

Отзыв официального оппонента

по диссертации 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 на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Актуальность избранной темы определяется необходимостью установления особенностей эволюции озерных систем Зауралья и Ишимской равнины так как они обладают высокой динамичностью, и являются интегральным компонентом ландшафтов и конечным звеном наземных геохимических потоков. Комплексные исследования различных компонентов лимноландшафтов рассматриваемой территории крайне важны для мониторинга геосистем региона, и актуальны для оценки вклада природных и антропогенных процессов в их изменения. Малые бессточные озера являются системами, в которых происходит активное формирование аутигенных минералов, в том числе карбонатов биогенной, хемотропной и смешанной природы. Формирование высокомагнезиальных карбонатов в донных отложениях, при нормальном давлении и современных температурах у поверхности Земли ограничено в связи с сильно выраженными гидрофильными свойствами иона Mg^{2+} . В то же время, Mg и Mg-Ca карбонаты широко распространены в древних осадочных толщах. По этой причине вопросы о возможных механизмах формирования Mg и Mg-Ca карбонатов в современных условиях и возможных факторах (абиотических и биотических), влияющих на эти процессы, остаются открытыми для минералов доломитового ряда. Соответственно, изучение современных сред, где происходит формирование Mg и Mg-Ca карбонатов представляет значительный интерес, как в контексте понимания биогеохимических условий на ранних этапах эволюции биосферы, так и с точки зрения формирования теоретической базы для разработки потенциальных технологий промышленной секвестрации углерода.

Объектом исследования данной работы являются донные отложения и воды малых бессточных озер лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины. Для достижения **цели работы**, которая заключалась в выявление особенностей геохимии вод и процессов современного минералообразования в бессточных озерах лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины, соискателем сформулировано и в итоге реализовано три **основные задачи**: установлен состав и закономерности формирования вод бессточных озер пяти ключевых участков лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины; идентифицированы и охарактеризованы процессы аутигенного минералообразования в

донных отложениях данных водоемов, определён их минеральный состав; выявлена роль биогенных и биохемотренных процессов в формировании высокомагнезиальных карбонатов в изученных озерах.

Научная новизна. В настоящей работе впервые комплексом современных методов исследован химический состав 43 малых бессточных лесостепных озёр Зауралья и Ишимской равнины. Впервые детально охарактеризованы процессы современного минералообразования в донных отложениях данных водоемов. Установлены характерные особенности морфологии и состава минеральных образований, в зависимости от химического состава вод, сезонной изменчивости, и впервые выявлен биогенный генезис высокомагнезиальных карбонатов в озерах в пределах лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Диссертационная работа Новоселова А.А. основана на трех защищаемых положениях и исходящих из них выводах и практических рекомендациях, которые достаточно обоснованы и апробированы в виде опубликованных 6 научных работ, из них 4 статьи в научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий (в том числе статья в зарубежном научном журнале, входящем в Web of Science, 4 статьи в зарубежных научных журналах, входящих в Scopus) и докладов: на международном научном симпозиуме имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск; 2019 г) и конференции с международным участием «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии» (Сыктывкар 2022). Все защищаемые положения и исходящие из них выводы достаточно подтверждены геологическими, аналитическими, графическими и табличными материалами, полученными соискателем в ходе выполняемых им работ.

Первое защищаемое положение определяет, что 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.

Второе защищаемое положение базируется на результатах геохимических и минералогических исследований донных отложений озёр, характеризует разнообразие аутигенных минералов и подчеркивает неоднородность геохимических параметров водоемов внутри групп.

Третье защищаемое положение освещает процессы формирования высокомагнезиальных карбонатов в малых бессточных высокоминерализованных озерах лесостепной зоны и роль альго-бактериальных сообществ в локализации процессов карбонатообразования.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается представительным объемом фактического материала, комплексированием литологических, геохимических, минералогических и аналитических методов исследования образцов и выбором объектов исследования на основе проведения полевых работ с использованием современных методов дистанционного зондирования. Аналитические исследования проводились в соответствии со стандартными протоколами и по аттестованным методикам в ведущих отечественных и зарубежных научно-образовательных организациях.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов. Полученные диссертантом в ходе исследования материалы могут быть востребованы при организации мероприятий в сфере рационального природопользования, планирования сельскохозяйственной и водоохраной деятельности. Материалы диссертации использованы в учебных курсах по направлению литология и общая региональная геология в Институте наук о Земле (ИНЗЕМ) ТюмГУ.

