

На правах рукописи



ОВДИНА Екатерина Андреевна

**«МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
МАЛЫХ ОЗЕР ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ»**

25.00.09 – геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

НОВОСИБИРСК 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН).

Научный руководитель: **Страховенко Вера Дмитриевна**
Доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (г. Новосибирск)

Официальные оппоненты: **Борзенко Светлана Владимировна**
Доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук (г. Чита)

Харитоновна Наталья Александровна
Доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры гидрогеологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (г. Москва)

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск)

Защита состоится «20» октября 2021 г., в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 003.067.02 в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения РАН (в конференц-зале).

Адрес: 630090, г. Новосибирск, просп. ак. Коптюга, 3; факс: 8 (383) 333-21-30;
e-mail: gaskova@igm.nsc.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ИГМ СО РАН.
Адрес сайта: <http://www.igm.nsc.ru>, раздел «Образование».

Автореферат разослан «10» сентября 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор геол.-минер. наук



О.Л. Гаськова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Актуальность исследований обусловлена необходимостью детального изучения закономерностей распределения и концентрирования элементов в компонентах озёр (донные отложения, вода, биота, почвы и почвообразующий субстрат) в процессе современного диагенеза под влиянием зональных и азональных факторов разного масштаба с помощью комплексного подхода. Комплексное изучение компонентов малых озёр и их взаимосвязи позволяет специалистам разных областей науки более глубоко рассмотреть процессы преобразования вещества и энергии, протекающие на площади водосбора и внутри водоема, что отражается на формировании минерально-геохимического состава донных отложений. Изучение закономерностей формирования и диагенеза донных отложений малых озёр важно не только с целью реконструкции истории озера и его водосборного бассейна, но и для решения серии геоэкологических и геохимических задач - разработки научных основ рационального использования, охраны и контроля водных ресурсов в условиях изменения природной среды под влиянием природных и антропогенных факторов.

Цель работы: на основе минерально-геохимического состава компонентов малых озёр выявить особенности формирования органоминеральных донных отложений малых озёр ландшафтных зон юга Западной Сибири (подтайга, лесостепь, степь, ленточный бор) с учетом роли вклада биогенного вещества.

Задачи:

1. Комплексное изучение геохимии и минералогии компонентов озёр в зависимости от ландшафтных, гидрохимических и гидробиологических условий по апробированным методикам отбора проб и аналитических исследований;

2. Оценка вклада биоты в образование аутигенных минералов в процессе формирования органоминеральных донных отложений малых озёр и выявление их особенностей;

3. Оценка специфики распределения естественных (^{232}Th , $^{238}\text{U}(\text{Ra})$, ^{40}K) и искусственных (^{137}Cs) радионуклидов в компонентах малых озёр;

4. Поиск минералого-геохимических и биологических индикаторов в малых озёрах для использования адекватной методологии и соответствующих технологий при рациональном природопользовании органоминеральных залежей малых озёр.

Объектами исследования являются малые озёра ландшафтных зон Васюганской равнины, Барабинской низменности, Кулундинской равнины юга Западной Сибири. Предмет исследования – компоненты озёр (донные отложения, вода, биота, почвы и почвообразующий субстрат площадей водосбора). В данной работе не обсуждается образование солей щелочных металлов в результате гидрохимического осаждения, которые образуются в соленых водах озёр степного ландшафта юга Западной Сибири.

Озера, расположенные компактно в одинаковых ландшафтных и климатических условиях, имеющие единую или однотипную площадь водосбора

и источники поступления воды объединены в озерные системы. Это позволяет рассмотреть физико-химические, геохимические и минеральные особенности малых озёр, как в пределах одной ландшафтной зоны, так и провести сравнение между озёрами разных ландшафтов.

Фактический материал и методы исследований. Работа базируется на результатах исследований, проводившихся лично автором совместно с сотрудниками ИГМ СО РАН, ИВЭП СО РАН, ИК СО РАН, ИПА СО РАН в период с 2012 по 2019 гг. За это время проведено 7 комплексных экспедиций. Исследовано 46 озёр, объединенных в 14 озёрных систем. Отобрано 1364 пробы донных отложений, 295 - воды, биоты – 73, почв и почвообразующего субстрата – 252. Пробоотбор происходил по стандартным методикам ГОСТ (ГОСТ Р 54519, 2011; ГОСТ 31861, 2012). Аналитические исследования проб проводились в ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН, г. Новосибирск. *Методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС)* с использованием методов пламенной (пламя ацетилен-воздух и закись азота-ацетилен) и электротермической атомизации в пробах определялись валовые концентрации макро– (Ca, Na, K, Al, Fe, Mg, Mn) и микроэлементов (Sb, Sr, Ba, Be, Cd, Co, Ni, Cr, Zn, Pb и т.д.); содержания естественных (^{232}Th , ^{238}U (Ra), ^{40}K) и искусственных (^{137}Cs) радионуклидов измерялись *гамма-спектрометрическим методом (ГСМ)* на колодезном коаксиальном детекторе из сверхчистого германия (HPGe) с преусилителем и низкофоновым криостатом EGPC 192-P21/SHF 00-30A-CLF-FA («Eurysis Mesures», Франция); изучение морфологии, фазового и химического состава образцов проводилось с использованием *сканирующего электронного микроскопа (СЭМ)* «MIRA 3 TESCAN» (Tescan, Чехия), снабженного энергетическим спектрометром «OXFORD» (Oxford Instruments, Великобритания), позволяющим проводить количественный химический анализ в микрообъеме; *методом рентгеновской дифрактометрии* анализировался минеральный состав проб (дифрактометр «ARLX'TRA» (излучение $\text{CuK}\alpha$) (Thermo Fisher Scientific (Ecublens) SARL, Швейцария); *рентгеноспектральным флуоресцентным анализом* изучен состав донных отложений; элементный анализ части образцов (донных отложений, воды) выполнен методом *масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой* на масс-спектрометре высокого разрешения ELEMENT (Finnigan MAT) с пневматическим концентрическим распылителем Майнхарда; **определение зольности** производилось по стандартной методике ГОСТ (ГОСТ 27784-88).

Научная новизна. Впервые установлено, что в малых озёрах юга Западной Сибири вне зависимости от ландшафтной зоны формируются органоминеральные донные отложения (сапропели), которые группируются по *типам* (по зольности), *классам* (по химическому составу) и *видам* (по доминирующей первичной продукции). Вид доминирующей первичной продукции является одним из главных факторов, определяющих геохимический состав донных отложений.

Выявлено, что аутигенные минералы органоминеральных донных отложений представлены карбонатами кальцит-доломитового ряда и/или

арагонитом, аутигенным кремнеземом, пиритом и иллит-сметкитами (редко). Установлено, что карбонаты разной степени магнезиальности (от низкомагнезиального кальцита до Са-избыточного доломита), имея разный генезис могут образовываться и сохраняться одновременно в одном озере.

Генезис органоминеральных отложений детально рассмотрен с учетом того, что биологическая составляющая озера рассматривается не только как источник углеродистого вещества, но и как основной фактор, участвующий в создании минеральной матрицы.

Применен *новый методологический принцип* детального исследования отдельно взятого озера в тесной взаимосвязи со всей системой компактно расположенных озёр (озёрной системой).

Положения, выносимые на защиту:

1. В пределах одной озёрной системы формируются органоминеральные отложения разных типов, классов и видов во всех ландшафтных зонах юга Западной Сибири. Вне зависимости от ландшафтной зоны, вариабельность концентраций микроэлементов схожа в органоминеральных отложениях, относящихся к одному типу и классу. Уникальный компонентный состав малых озёр юга Западной Сибири обеспечивается превалированием локальных факторов над глобальными.

2. Формирование аутигенных карбонатных минералов малых озёр юга Западной Сибири происходит на геохимических барьерах: дрейфующая биота-вода, вода – погруженная биота, вода-донные отложения. На всех геохимических барьерах формируются арагонит, кальцит, низкомагнезиальный кальцит в озёрах всего спектра значений общей минерализации воды вне зависимости от состава вод. На границе вода-донные отложения происходит хемогенное осаждение высокомагнезиального кальцита и Са-избыточного доломита при гидрокарбонатно-натриевом и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевом составе вод при минерализации >3 г/л и $pH > 9$ и в водах любого состава при минерализации >10 г/л и $pH > 8,2$.

3. Суммарная эффективная удельная активность (A_c) естественных радионуклидов сапропелевых отложений малых озёр юга Западной Сибири ниже нормы в соответствии с требованиями ГОСТа. В сапропелевых отложениях отдельных озёр выявлены маломощные горизонты с высоким уровнем площадной активности ^{137}Cs с превышением глобального фона в 2-3 раза и более.

Практическое значение полученных результатов. Сапропели являются комплексным удобрением и компонентом комбикормов в сельском хозяйстве. Сапропели используются в производстве косметических средств, в фармакологии, ветеринарии и как источник различных химических соединений. Детальные геохимические и минералогические исследования сапропелей, способствуют выделению наиболее перспективных малых озёр юга Западной Сибири для их разработки при рациональном природопользовании. Полученные результаты по стратиграфическому распределению геохимических и минералогических данных в кернах донных отложений малых озёр могут быть

использованы, как базовый предмет мониторинга геоэкологического состояния окружающей среды.

