

ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Солотчина Павла Анатольевича
«ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ЛЕТОПИСИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР
СИБИРСКОГО РЕГИОНА КАК ОСНОВА ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ
РЕКОНСТРУКЦИЙ»,
представленной на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук
по специальности 1.6.21- геозкология

Актуальность заявленной к защите темы определяется недостаточной изученностью палеоклиматической обстановки Сибири. В этой связи изучение новых объектов пополнит имеющуюся информацию о климате этого региона. К числу таких объектов относятся донные отложения континентальных озёр, т.к. их ассоциации, кристаллическая структура, состав несут в себе информацию о солёности, рН, Eh, температуре и химическом составе вод, органической продуктивности бассейна и других параметрах, определяемых в конечном счёте климатом региона. Изменения указанных характеристик аутигенных минералов позволяют в датированных разрезах установить границы смены одних природно-климатических обстановок другими и провести корреляцию с уже известными региональными и глобальными палеоклиматическими летописями. В этом плане особый интерес представляют осадочные летописи голоцена-верхнего плейстоцена, поскольку отложения этого возраста не подвергались существенным постседиментационным преобразованиям и эти обстановки часто рассматриваются как близкие аналоги современности или как аналоги будущего.

Научным достижением данной работы является применение уникального современного метода математического моделирования рентгеновских дифракционных профилей карбонатов и слоистых силикатов. **Достоверность результатов исследований** обеспечена представительностью данных анализа многочисленных проб с использованием количественных аналитических методов, сертифицированных методик в аккредитованных лабораториях. Исследования проводились при непосредственном участии автора, результаты работ прошли всестороннюю апробацию на всероссийских и международных совещаниях, симпозиумах и конференциях. По теме диссертации опубликовано 88 научных работ, из них 39 статей в рецензируемых журналах из списка ВАК, Scopus и Web of Science и 1 монография.

Диссертационная работа состоит из шести глав, введения, заключения и списка литературы, включающего 316 наименований. Общий объём работы составляет 237 страниц, включая 27 таблиц, 107 рисунков и 7 приложений.

Во **Введении** диссертант кратко описывает актуальность проблемы современного изучения донных осадков озер, ставит цель, обозначает задачи и объекты исследования, приводит фактический материал, на котором базируются результаты, и, как следствие, новизна работы и выносимые диссертантом на защиту положения, предлагает практическое применение полученных результатов, указывает на связь работы с научными программами и научно-исследовательскими темами, обозначает личный вклад, приводит список опубликованных работ и выносит благодарности коллегам.

В **главе 1 «Озерный седиментогенез в Сибири: состояние изученности»** поднимается вопрос истории и проблемы изучения озер и их донных осадков, приводятся различные классификации, основанные на морфометрических показателях, характере водообмена и солености вод. Обосновывается применение предлагаемого подхода к изучению донных отложений озёр в привязке с климатической обстановкой для разных ландшафтно-климатических и геолого-геохимических условий Сибирского региона.

В **главе 2 «Методы исследований озерных осадков»** подробно описываются методы исследований кернов и методы моделирования рентгеновских дифракционных профилей минералов. Необходимо отметить, что разработанные коллективом при участии диссертанта уникальные методы моделирования не имеют аналогов в мировой практике. Они использовались автором в работе с целью дифференциальной диагностики, анализа природных ассоциаций, реальной структуры и кристаллохимических характеристик хемогенных карбонатов и слоистых силикатов, поскольку именно они наиболее активно реагируют на изменения обстановок озерной седиментации.

В **главе 3 «Донные осадки озер Забайкалья»** описаны физико-географические, ландшафтно-климатические и геолого-геоморфологические условия районов локализации озер Забайкалья, а также соленость и химический состав их вод. Проанализированы результаты изучения донных отложений девяти озер различной солености, восемь из которых приурочены к наиболее крупным озерным системам Забайкалья. Отдельно рассмотрено оз. Киран, расположенное на крайнем юге изучаемого региона. Проведенные исследования, включавшие помимо минералого-кристаллохимического изучения карбонатов донных осадков, анализ распределения ряда химических элементов и стабильных изотопов углерода и кислорода хемогенных карбонатов, гранулометрический и спорово-пыльцевой анализы, показали, что осадконакопление в различных озерных системах Забайкалья в голоцене находилось преимущественно под влиянием локальных природно-климатических обстановок.