Содержание диссертации, её достоинства и завершенность. Диссертация А.А. Новоселова состоит из 6 глав, введения и заключения, насыщена иллюстрациями (26 рисунков, в том числе фотографиями на СЭМ, выполненными автором лично), таблицами (4 табл.) и опирается на список литературы из 211 наименований.

Во введении автор обосновывает актуальность темы, формулирует цель и задачи работы, приводит описание методик и полученной фактуры, подчеркивая новизну и практическую значимость, а также формулирует защищаемые положения и отражает основные результаты исследований.

В главе 1 приведен обзор по литературным данным вопросов геохимии и минералогии малых бессточных водоемов семиаридной и аридной зон. В ней рассмотрен ряд вопросов по темам: роль малых водоемов аридной и семиаридной зон в формировании континентальных биогеохимических циклов и влияние на функционирование сопряженных ландшафтов; проблема формирования высокомагнезиальных карбонатов в современных гипергенных условиях; региональную изученность соответствующих водоемов Зауралья и Ишимской равнины. Проведена трудоемкая, скрупулёзная работа по изучению большого количества научных материалов, в том числе озёр Великих Равнин США и Канады. Эти данные автор привлекает для интерпретации геохимических

параметров вод и их динамики озер аридной и семиаридной зон юга Западной Сибири, в частности при выделении различных стадий развития водоемов. Анализ работ по состоянию изученности процессов карбонатообразования в континентальных озерах и их роли в формировании современных циклов углерода донных отложений озер на исследуемой территории позволил диссертанту сделать вывод, что процессы формирования высокомагнезиальных карбонатов в аридных обстановках распространены значительно шире, чем это казалось ранее, а их роль в балансах углерода недооценена.

Обсуждая **во второй главе** физико-географические условия территории исследований и её геологическое строение по литературным данным, автор делает заключение о важнейшей особенности территории исследований - она располагается в пределах Западносибирской аккумулятивной равнины, являющейся одной из крупнейших равнин земного шара и характеризующаяся однородностью геологического строения, относительным однообразием преобладающих форм рельефа и состава покровных отложений. На основе данного материала диссертант обосновывает выбор серии ключевых участков, расположенных в градиенте удаления от Уральской горной страны, но при этом в единообразных ландшафтно-климатических условиях – в подзоне северной лесостепи Зауралья. К сожалению, данная информация в дальнейшем в работе очень мало используется и не проводится сопоставления полученных автором данных с ранее опубликованными.

Глава 3 посвящена методам и методикам лабораторных и аналитических исследований.

В главе 4 диссертант даёт характеристику химического состава вод лесостепных озер, оценивает взаимосвязь между морфометрическими характеристиками озер и физико-химическими параметрами вод, анализирует влияния соотношения Mg/Ca на формирования кальцита, магнезиального кальцита и арагонита, в зависимости от температуры и концентрации растворенных солей в воде. На основе полученных данных автор делает выводы, что «аутигенные карбонаты донных отложений исследуемых озер представлены преимущественно Ca -карбонатами при соотношении Mg/Ca в воде $< 32,4$. Mg - Ca , карбонаты проявляются при соотношении Mg/Ca в пределах от 1,5 до 13,6, Mg -карбонаты проявляются при Mg/Ca равном 9,5, а преобладают в составе при Mg/Ca в пределах 44,5–102». Но данные параметры перекрываются практически полностью. Далее автор выполняет термодинамическое моделирование равновесия в системе вода – донные отложения с использованием пакета программ Visual MINTEQ для данных минералов. И в заключении этой главы делается вывод, что «морфометрические параметры озер слабо влияют на формирование химизма вод. На территории исследования преобладают

щелочные и сильнощелочные водоемы с высокой минерализацией с хлоридными калиево-натриевыми водами. Вместе с тем, содержания основных макрокомпонентов в озерных водах значительно варьируют как в пределах всей территории исследования, так и внутри отдельных групп озер. Этим определяется различия в потенциале вторичного карбонатообразования. К этому материалу есть ряд вопросов:

Во-первых - известно, что для высокоминерализованных вод хлоридного натриевого состава характерно снижение значений водородного показателя pH. Так что определяет такие высокие значения pH для вод изученных озер?