Достоверность результатов работы обеспечена представительным набором образцов и массивом полученных аналитических данных (ААС – >7000 определений, ГСМ – >1500 определений, СЭМ –>200 фото и >2000 определений и т.д.), современной методикой пробоподготовки, высокоточными аттестованными аналитическими методами исследования.

Апробация результатов и публикации. Материалы работы представлены в 7 статьях, входящих в международные реферативные базы данных ВАК, Web of Science и Scopus, 20 материалах конференций. Результаты исследований представлены в виде устных и стендовых докладов на 11 международных и всероссийских конференциях.

Связь работы с научными программами и научно-исследовательскими темами. Исследования, выполненные в ходе работы, поддержаны государственным заданием ИГМ СО РАН и грантами РФФИ (18-45-540002р_a; 18-05-00329А; 16-05-00132А; 14-05-00296А; 13-05-00341А), РФФ (15-17-10003) и Интеграционным проектом СО РАН. При решении методических вопросов, при сопоставлении данных из различных географических регионов положительное значение имела работа диссертанта в рамках проектов РФФ 18-17-00176 и РФФИ 19-05-50014.

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии в комплексных экспедициях, пробоподготовке для комплекса аналитических методов; изучении проб различных компонентов озёрных систем на СЭМ «MIRA 3 TЕСSCAN»; обработке полученных аналитических данных, их интерпретация и сопоставление с реферативными материалами.

Структура и объем работы. Работа общим объемом 149 страниц включает 12 таблиц, 55 рисунков и 1 приложение. Текст состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы, включающего 181 наименование.

Благодарности. Работа выполнена в Лаборатории геохимии благородных и редких элементов ИГМ СО РАН под руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора Страховенко Веры Дмитриевны, которой автор выражает огромную признательность.

Автор выражает благодарность сотрудникам лабораторий Геохимии благородных и редких элементов и Геохимии радиоактивных элементов и экогеохимии ИГМ СО РАН. В особенности Ивановой Л.Д., Букреевой Л.Н., Лудиной Г.С., Мичуриной Л.П., Маликову Ю.И., Савиной О.А., Бадмаевой Ж.О., Густайтис М.А., Малову Г.И., Малову В.И., Чернаковой Н.И., к.г.-м.н. Никитину И.А., к.г.-м.н. Мельгунову М.С. Сотрудникам ИВЭП СО РАН д.б.н. Ермолаевой Н.И., к.б.н. Зарубиной Е.Ю. и н.с. Салтыкову А.В., сотрудникам ИПА СО РАН д.б.н. Сысо А.И, к.б.н. Наумовой Н. Б., сотрудникам ИК СО РАН д.х.н. Таран О.П., Болтенкову В.В. Сотрудникам ИНГГ СО РАН д.г.-м.н. Бортниковой С.Б. и ИГМ СО РАН д.г.-м.н. Солотчиной Э.П., д.г.-м.н. Гаськовой О.Л., к.г.-м.н. Лазаревой Е.В. за ценные советы в процессе подготовки диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цели, задачи, объекты исследования и фактический материал, выносимые на защиту положения диссертационной работы, отражена научная новизна, практическая значимость, апробация результатов и личный вклад соискателя. В **главе 1** рассмотрена современная классификация озер, обсуждаются вопросы генезиса и классификации донных отложений, в т. ч. сапропеля. Описывается новый подход к комплексному изучению малых озёр. В **главе 2** описаны объекты исследования и дан геолого-геохимический очерк исследуемой территории юга Западной Сибири: подтайги (Васюганская равнина), лесостепи (Барабинская низменность), степи и подзоны ленточных боров (Кулундинская равнина). В каждой зоне выделены озёрные системы. В **главе 3** описаны полевые и аналитические методы. В **главе 4** изложена геохимическая характеристика компонентов малых озёр юга Западной Сибири – воды, почв водосбора, донных отложений, биоты. В **главе 5** дана радиоэкологическая оценка компонентов малых озёр юга Западной Сибири. В **главе 6** охарактеризован минеральный состав компонентов малых озер юга Западной Сибири. Описан генезис аутигенных минералов.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются малые озера разных ландшафтных зон Васюганской и Кулундинской равнин и Барабинской низменности. Рассмотрены 46 озер со значениями общей минерализации вод от ультрапресных до рассолов по классификации Овчинникова (1970). Выбор объектов исследования происходил по меридиану с севера на юг. По размеру все озера – малые (до 10 км²), глубиной до 3-5 м. Меридиональная протяженность и пологий рельеф Западно-Сибирской равнины с севера на юг детерминирует последовательную смену климатических условий, становление широтной зональности и ландшафтных зон. В *зоне подтайги (Васюганская равнина)* выделяются Кыштовская (4 озера) и Самусьская (3 озера) озёрные системы. В *зоне лесостепи (Барабинская низменность)* располагаются: Гжатская, Бергульская, Новокиевская, Куйбышевская, Барабинская, Чулымская, Здвинская, Карасукская и Теренгульская системы озер (всего 29 озер). В пределах Кулундинской равнины к озерным системам степного ландшафта относятся Михайловская и Петуховская системы; озера подзоны ленточных боров: боровые соленые и боровые слабосоленые (всего 10 озер).

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Геохимическая характеристика компонентов малых озёр юга Западной Сибири.

Вода. Установлено, что общеизвестное широтное изменение ионного состава и значений общей минерализации воды (TDS) юга Западной Сибири с севера на юг от подтайги до степной зоны осложняется наличием большого количества малых озер с гидрокарбонатно-натриевым составом воды разной степени минерализации (Рис. 1). Воды преимущественно щелочные, за

исключением некоторых озер подтайги. Окислительно-восстановительный потенциал всех озер положительный и достаточно высокий, содержание растворенного кислорода в воде колеблется от 11,47 мг/л до 6,29 мг/л.

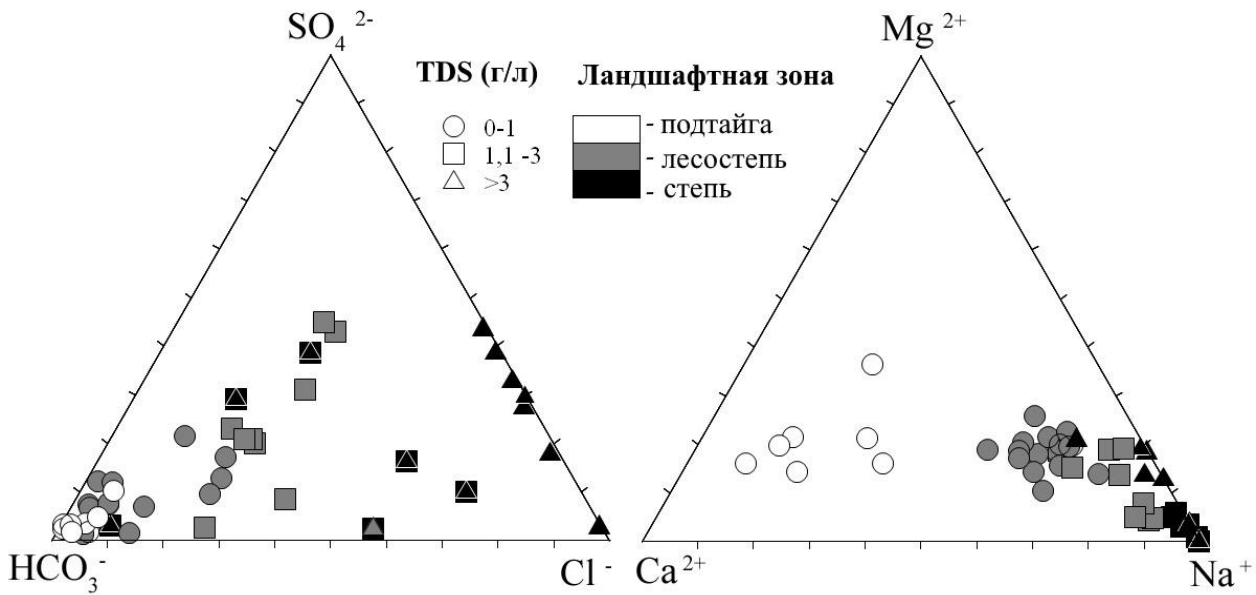


Рис. 1. Треугольник Ферре состава озерных вод (%-экв) 46 изученных озер с учетом значений общей минерализации воды и ландшафтной зоны.

Формирование озёрных вод полного спектра солёности обусловлено особенностями гривного рельефа Барабинской низменности и Кулундинской равнины, вследствие чего происходит местное перераспределение влаги и легкорастворимых солей: их переток с грив в межгривное пространство (Ильин, Сысо, 2011). Известно, что содовые воды, которые распространены в рассматриваемых ландшафтах, способствуют обильному развитию биоты (Страхов, 1954; Заварзин, 1993), что в свою очередь ведет к процессам концентрирования и перераспределения вещества, а также к локальным изменениям среды в водной толще (Кузнецов, 2003).

