замечания и пожелания следует отметить, что выполнено интересное научное исследование. Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и результаты имеют высокую степень обоснованности и достоверности, что подтверждается большим объемом фактического материала, использованием современных методов анализа, обработки и интерпретации данных, а также анализом большого количества источников. Результаты исследования апробирована на Международном научном симпозиуме имени академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2019 г.) и на конференции с международным участием «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии» (Сыктывкар, 2022 г.). По теме диссертации опубликовано 6 научных работ, четыре из них опубликованы в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и/или Scopus.

На основании всего вышеизложенного считаю, что диссертационное исследование «Геохимия вод и особенности современного минералообразования в бессточных озерах лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины», является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей пунктам 2.1-2.5 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом

университете», утвержденного приказом ректора ТПУ 362-1/од от 28.12.2021 г. (dis.tpu.ru), а её автор - Новоселов Андрей Андреевич заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 - Минералогия, кристаллография, геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент:  
доктор географических наук,  
декан факультета географии  
ФГБОУ ВО «Российский государственный  
педагогический университет им. А. И. Герцена»  
Субетто Дмитрий Александрович



подпись Субетто Д. А.

удос

Отде

и ор

16» 01

управления по ре

нно-контрольном

2021

ДРОВ

Т. С. ФИЛАНОВА

Контактные данные:

тел.: 7 2,

e-mail: subettoda@herzen.spb.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена

диссертация: 25.00.36 – Геоэкология

Адрес места работы:

195256, г. Санкт-Петербург, наб.р.Мойки, д. 48,

РГПУ им. А. И. Герцена, факультет географии

Тел.: 8(812)3144276; e-mail: geo@herzen.spb.ru