Глава 4 посвящена донным осадкам озер Приольхонья. В этой главе, как и в предыдущей, анализируются климатические характеристики, тектоника, геология и

физико-географические особенности территории нахождения озер Приольхонья, затрагиваются вопросы генезиса их озерных котловин. Сопоставление результатов комплексных литолого-минералогических, кристаллохимических, геохимических, изотопных, диатомовых, палинологических и других исследований терригенно-эвалпоритовых отложений трех малых минеральных озер Тажеранской системы позволили автору прийти к выводу, что озерное карбонатное осадконакопление началось в котловинах не ранее второй половины бореала. О климате этого периода автор судит по результатам изучения осадков оз. Намши-Нур, т.к. оз. Цаган-Тырм в этот период еще не существовало как бассейн с карбонатной седиментацией, а в осадках оз. Холбо-Нур наблюдались следы тектонической активности, искажающие палеоклиматическую запись. На основе соотношения долей низко-Mg разновидностей и высоко-Mg кальцита, наличия и отсутствия арагонита, содержания биотита, значений Mg/Ca и Sr/Ca отношений, и изотопных соотношений углерода и кислорода карбонатов автор судит о минерализации, карбонатной щелочности, и, соответственно, повышенной или пониженной влажности климата на протяжении рассматриваемого периода осадконакопления.

В главе 5 описываются донные отложения крупнейших озер Байкальской рифтовой зоны: Байкала, Хубсугула и малого высокогорного оз. Хикушка. Автор приходит к заключению, что голоцен-позднеплейстоценовые осадочные комплексы в рассматриваемых озерах имеют двухуровневое строение. Верхняя голоценовая толща представлена диатомовыми илами с содержанием биогенного кремнезема до 40% вещественного состава, а нижняя нижне-плейстоценовая толща сложена смесью алевритового и пелитового материала с различным процентным содержанием гранулометрических фракций, которые могут быть как бескарбонатными (оз. Байкал, оз. Хикушка), так и карбонатными кальцит-доломитового ряда, в частности, Mg-кальцитового разной степени магнезиальности (оз. Хубсугул). Присутствие различных карбонатов в разрезе и изменение Mg/Ca отношения доказывают вариабельность климатических параметров. Другим подтверждением климатических изменений являются содержания в осадках иллита и «индекс смектитовых слоев» - концентрация смектитовых слоев в иллит-смектитах. Автор приходит к выводу, что такие слоистые силикаты как мусковит, хлорит-смектит, каолинит, вермикулит и др., а также некоторые неслоистые минералы в ряде случаев могут служить источником дополнительной палеоклиматической информации.

Глава 6 посвящена озерам юга Западной Сибири. В качестве объектов изучения были выбраны озера Барабинской низменности. Результаты исследований донных отложений озер юга Западно-Сибирской равнины позволили автору сделать следующие выводы.

Субаквальное осадконакопление в бассейнах озер Чаны, Иткуль и Большой Баган началось во второй половине бореала. На основе набора аутигенных минералов автор приходит к выводу, что климат в указанный период был достаточно влажным, чтобы обеспечить обводнение озерных котловин. Согласно карбонатным записям озер Иткуль и Большой Баган аридизация природно-климатических обстановок началась в атлантический период. Общее содержание карбонатов в разрезах и степень их магниальности изменились, в осадках появился хемогенный арагонит с повышенным содержанием стронция в структуре. Начало седиментации в бассейне оз. Большие Тороки пришлось на середину атлантического периода. Автор доказывает, что в данном случае вступили в силу локальные факторы в виде интенсивного притока подземных вод, который в последней трети атлантика постепенно компенсируется испарением, поскольку содержание карбонатов в осадках оз. Большие Тороки растет. Колебания климатических параметров прослеживается также по долевым соотношениям разных вариаций карбонатов. Высказывается предположение, что на крайнем юге региона климатические обстановки суббореала были нестабильными из-за периодического доминирования либо северного (Арктического), либо южного (из Казахстана и Средней Азии) переноса воздушных масс. Общим для последнего этапа эволюции озер Иткуль, Большие Тороки и Большой Баган является некоторое нарастание признаков аридизации климата в кровле разрезов.