Почвы водосборных площадей озер. Для почв аналитические данные по макро- и микроэлементному составу сопоставимы с данными для почв Западной Сибири (Сысо, 2007) и средним значением для почв континентов (Ярошевский, 2004) по таким элементам как Mg, Ca, K, Sr, Ba, Pb, Cu, Zn, Co, Be. Средневзвешенные значения содержаний микроэлементов в почвах близки к средним для почвообразующих пород (Страховенко, 2011). Проведя сравнение концентраций элементов в выборках почв разных ландшафтных зон, можно утверждать, что за исключением кальция по всем изученным элементам вариация содержаний не превышает величину среднего арифметического $\pm 3\sigma$.

Биота (в сотрудничестве с д.б.н. Н.И. Ермолаевой, к.б.н. Е.Ю. Зарубиной, ИВЭП СО РАН). Источниками автохтонного органического вещества в исследованных озерах являются первичные продуценты (фитопланктон и макрофиты), а также консументы и редуценты (зоо- и бактериопланктон). Первичные продуценты (фитопланктон, фитоперифитон, фитобентос и макрофиты) в водоёме в процессе фотосинтеза создают органическое вещество, которое перерабатывается в пищевой цепи и поступает в донные отложения. Все

последующие за фотосинтезом стадии представляют собой этапы разрушения: минерализации и деструкции. Взаимодействие продукции и деструкции органического вещества и определяет, в конечном счете, наряду с другими факторами, параметры донных отложений. Значительный биогенный вклад в потоки органического вещества в донные отложения малых озёр юга Западной Сибири подробно рассмотрен в работах (Ермолаева, 2017; Таран и др., 2018; Страховенко и др., 2019).

Роль биогенной составляющей и связь между минеральной и биогенной компонентами хорошо прослеживается на примере двух малых озер, расположенных в пределах одной озёрной системы (Гжатской) – озера Барчин и Камбала. Расстояние между озерами менее 1 км, при этом при единых гидрологических характеристиках и площади водосбора, донные отложения этих озер относятся к разным типам и разным классам. Связано это с разным видом доминирующей первичной продукции. В оз. Барчин донные отложения относятся к планктономакрофитному виду, причем в планктонной части доминирует фитопланктон, а в оз. Камбала донные отложения относятся к планктонному виду, и здесь доминирует зоопланктон. В оз. Барчин кальцит составляет 95% от минеральной фракции отложений, а в оз. Камбала практически отсутствует (Рис. 2).

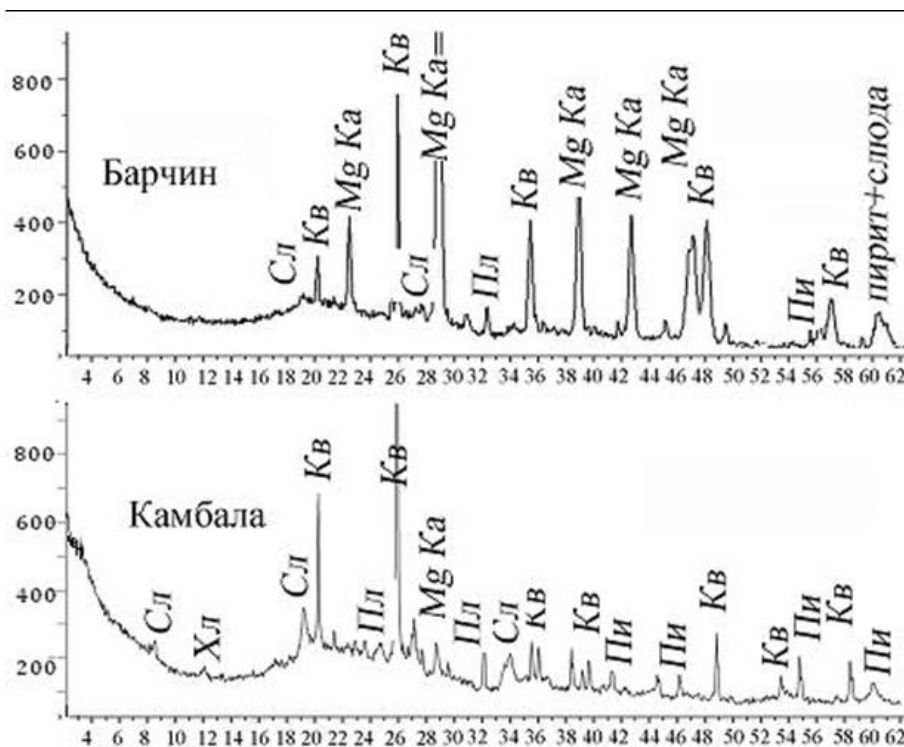


Рис. 2.

Дифрактограммы донных отложений озер:

оз. Барчин (кальцевый класс);

оз. Камбала (кремниевый класс);

Кв – кварц;
 Ка – кальцит;
 Пл – плагиоклаз;
 Кпш – калиевый полевой шпат;
 Сл – слюда;
 Хл – хлорит;
 Пи – пирит.

Донные отложения озер представлены органоминеральными донными отложениями (сапропели) и минеральными илами. *Сапропель* - донные отложения водоемов, формирующиеся в анаэробных условиях в результате биохимических, микробиологических и механических процессов из остатков отмирающих растительных и животных организмов и привносимых в водоемы органических и минеральных примесей (Kemp et al., 1999; Helmond et al., 2015; Страховенко и др., 2014). С учетом разных подходов к классификации

сапропелей (Сукачев, 1943; Кордэ, 1969; Лопотко, 1978; Штин, 2005; Курзо и др., 2010; Страховенко и др. 2016 и др.) на основе минерально-геохимических и биогенетических данных проведена классификация исследованных донных отложений на **типы** по значению зольности (%): *органогенный* (до 30%); *органоминеральный* (30-50%); *минерально-органогенный* (50-70%); *минерализованный* (70-85%) (Кордэ, 1969). Донные отложения, для которых характерны значения зольности, превышающие 85% относятся к минеральным илам. Далее по соотношению Si/Ca выделяют **классы** во всех типах, кроме органогенного: *кремниевый* (Si>Ca); *кальциевый* (Ca>Si), *смешанный* (Si~Ca). По доминирующей первичной продукции выделяют **виды** *планктоногенный*, *макрофитогенный*, *планктоно-макрофитный* и *макрофито-планктонный* (Страховенко и др. 2014; 2016). Зависимости между ландшафтной зоной, типом и классом донных отложений малых озёр не выявлено. При этом преобладают озёра с кремниевым классом отложений. По доминирующей первичной продукции большинство озёр относятся к планктоно-макрофитному и макрофито-планктонному видам (Страховенко и др., 2019).

Аналитические данные по макро- и микроэлементному составу донных отложений озёр и почв их водосборных площадей усреднены по различным типам и классам сапропеля по озерным системам и ландшафтным зонам. В донных отложениях рассматриваемых озёр концентрирование микроэлементов происходит преимущественно минералами терригенной составляющей отложений: кварцем, полевыми шпатами, слюдами, темноцветными и акцессорным минералами, представленными как остроугольными, неокатанными обломочными формами, так и хорошо окатанными зёрнами эолового происхождения.

Статистическая обработка массива аналитических данных показала возможность сравнения выборок между собой. В основном, выборки аналитических данных имеют либо нормальное, либо логнормальное распределение практически всех изученных элементов. Сопоставление средневзвешенных концентраций элементов в *донных отложениях озёр разных ландшафтных зон юга Западной Сибири* с составом верхней континентальной коры показало избыточное накопление в процессе современного осадкообразования Ca, Cr, Ni, Cu, Cd, Sb и значительное обеднение Be, K, Al, Si, Ti, Th, Ba, а также Fe, Co (Рис. 3).

Согласно проведенному кластерному анализу R-типа (выявляет корреляционные связи между химическими элементами) по различным классам и типам органоминеральных донных отложений малых озёр юга Западной Сибири выделено три группы с отрицательным коэффициентом корреляции между ними (Рис. 4). Во всех типах и класса сапропелей наблюдается корреляция группы породообразующих элементов Si-Al-K, составляющие в основном терригенную часть донных отложений, с Fe, Cr, Ni, Co, Cu, Th. Четко выделяется карбонатфильная группа Ca-Mg-Sr ± Mn, Ba, элементы которой образуют аутигенные карбонаты и/или сульфаты, находящиеся в парагенетической ассоциации с ними.