Во-вторых – так все же какие основные факторы определяют различия в потенциале вторичного карбонатообразования?

В-третьих – существует ли влияние соотношения Mg/Ca на процесс карбонатообразования в исследуемых озерах?

Далее автор рассматривает минеральный состав и проявления процессов современного минералообразования в донных отложениях озер лесостепной зоны Зауралья и Ишимской равнины в следующей **5 главе**. В начале главы дается неоднозначное определение донных осадков изученных озер: в первом абзаце автор утверждает, что донные осадки представлены сапропелями, а в третьем абзаце на этой же страницы (стр. 57) сказано, что «все изученные образцы донных отложений представляли собой хемогенно-терригенный несцементированный осадок, преимущественно мелкозернисто песчаной фракции, иногда с примесью терригенного материала более мелких фракций». Кроме того, здесь же сказано, что «помимо обломочного материала, в сапропелях, как правило, присутствуют и аутигенные минералы, формирование которых происходит в результате взаимодействий в системе вода – донные отложения». Так все же это сапропели или минеральные илы?

Подглаву 5.2 диссертант начинает с утверждения, что «наибольшее распространение среди аутигенных минералов 1 группы озер имеют карбонаты, представленные в основном карбонатами кальция, в меньшей степени карбонатами магния, железа и марганца (так как ионов Ca^{2+} больше в водах, чем ионов магния, железа и марганца). Но если мы посмотрим в таблицу 4.1, то увидим, что Mg в среднем в воде 3632,2, а Ca 123,8? Несоответствие утверждения и приведенных значений.

Наиболее интересной частью диссертации является **6 глава**, где диссертант обсуждает проявления биогенной минерализации, обнаруженное в донных отложениях и прибрежных фациях большинства исследованных водоемов. Автор утверждает, что главными минералами, формирующимися в результате биогенных процессов, являются высокомагнезиальные карбонаты, главным образом гидромагnezит, магнезиальный

кальцит и доломит. Диссертант затрагивает вопрос о возможном механизме образования магнезита. В условиях современных континентальных водоемов вопрос об образовании магнезита является дискуссионным: формируется ли он в диагенезе из метастабильных фаз Mg или осаждается на прямую. В ходе полевого эксперимента диссертантом установлено в пределах 3 группы озер два типа биоминеральных новообразований: те, что формируются, в основном при участии бактерий (и иногда микроводорослей) и те, что формируются в пределах макроводорослевых сообществ с участием симбиотических бактериальных колоний. Далее автор приводит обширный фактический материал по формирующимся высокомагнезиальным карбонатам, но так и не отвечает на вопрос, сформулированным им же в начале главы: так как же образуется в исследованных озерах магнезит?

Из замечаний по оформлению работы – есть ошибки по минералогии. Например, на рис. 5.2 «друзообразных сростков шестоватых шестиугольных микрокристаллов высокомагнезиального арагонита, практически полностью покрыты биогенными пленками» скорее всего тройники арагонита. Вопрос к железистому родохрозиту, а почему это не анкерит с высоким содержанием марганца? И почему не проведена съёмка при большом увеличении – например при 10 микронах. Это же может быть и срастанием двух минералов. И ещё одно замечание к рисункам: в подписях используется термин глина – но это не минерал, а совокупность минералов.

Несмотря на высказанные замечания, большая часть из которых носит рекомендательный характер для будущих исследований, есть все основания утверждать о выполнении всех задач, поставленных в диссертационной работе.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает важные её положения.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная работа «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 на соискание ученой

степени кандидата геолого-минералогических наук (по новой номенклатуре ВАК – приказ Минобрнауки России от 24 февраля 2021 г. № 118).

доктор геолого-минералогических наук, профессор
кафедры минералогии и геохимии ГГФ НГУ
ведущий научный сотрудник, ИГМ СО РАН
e-mail: strahova@igm.nsc.ru
тел.: 8-383-330-81-10

В.Д. Страховенко

10.01.2024

Я, Страховенко Вера Дмитриевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.