В **Заключении** диссертант в сжатой форме подводит итог выполненным исследованиям, акцентируя внимание на главных результатах, которые имеют реальную перспективу их реализации при решении экологических задач, связанных с климатическими событиями недавнего прошлого Земли и, возможно, ее будущего.

В **доказательство четырех защищаемых положений** приводится большой фактический материал, изложенный в 3, 4, 5 и 6 главах диссертации. Бесспорно, что все защищаемые положения обоснованы, подтверждены большим материалом, собранным в результате экспедиционных исследований при непосредственном участии диссертанта. Приведенный автором в диссертации материал доказывает превалирование в позднеплейстоцен-голоценовых донных осадках рассматриваемых озер пелитового и алевролитового материалов, имеющих различную природу. В соленых озерах процессы эвапоритизации сопровождаются формированием хемогенных карбонатов кальцит-доломитового ряда, обладающих высокой степенью структурного изоморфизма, что доказывается 1-м защищаемым положением. 2-м защищаемым положением обосновываются минералого-кристаллохимические особенности хемогенных карбонатов ряда «кальцит-доломит» осадков изученных соленых озер. Используя метод математического моделирования XRD профилей карбонатов автор выявил прямую зависимость содержания

MgCO₃ в структуре минералов от природно-климатических условий. В 3-м защищаемом положении на примере донных осадков пресных озер автор определяет роль слоистых силикатов как минералов-индикаторов палеоклиматических изменений. В 4-м защищаемом положении подчеркивается наличие variability климата в позднеледниковое время в Байкальском регионе и на юге Западной Сибири.

Замечания

1. При прочтении диссертации складывается впечатление, что не хватает обобщающей главы, в которой как итог последовательно было бы изложено каждое защищаемое положение.
2. Что касается 1 защищаемого положения, то оно звучало бы весомее, если бы была добавлена информация о слоистых силикатах. Можно было бы объединить 1 и 3 защищаемые положения. Хочу обратить внимание автора диссертации на тот факт, что насыщение вод Са-Мг-карбонатами (по данным С.Л. Шварцева «Гидрогеохимия зоны гипергенеза», 1998 г.) происходит уже в пресных водах при минерализации более 0,6 г/л и рН 7,4.
3. По ряду озер (Верхнее Белое, Сульфатное, Большое Окуновое, Киран) не указаны координаты точек отбора кернов.
4. Ионный состав вод по формуле Курлова приводится в виде дроби, в числителе которой приводят анионный состав, а в знаменателе – катионный с содержанием элементов более 25 экв. % для соленых и более 20 экв. % для пресных вод.
5. Приведенный микроэлементный состав донных осадков оз. Цаган-Тырм в других озерах не рассматривается, поэтому невозможно провести сравнение и оценить правильность выводов относительно распределения их содержаний по разрезу осадков в зависимости от гидрохимических и климатических параметров.
6. На стр. 198 говорится, что небольшое количество галита предполагает относительно низкую соленость озерной воды. Смеею заметить, что растворимость галита при 20 °С составляет 359 г на 1 л воды, поэтому соленость воды не могла быть низкой в этот период. Если речь идет о небольших количествах этой соли в рассматриваемом слое, то, очевидно, что процесс эвапоритизации до галитовой стадии был относительно недолгим.

Сделанные замечания не снижают ценность проведенных исследований. В целом работа носит законченный характер. С поставленными задачами диссертант справился. Результаты исследования имеют практическое применение. Основные положения диссертации опубликованы. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертационной работы, представленной к защите. По объёму работы, её теоретическому и практическому уровням, актуальности, новизне и значимости

результатов диссертационная работа Солотчина Павла Анатольевича «Литолого-минералогические летописи донных отложений озер Сибирского региона как основа палеоклиматических реконструкций» соответствует критериям, установленным в пп.9-11, 13 и 14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 «Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21- геозкология.

Официальный оппонент,
доктор геолого-минералогических наук
Борзенко Светлана Владимировна
заведующая лабораторией
геозкологии и гидрогеохимии,
главный научный сотрудник
ФГБУН Института природных ресурсов,
экологии и криологии СО РАН
672014 г. Чита, ул. Недорезова, 16а
(3022) 206613
e-mail: svb_64@mail.ru

Я Борзенко С.В., автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

10 мая 2023 г.

Подпись Борзенко С.В. автора отзыва, заверяю