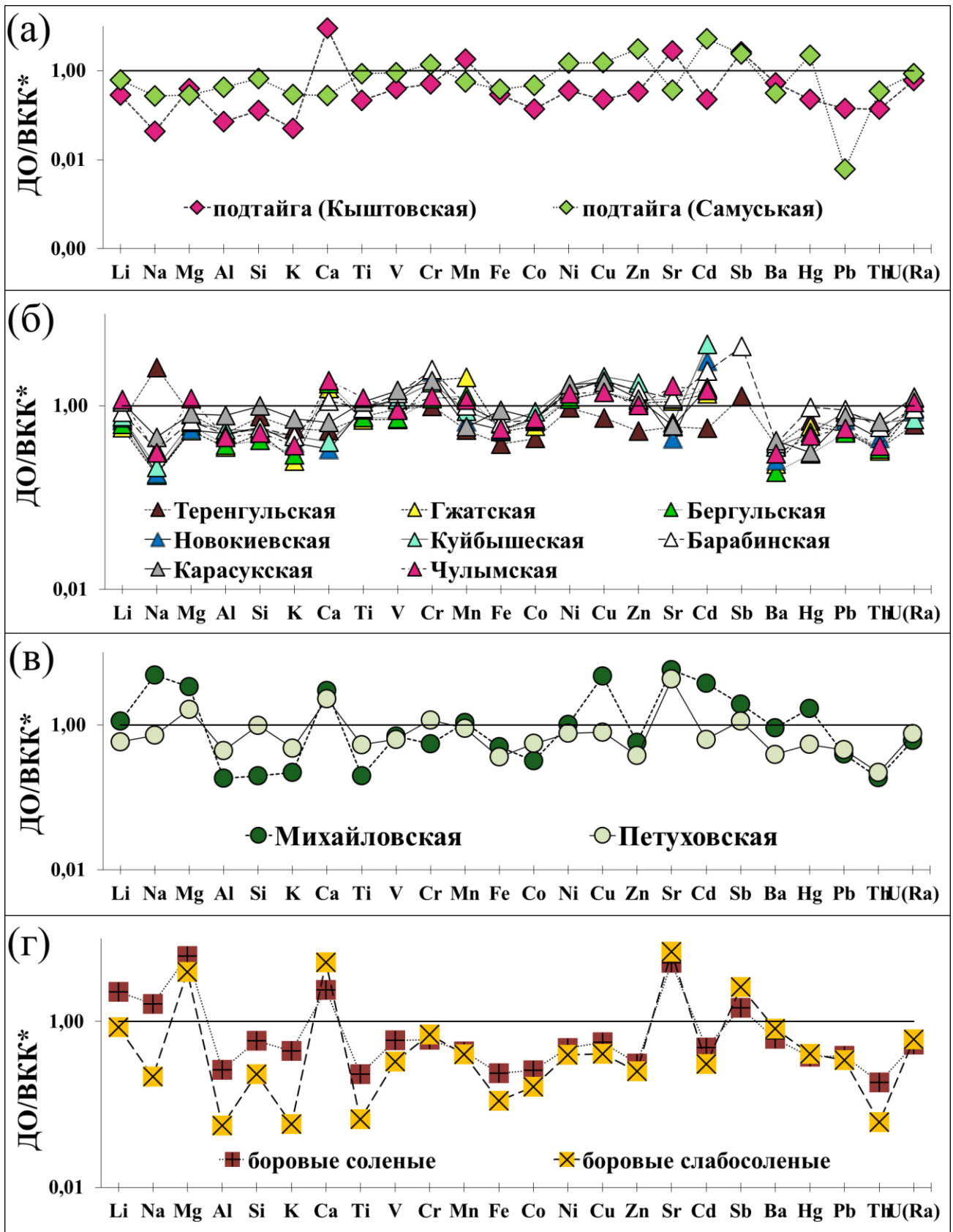


Рис. 3. Мультиэлементные спектры усредненных значений изученных элементов для донных отложений малых озер ландшафтных зон юга Западной Сибири, относящимся к разным озерным системам, нормированных к значениям концентраций верхней континентальной коры по (Wedepohl, 1995). Ландшафтные зоны: (а) – подтайга, (б) – лесостепь, (в) – степь, (г) – подзона ленточных боров.

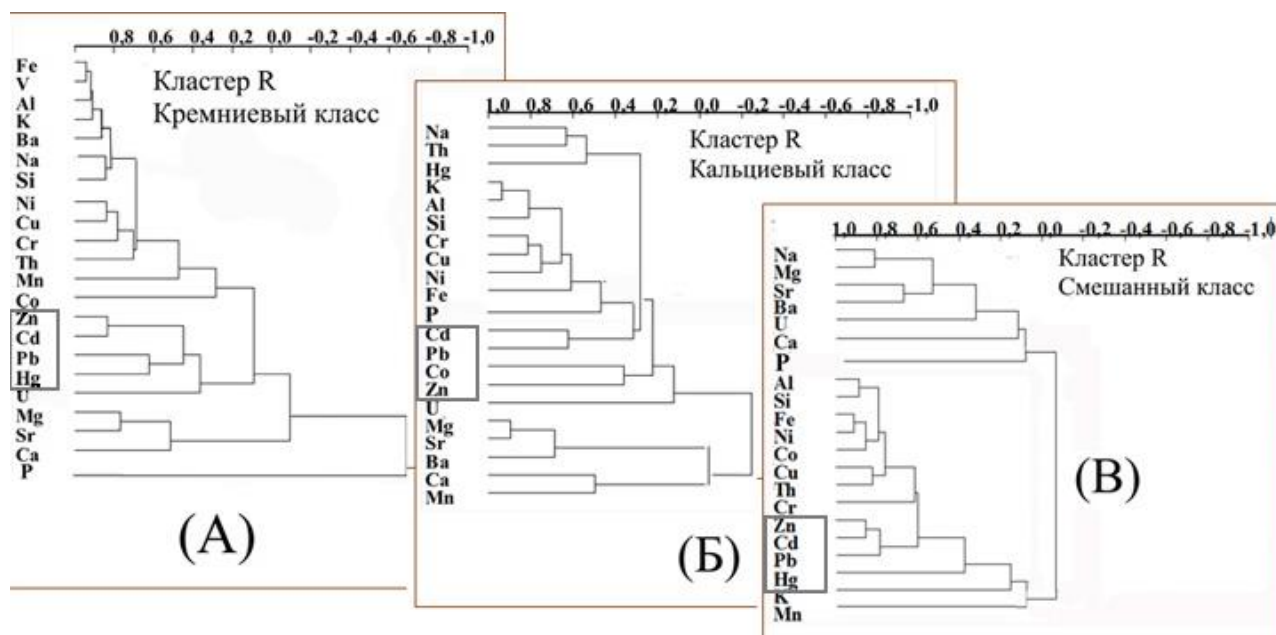


Рис. 4. Дендрограмма кластер-анализа R-типа, где использованы аналитические данные по содержаниям макро- (Si, Ca, Na, K, Al, Mg, Fe, Ti, P, Mn) и микроэлементов (Sr, Ba, Pb, Cd, V, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Hg, U, Th) в разных классах донных отложениях (А) –кремниевого, (Б) – кальциевого, (В) – смешанного.

Обособленное положение на всех диаграммах (Рис. 4) занимает группа Zn-Cd-Pb-Hg, за исключением кальциевого класса, где вместо ртути присутствует Co, а ртуть образует обособленную группу с Na и Th. Элементы группы Zn-Cd-Pb-Hg отражают состав взвеси, сорбированной органическим веществом сапропеля или входящим в его состав. Тесные связи между элементами отдельных групп отражают совместное вхождение их в минеральные фазы, что подтверждается данными изучения фазового состава донных отложений с использованием СЭМ и ИК-спектроскопии.

Анализ вертикального распределения макро- и микроэлементов в обобщенных ядрах донных отложений изученных озер по ландшафтным зонам юга Западной Сибири позволяет выделить три типа разрезов. В первом случае верхние и нижние горизонты донных отложений практически не отличаются по содержаниям большинства изученных элементов (Cu, Cr, Ni, Co, Mg, Be, Sb, V, Li, и другие), что характерно для озёр, расположенных вдали от населенных пунктов и промышленных предприятий. Второй тип распределения установлен для главных породообразующих элементов, зависящих от минеральной составляющей донных отложений Ca, Al, Sr, Ba и в меньшей степени Si, K. Распределения Ca, Sr и Al, Ba изменяются закономерно в противоположной зависимости и их тренд определяется соотношением биохемогенного карбоната и минералов терригенной фракции в донных отложениях конкретного озера, независимо от ландшафтных условий. Третий тип распределения отмечается для Cd, Hg и в южной части Барабинской низменности для Zn - к границе «водадонные отложения» концентрации их увеличиваются, особенно резко для Cd.

Первое защищаемое положение: В пределах одной озерной системы формируются органоминеральные отложения разных типов, классов и видов во

всех ландшафтных зонах юга Западной Сибири. Независимо от ландшафтных условий органоминеральные отложения, относящиеся к одному типу и классу, характеризуются схожей вариацией концентраций микроэлементов. Сочетание локальных факторов обеспечивает формирование уникального компонентного состава малых озер юга Западной Сибири.

Аутигенное карбонатообразование на границах раздела сред в малых озерах юга Западной Сибири.

Карбонаты кальцит–доломитового ряда и арагонит широко распространены среди современных аутигенных минералов в малых озёрах юга Западной Сибири, в подчиненных количествах встречаются сидерит, родохрозит и магнезит. Формирование аутигенных карбонатных минералов происходит на геохимических барьерах: дрейфующая биота-вода (альгобактериальные маты, дрейфующие на поверхности воды макрофиты/водоросли), вода–погруженная биота (погруженные макрофиты и/или водоросли) и вода-донные отложения.

Минералообразование происходит непосредственно на цианобактериальных матах и под ними, на поверхности погруженных водорослей и подводных частей макрофитов. Размеры отдельных образований достигают 30-50 мкм, а их скопления – 0,5-1см. На границе вода-донные отложения размеры отдельных образований не превышают 20-30 мкм, а их скопления – 100-150 мкм.

На границах дрейфующая биота-вода и вода-погруженная биота аутигенные минералы образуют тонкие пленки на первичном скелете водорослей в виде псевдоморфоз по нитям и клеткам микроорганизмов (Рис. 5). Пленки состоят из мелкозернистой массы арагонита и/или кальцита и образуются в процессе жизнедеятельности водорослей в озерах всех изученных ландшафтных зон и широкой вариации значений общей минерализации вод.

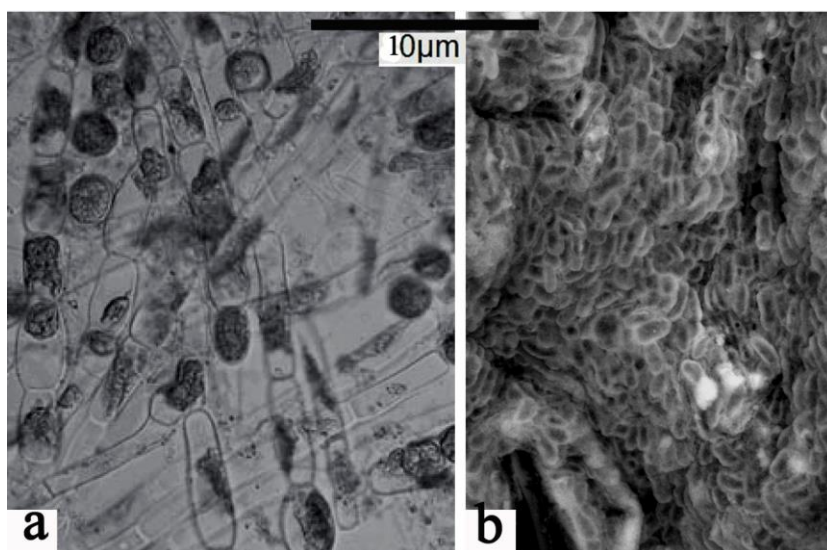


Рис. 5. Микрофотографии аутигенных минералов на границах дрейфующая биота-вода и вода-погруженная биота (а) фото *Stenocladus circinnatus* Borz (оз. Петухово). (Sapozhnikov et. al., 2016); (b) минеральные пленки (Mg-сульфат) на поверхности альгобактериальной колонии (оз. Петухово) (СЭМ MIRA 3 TESCAN).

Другим возможным путем образования первичных карбонатов является осаждение в результате концентрирования отдельных элементов живым веществом при создании специфических локальных Eh-pH условий в процессе

фотосинтеза. В составе тонких пленок на первичном каркасе водорослей кроме арагонита установлены новообразования сульфатов магния (Рис. 5б) или карбонатов магния (Рис. 6).

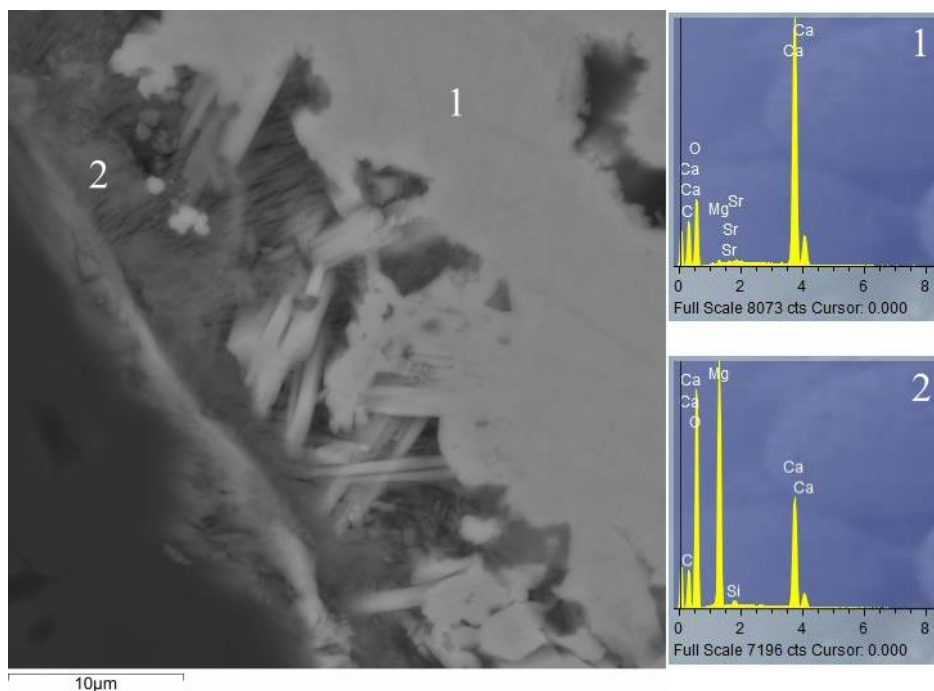


Рис. 6. Микрофотография минеральных пленок (Mg-карбонат) на поверхности альгобактериальной колонии (оз. Урманное, подтайга) и замещающие их карбонаты: 1 – CaCO_3 , 2 – MgCO_3 (СЭМ MIRA 3 TESCAN).

На границе вода-донные отложения происходит собственная аутигенная минерализация карбонатов разной степени магниезальности и арагонита на фоне перемещения с границ дрейфующая биота-вода и вода-погруженная биота арагонита, кальцита и низкомагниезального кальцита, которые не растворяясь, захороняются в донных отложениях. Анаэробное разложение исходного органического вещества донных отложений продуцирует газы – CO_2 , H_2S , NH_3 и др. в результате деятельности бактерий и грибов, живущих в первых сантиметрах донных отложений в больших количествах, что способствует растворению и исчезновению сульфатов и карбонатов магния, а также частично арагонита, с последующим биохемогенным осаждением кальцита и низкомагниезального кальцита различной морфологии в озерах с широким диапазоном значений общей минерализации воды. Агрегаты низкомагниезального кальцита и кальцита являются одними из наиболее распространенных аутигенных минералов малых озер юга Западной Сибири.

Высокомагниезальные кальциты (Рис. 7) и Ca-избыточные доломиты с разным содержанием Ca в структуре осаждаются преимущественно в озерах с гидрокарбонатно-натриевым (содовым) и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевым составом вод со значением общей минерализации воды >3 г/л и $\text{pH} > 9$ (Овдина и др., 2018).

Безусловный интерес представляет формирование в озёрных отложениях Ca-избыточного доломита. Следует подчеркнуть, что смешанослойная структура Ca-избыточного доломита более близка структуре высоко-Mg кальцита, нежели доломита *sensu stricto* (Solotchina, Solotchin, 2014). Аутигенный Ca-избыточный доломит является крайним членом ряда Ca-Mg безводных карбонатов и имеет

генезис отличный от стехиометрического доломита (Deelman, 2011). Вариации содержания CaO и MgO в Ca-доломите проявляются в диапазоне 10-15 %-экв относительно стехиометрического доломита (Рис. 8). В нашем случае прослеживается весь спектр карбонатов кальцит-доломитового ряда, сформированных в малых озерах юга Западной Сибири от низкомагнезиального кальцита до Ca-избыточного доломита.

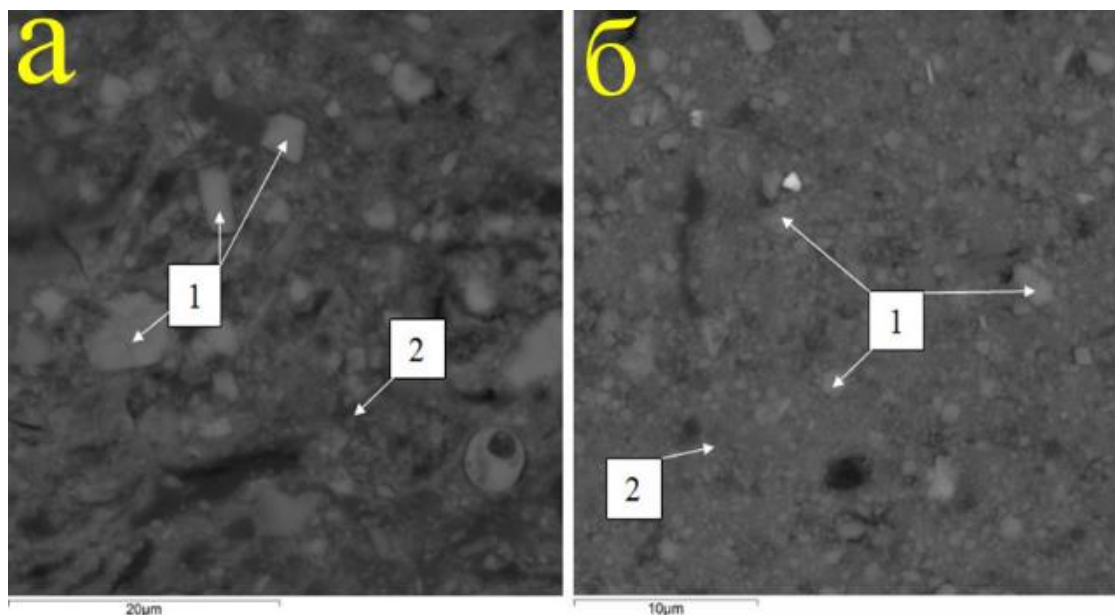


Рис. 7. Микрофотографии высокомагнезиальных карбонатов (а) – оз. Дёмкино, глубина 0-5см, 1 – высокомагнезиальный кальцит; 2 – «творожистая» основная масса состава высокомагнезиального кальцита; (б) - оз. Рублево, глубина 0-5см, 1 – Ca-избыточный доломит; 2 – «творожистая» основная масса состава высокомагнезиального кальцита (СЭМ MIRA 3 TESCAN).

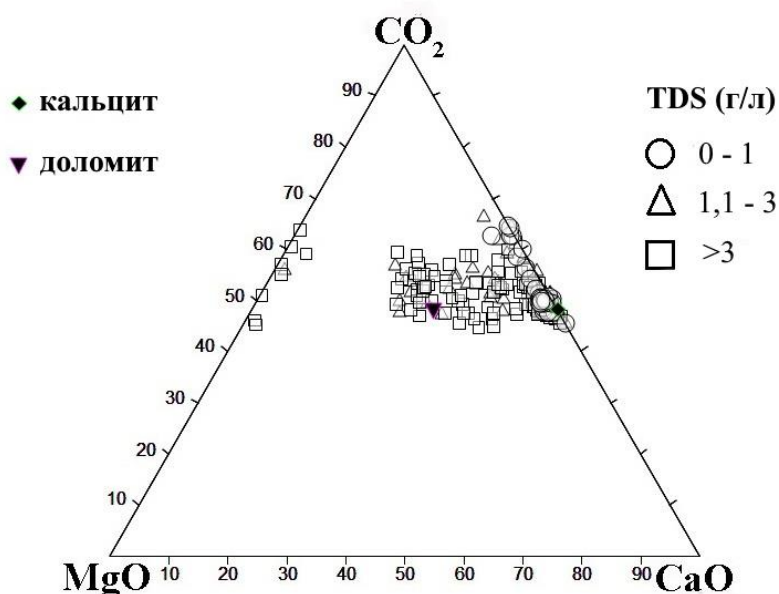


Рис. 8. Треугольник Ферре состава карбонатов кальцит-доломитового ряда (%-экв), сформированных в малых озёрах юга Западной Сибири с учетом величины общей минерализации воды (г/л)

Вариации в составе высокомагнезиальных карбонатов, в свою очередь, коррелируют со значениями общей минерализации, pH и состава вод. В озерах $\text{HCO}_3\text{-Mg-Na}$ состава вод ($M=2,1-2,6$ г/л) карбонаты представлены высокомагнезиальным кальцитом и Ca-избыточным доломитом. В озерах $\text{HCO}_3\text{-}$

Na и $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$ состава воды ($M=9$; 41,5 г/л) – карбонаты представлены Са-избыточным доломитом.

В озерах Cl- $\text{HCO}_3\text{-Na}$, Cl -Mg-Na и Cl-Na состава ($M=52,3$ -54,2 г/л) – основным карбонатом является Са-доломит. Для всех вышеперечисленных озер рН воды варьирует от 9,0 – 9,8. В озерах Cl-Na состава – формируется арагонит (оз. Малиновое ($M=396,6$ г/л, рН 7,6)) и в малых примесях присутствует кальцит (оз. Красновишневое ($M=297,3$ г/л, рН 7,7)).

Сохранению карбонатных минералов в донных отложениях малых озер способствует захоронение их эоловым материалом, связанное с ураганным поступлением его после длительного периода ледостава, малой глубиной озёр (до 3м), ветровым перемешиванием, значительным увеличением минерализации воды в период вымораживания, а также наличием восстановительных условий на границе вода-донные отложения, о чем свидетельствует формирование пирита, с первых сантиметров донных отложений в виде одиночных фрамбоидов и их скоплений, кристаллов и групп кристаллов различного габитуса, распространенных по всей глубине разреза донных отложений.

Второе защищаемое положение: Формирование аутигенных карбонатных минералов малых озёр юга Западной Сибири происходит на геохимических барьерах: дрейфующая биота-вода, вода – погруженная биота, вода-донные отложения. На всех геохимических барьерах формируются арагонит, кальцит, низкомагнезиальный кальцит в озёрах всего спектра значений общей минерализации воды вне зависимости от состава вод. На границе вода-донные отложения происходит хемогенное осаждение высокомагнезиального кальцита и Са-избыточного доломита при гидрокарбонатно-натриевом и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевом составе вод при минерализации >3 г/л и $\text{pH}>9$ и в водах любого состава при минерализации >10 г/л и $\text{pH}>8,2$.

Радиоэкологическая оценка компонентов малых озёр юга Западной Сибири.

Для применения органоминеральных отложений (сапропелей) в различных отраслях, сапропелевое сырьё должно соответствовать радиационно-гигиеническим нормативам по активности естественных и искусственных радионуклидов (ГОСТ 54000, 2010). Для этого вычисляется *суммарная эффективная удельная активность (Ac)* от естественных радионуклидов по формуле (с учетом коэффициентов): $A_c = A_{\text{Ra}} + 1,31 A_{\text{Th}} + 0,085 A_{\text{K1}}$, где A_{Ra} , A_{Th} , A_{K1} - удельные активности соответствующих радионуклидов (Рихванов, 2009). Норма значений суммарной эффективной удельной активности (Ac) для естественных радионуклидов должна не превышать 300 Бк/кг, а Ac для техногенных радионуклидов – не превышать значений глобального фона (ГОСТ Р 54519, 2011).

Значения суммарной эффективной удельной активности (Ac) почв и биоты (Рис. 9) находятся в широких интервалах значений, но превышения более 300 Бк/кг не выявлено. Полученные результаты для почв согласуются с литературными данными по естественной радиоактивности геологических

пород (Титаева, 2000; Рихванов, 2009). Для донных отложений всех изученных малых озер юга Западной Ас не превышает санитарную норму 300 Бк/кг по (ГОСТ Р 54519, 2011). Зависимости величины Ас от зольности донных отложений не выявлено. Минимальные величины Ас установлены для карбонатных сапропелей, так как кальцит и доломит практически не сорбируют и не содержат примеси микроэлементов, за исключением (Sr, Mn, Ba). Наличие слюд или калиевого полевого шпата в значительных количествах в сапропелевых отложениях наоборот приводит к увеличению величин Ас. Основными факторами, определяющими величину Ас сапропелевой залежи отдельного озера являются: минеральный состав донных отложений, зависящий от биохеомогенных процессов, происходящих на геохимических барьерах; радиогеохимические особенности почв и почвообразующего субстрата водосбора. Распределение естественных радионуклидов в сапропелевых залежах по всей глубине керна практически однородно на протяжении исследуемого временного интервала.

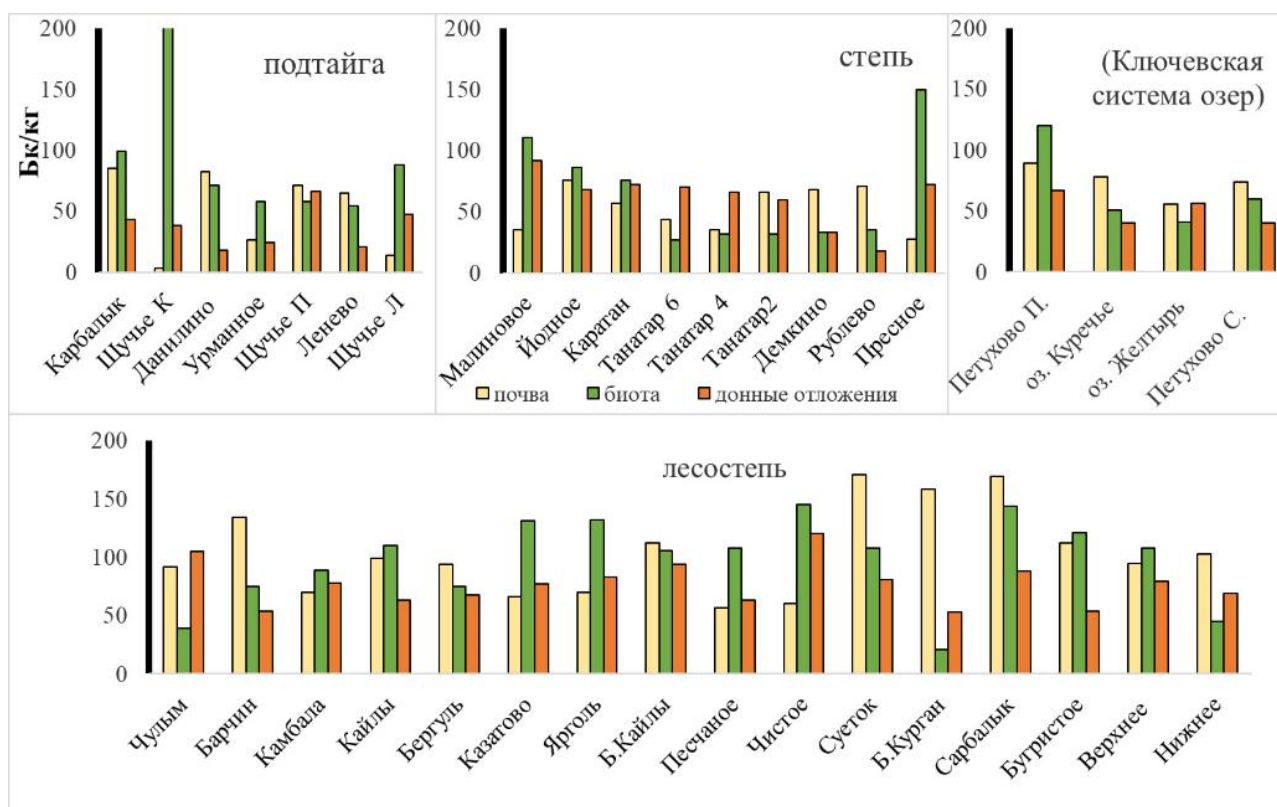


Рис. 9. Суммарная эффективная удельная активность естественных радионуклидов (Ас, Бк/кг) в почвах, биоте и донных отложениях озер, из различных ландшафтов Барабинской низменности и Кулундинской равнины. По оси Х расположены названия озер.

Вследствие проведенных испытаний на Семипалатинском и Новоземельском ядерных полигонах, начиная с 1949 года, практически на всей изучаемой территории Западной Сибири встречаются участки, где региональный техногенный радиационный фон превышает глобальный в несколько раз (Сухоруков и др., 2001; Рихванов, 2009 и др.). Для большей части сапропелевых залежей изученных озер, независимо от их химического состава, суммарные уровни загрязнения ^{137}Cs соответствуют уровню глобального фона. Увеличение

активности ^{137}Cs в верхних интервалах разрезов сапропелевых залежей, начиная с глубины 40-50 см, которая согласно графикам распределения ^{210}Pb соответствует началу ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне, можно объяснить вторичным перераспределением радиоцезия в результате привноса его в озеро с почвенными частицами с площадей водосбора (Рис. 10а). Кроме того, на границе вода-донные отложения идет постоянное перераспределение радиоцезия между осаждающимися на дно остатками отмирающей биомассы и новым накоплением радионуклидов укореняющимися водными растениями и бентосом.

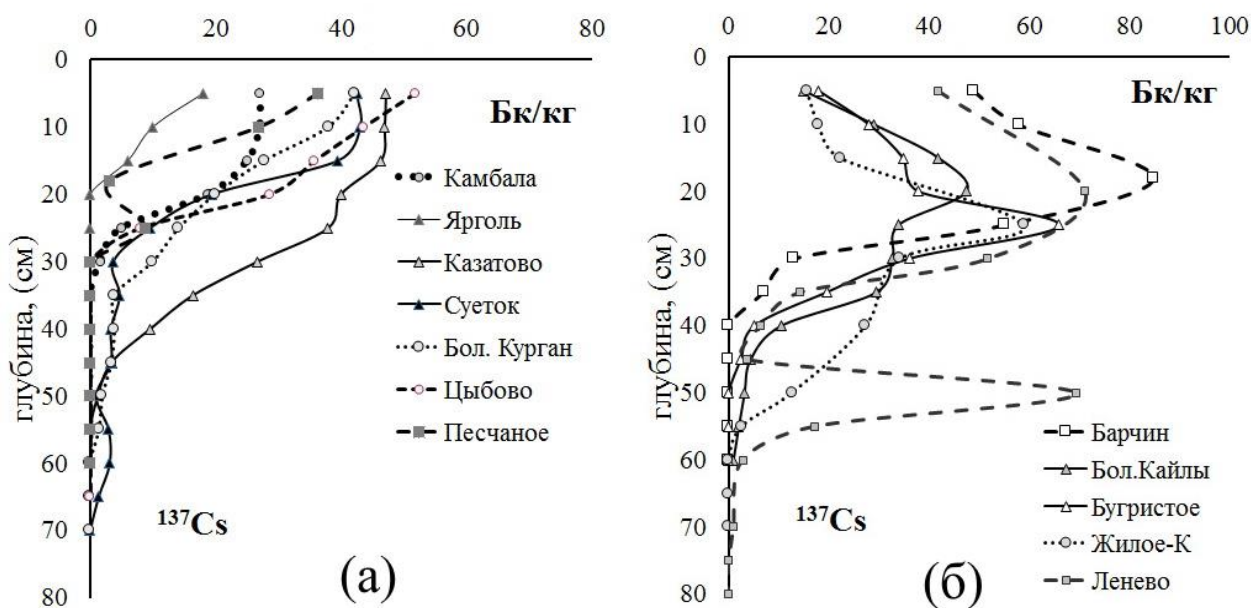


Рис. 10. Вертикальное распределение удельной активности ^{137}Cs (Бк/кг) в донных отложениях озер Барабинской низменности (а) с постепенным накоплением радиоцезия к верхним интервалам, начиная с глубины 40-50 см; (б) с неоднородным накоплением радиоцезия. Тип маркера обозначает класс сапропелевой залежи: квадрат – кальциевый ($\text{Ca} > \text{Si}$); круг – кремниевый ($\text{Si} > \text{Ca}$); треугольник – смешанный ($\text{Si} \sim \text{Ca}$).

В некоторых озерах Барабинской низменности и Кулундинской равнины отчетливо наблюдаются один или два пика активности ^{137}Cs на разной глубине донной залежи, а вверх и вниз по разрезу происходит затухание удельной активности радиоизотопа (Рис. 10б). Аномальные содержания ^{137}Cs (с превышением глобального фона запасов ^{137}Cs более чем в 2 раза) в глубинных интервалах являются свидетельством первоначального загрязнения отложений от ядерных взрывов, начиная с 1949 года. Их можно связать со временем прохождения радиоактивных облаков и выпадением радиоактивных осадков на озерные системы. Такие озера пространственно тяготеют к площадным следам радиоактивных выпадений и, несомненно, относятся к озерным системам с первичным загрязнением акватории озера (Селегей, 1997; Рихванов, 2009). Основным фактором, определяющим неоднородность распределения радиоцезия в почвах и донных отложениях, является неравномерность выпадения атмосферных осадков в периоды ядерных испытаний (Страховенко и

др., 2019). Очевидно, это является причиной того, что не отмечается зависимости активности ^{137}Cs в сапропелевых залежах озер от локализации их в разных ландшафтных зонах. Вследствие мозаичности распределения радиоцезия в донных отложениях озер различия между накоплением его сапропелевыми залежами разного типа и класса не проявлены.

Третье защищаемое положение: Суммарная эффективная удельная активность (Ас) естественных радионуклидов сапропелей малых озёр юга Западной Сибири ниже нормы в соответствии с требованиями ГОСТа. В сапропелях отдельных озёр выявлены маломощные горизонты с высоким уровнем площадной активности ^{137}Cs с превышением глобального фона в 2-3 раза и более.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения комплексного исследования геохимии и минералогии компонентов малых озер, основанного на новом методологическом принципе детального описания отдельно взятого озера в тесной взаимосвязи со всей озёрной системой, охарактеризованы основные особенности осадконакопления.

Основополагающую роль в формировании геохимического и минерального состава донных отложений малых озер различных ландшафтных зон юга Западной Сибири (подтайга, лесостепь, степь, подзона ленточных боров) играют сложные природные процессы, определяющиеся совокупностью азональных (локальных) факторов: образованием седиментационного материала на водосборе озера в зависимости от рельефа, геологии, почвенного и растительного покрова и хозяйственной деятельности человека; формированием аутигенного органического и минерального вещества в результате биологических, биохимических и физико-химических процессов; осаждением сложной смеси аллохтонного и автохтонного вещества, протекающие в условиях длительного ледостава (в анаэробных условиях).

Во всех ландшафтных зонах в малых озерах юга Западной Сибири формируются органоминеральные (сапропелевые) отложения. Тип сапропеля определяется зольностью, которая зависит не только от количества терригенной составляющей, но и от биохемогенной составляющей (аморфный кремнезем, низкомагнезиальный кальцит, арагонит), состав которой определяет класс сапропеля. Малые озера различных ландшафтных зон юга Западной Сибири имеют различия в геохимическом и минеральном составе донных отложений, и они сопоставимы с таковыми внутри одной ландшафтной зоны и между ландшафтными зонами.

На юге Западной Сибири широко распространены озера с гидрокарбонатно-натриевым (содовым) составом вод на фоне общей зональности ионного состава и значений общей минерализации озёрных вод, что способствует обильному развитию биоты в озёрах и ведет к процессам перераспределения и аккумуляции вещества, а также локальным изменениям среды в водной толще. В изученных малых озерах происходят активные процессы аутигенной минерализации (кремнезем, карбонаты кальцит-

доломитового ряда и/или арагонит, пирит (фрамбоиды, одиночные кристаллы, скопления) и редко иллит-сметиты). Аутигенный кремнезем представлен мортмассой кремний-накапливающей биоты или панцирями диатомовых водорослей. Пирит формируется, начиная с первых сантиметров донных отложений и по всей глубине разреза, что свидетельствует о восстановительных условиях среды.

Совокупность ландшафтных, геохимических и биогенных факторов в результате способствует образованию аутигенных карбонатов кальцит-доломитового ряда и арагонита на геохимических границах: дрейфующая биота-вода, вода-погруженная биота и вода-донные отложения на фоне терригенного сноса и накопления органического вещества. Весь спектр карбонатов кальцит-доломитового ряда от низкомагнезиального кальцита до Са-избыточного доломита (а также арагонит) прослеживается в малых озерах юга Западной Сибири.

Преимущественно на границах дрейфующая биота-вода и вода-погруженная биота, а также на границе вода-донные отложения, в результате биохемогенных процессов формируются низкомагнезиальный кальцит, кальцит и арагонит в рассмотренных малых озерах всего спектра значений общей минерализации вод. В результате изменений физико-химических условий благодаря совокупности ландшафтных, климатических, геохимических и биогенных факторов на границе вода-донные отложения осаждаются высокомагнезиальные кальциты и Са-избыточные доломиты. Одним из основных факторов является криогенное воздействие в результате продолжительного (7-9 месяцев) периода ледостава.

Для исследованных сапропелевых залежей малых озёр юга Западной Сибири характерны значения суммарной эффективной удельной активности (Ас) естественных радионуклидов, которые находятся ниже предела нормы (<300 Бк/кг). В сапропелевых залежах изученных озёр, независимо от их химического состава, суммарные уровни загрязнения ^{137}Cs соответствуют уровню глобального фона. Но сапропелевых залежах отдельных озёр, выявлены горизонты (мощностью до 15 см) с высоким уровнем площадной активности ^{137}Cs с превышением глобального фона в 2-3 раза и более (32 мКи/км² на 2010 год).

Основными индикаторами при планировании рационального природопользования сапропелевых залежей малых озёр юга Западной Сибири для использования адекватной методологии и соответствующих технологий являются: уникальность состава биоты (аккумулирующей Si или Са), который напрямую связан с минерально-геохимическим составом донных отложений; формирование пирита, что свидетельствует о восстановительных условиях среды формирования донных отложений и неравномерность загрязнения малых озёр юга Западной Сибири техногенными радионуклидами.

Список научных трудов по теме диссертации

Публикации в рецензируемых журналах

1. **Ovdina E.A.**, Strakhovenko V.D., Solotchina E.P. Authigenic Carbonates in the Water-Biota-Bottom Sediments' System of Small Lakes (South of Western Siberia) // Minerals. - 2020. - Vol.10. - Iss. 6. - Art.552. DOI: 10.3390/min10060552;
2. **Ovdina E.**, Strakhovenko V., Yermolaeva N., Zarubina E., Yermolov Yu. Radionuclide distribution in components of the Sarbalyk limnetic system (Baraba Lowland, Western Siberia) // Russian Journal of Earth Science, vol. 19, ES6003. <https://doi.org/10.2205/2019ES000681>
3. **Ovdina E.A.**, Strakhovenko V.D., Solotchina E.P. Authigenic calcite-dolomite series carbonates of lacustrine bottom sediments: morphology, geochemistry, and mineralogy (South of Western Siberia) // Limnology and Freshwater Biology 2020 (4): 544-545 DOI:10.31951/2658-3518-2020-A-4-544
4. Страховенко В.Д., **Овдина Е.А.**, Малов Г.И., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Таран О.П., Болтенков В.В. Генезис органоминеральных отложений озер центральной части Барабинской низменности (юг Западной Сибири) // Геология и Геофизика, 2019, № 11, с. 1231–1243. <https://doi.org/10.15372/GiG2019093>
5. Gaskova. O. L., Strakhovenko. V. D., Ermolaeva. N. I., Zarubina. E. Y., **Ovdina. E. A.** A simple method to model the reduced environment of lake bottom sapropel formation // Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2017, vol. 35, № 4. <https://doi.org/10.1007/s00343-017-5345-9>
6. Гаськова О.Л., Страховенко В.Д., **Овдина Е.А.** Состав рассолов и минеральная зональность донных отложений содовых озер Кулундинской степи (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 2017, т. 58, № 10, с. 1514-1527. <https://doi.org/10.15372/GiG20171005>
7. Комова. А., Melnikova. A., Namsaraev. Z., Romanov. R., Strakhovenko. V., **Ovdina. E.**, Ermolaeva N. Chemical and biological features of the saline Lake Krasnovishnevoye (Baraba, Russia) in comparison with Lake Malinovoe (Kulunda, Russia): a reconnaissance study // Journal of Oceanology and Limnology, 2018, vol. 36, № 6. <https://doi.org/10.1007/s00343-018-7333-0>

Публикации в материалах научных мероприятий

1. **Овдина Е.А.**, Страховенко В.Д. Особенности Са: Mg соотношения в малых озерах юга Сибири // Материалы 2-ой Всероссийской Школы студентов, аспирантов и молодых ученых и специалистов по литологии «Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия» 17-19 октября 2016. Екатеринбург. ООО Универсальная Типография «Альфа Принт». 2016. с 173-175. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29282756>
2. **Овдина Е.А.**, Страховенко В.Д., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Сысо А.И., Ермолов Ю.В. Особенности распределения радионуклидов в оз. Сарбалык (Барабинская равнина) // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Материалы V Международной конференции. г. Томск. 13–16 сентября 2016 г. – Томск: STT. 2016. С 475-480.
3. **Ovdina E.** Features of small lakes sapropels composition of the Barabinsk steppe (central part) depending on the water composition // The 8th International Siberian Early Career GeoScientists Conference: Proceedings of the Conference (13-24 June 2016. Novosibirsk, Russia). IGM SB RAS. IPPG SB RAS. NSU: Novosibirsk. 2016. P 105-107
4. **Овдина Е.А.**, Страховенко В.Д., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Салтыков А.В. Современное минералообразование в озерах Петухово Кулундинской степи // Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика). Материалы V Международной конференции молодых ученых (5-8 сентября 2016г). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2016. С 210-217.
5. **Овдина Е.А.**, Страховенко В.Д. Оценка влияния антропогенной нагрузки на состав компонентов озерных систем центральной части Барабинской низменности // Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием «Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения». 2-7 октября. г. Сочи. Новочеркасск: Лик. 2017. – 399-405 с.

6. **Овдина Е.А.**, Страховенко В.Д., Мельгунов М.С. Радиоэкологическая оценка сапропелей зоны южной тайги (Западная Сибирь) // Экологические проблемы. Взгляд в будущее: сб. трудов VIII Международной научно-практической конференции (БП и СОТ «Витязь» - БП и СОТ «Лиманчик». 8–11 сентября 2017г)/ Южный федеральный университет; под ред. Ю.А. Федорова. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ. 2017. с 339-343.
7. **Ovdina E. A.**, Strakhovenko V.D., Yermolaeva N.I., Zarubina E.Yu., Solotchina E.P. The features of mineral formation processes in Lake Petukhovo (Kulunda plain)// Paleolimnology of Northern Eurasia: experience, methodology, current status and young scientists school in microscopy skills in paleolimnology: proceedings of the 3rd International Conference (Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. 1–4th of October 2018). – Kazan: Publishing House of Kazan University. 2018. – P. 77-80
8. **Овдина Е.А.**, Страховенко В.Д., Солотчина Э.П. Образование карбонатов на границах раздела сред в голоценовых осадках малых озер Сибири//International Conference «Freshwater Ecosystems – Key Problems». 10-14 September. 2018 / Abstracts/ Irkutsk: LLC «Megaprint». 2018. – P. 268-269
9. **Овдина Е.А.**, Даниленко И.В., Страховенко В.Д., Малов Г.И. Изучение ИК-спектров и распределения микроэлементов разнотипных сапропелей малых озер (юг Западной Сибири)// IX Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле: материалы конференции / Ин-т геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН. Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН. Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск: ИПЦ НГУ. 2018. – 423-425 с.
10. **Овдина Е.А.**, Страховенко В.Д., Солотчина Э.П. Особенности образования минералов кальцит-доломитового ряда в малых озерах Западной Сибири// Осадочная геология Урала и прилежащих регионов: сегодня и завтра Материалы 12 Уральского литологического совещания. 2018. С. 242-244.
11. **Овдина Е.А.**, Страховенко В.Д., Малов Г.И., Солотчина Э.П., Букреева Л.Н. Характеристика аутигенных высокомагнезиальных карбонатов кальцит-доломитового ряда в донных отложениях малых озер Кулундинской равнины// Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. – М.: ИО РАН. 2019. – С. <https://doi.org/10.29006/978-5-9901449-7-2.ICMG-2019-3>
12. **Овдина Е.А.**, Страховенко В.Д. Распределение микроэлементов в малых озерах юга Западной Сибири с карбонатным типом осадка // В сборнике: Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. Сборник материалов четвертой Всероссийской научной конференции с международным участием. Геологический институт СО РАН. Улан-Удэ, 2020., с. 167-170 DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-167-170