

СЫРЫХ Людмила Сергеевна

**КЛАССИФИКАЦИЯ ОЗЕР ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ
ПО ТИПУ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА**

1.6.14. Геоморфология и палеогеография

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург

2024

Диссертация выполнена на кафедре физической географии и природопользования факультета географии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена»

Научный руководитель:

доктор географических наук, доцент, декан факультета географии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена»

Субетто Дмитрий Александрович

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории эволюционной географии и гляциологии ОГПС федерального государственного бюджетного учреждения «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»

Большиянов Дмитрий Юрьевич

доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории геоэкологии и гидрогеохимии федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук»

Борзенко Светлана Владимировна

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук»

Защита диссертации состоится в **10-00 часов «24» мая 2024** г. на заседании совета 33.2.018.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук созданного на базе Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48, корп. 12, ауд. 21

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена по адресу 191186, г. Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48, корп. 5 и на сайте университета по адресу https://disser.herzen.spb.ru/Preview/Vlojenia/000001010_Disser.pdf

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Сазонова Ирина Евгеньевна

Актуальность исследования

Озерный седиментогенез, как комплексный показатель развития озерной экосистемы во времени и в пространстве, отражает внутренние процессы в озере и взаимодействие его экосистемы с окружающим ландшафтом. Наиболее детально процесс формирования донных отложений (ДО) озёр рассматривается в палеолимнологии, где анализируются пространственно-временные изменения природных условий и их причины. Исследования донных отложений озёр на Восточно-Европейской равнине (ВЕР) имеют более чем вековую историю. Становление палеолимнологии как науки происходит с 1960-х годов. К настоящему времени собран большой объем научной информации о строении озёрных донных отложений, особенностях их формирования, о генезисе и развитии озёр в прошлом. На сегодняшний день ставится вопрос систематизации накопленных данных.

Классификация широко применяется для обобщения, структурирования и анализа большого объема информации. Озёра классифицируются на основе морфометрических (площадь, глубина, форма), генетических (происхождение котловины), химических (химический состав воды и донных отложений), физических (температурная стратификация, перемешивание вод), экологических (трофность, продуктивность) параметров, а комплексные классификации учитывают несколько показателей в совокупности. Существуют отдельные классификации и типологии озёр, которые берут за основу гранулометрический или химический состав донных отложений. Особенности озерного накопления, как единого типологического показателя, впервые предложил использовать Л.Л. Россолимо (1976), однако он не учитывал параметр времени. Процесс формирования донных отложений динамичен во времени и зависит от изменения природно-климатических обстановок.

Комплексный подход в исследовании донных отложений озёр, сопряжённый с данными о географическом распространении и возрасте, позволит в полной мере оценить характер озёрного седиментогенеза на территории Восточно-Европейской равнины.

Целью диссертационного исследования является разработка классификации озер Восточно-Европейской равнины по типам седиментогенеза.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- сформировать электронную базу данных озер Восточно-Европейской равнины на основе систематизации имеющихся палеолимнологических данных за период с 60-х гг. XX века по настоящее время, дополненную материалами, полученными автором;

- выявить основные типы седиментогенеза в озёрах Восточно-Европейской равнины;

- выполнить реконструкцию природно-климатических условий некоторых озер ВЕР в конце неоплейстоцена и в голоцене на основе литостратиграфического и хирономидного анализа донных отложений

Объект исследования – донные отложения озёр Восточно-Европейской равнины.

Предмет исследования – пространственно-временные особенности озёрного осадконакопления Восточно-Европейской равнины в конце неоплейстоцена и в голоцене.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Электронная база палеолимнологических данных Восточно-Европейской равнины, созданная на основе опубликованных и авторских материалов, позволила оценить изученность озерного седиментогенеза Восточно-Европейской равнины и разработать классификацию озер.

2. Разработана классификация озер по типам седиментогенеза, выделенным на основе различий в литологическом строении отложений и их мощности: 1-й класс озер представлен глубоководными крупными озерами с преобладанием минерагенного типа осадконакопления; 2-й класс озер представлен изоляционными бассейнами, сформировавшимися в зонах морских и озёрных трансгрессий и регрессий, для которых характерно наличие минерагенных отложений в основании разреза осадков, переходного горизонта и толщи органогенных отложений (гиттия); 3-й класс включает озера, расположенные вне трансгрессивно-регрессивных зон, донные отложения которых представлены преимущественно органогенными осадками.

3. Разнообразие озерного осадконакопления в голоцене на территории Восточно-Европейской равнины обусловлено переходом от унифицированной природно-климатической системы позднего неоплейстоцена к дифференцированной природной среде голоцена, что установлено с помощью литостратиграфического и хирономидного анализов донных отложений озер.

Научная новизна

Впервые:

- создана электронная база данных PaleoLake на основе сбора и обработки обширных опубликованных и авторских данных по палеолимнологически изученным озерам Восточно-Европейской равнины;

- выделено три типа седиментогенеза озер Восточно-Европейской равнины – минерагенный, минерагенно-органогенный и органогенный, отличающиеся соотношением мощности горизонтов и литологическими особенностями;

- разработана классификация озер Восточно-Европейской равнины по выделенным типам седиментогенеза;

- выполнена реконструкция палеоэкологических условий для ряда озер Восточно-Европейской равнины с конца позднего неоплейстоцена и голоцена на основе литостратиграфического и хирономидного анализа донных отложений.

Личный вклад автора состоит в формулировании цели и задач исследования, в сборе и обработке опубликованных материалов. В участии в экспедициях, сборе полевого материала и в его аналитической обработке. Автором разработана структура и создана электронная палеолимнологическая база данных PaleoLake. Фактический материал, собранный в ходе полевых работ в период 2011–2020 гг., был обработан и проанализирован в лаборатории рационального природопользования РГПУ им. А. И. Герцена, а также во время стажировок в отделе Исследований полярных наземных экосистем Института полярных и морских исследований им. А. Вегенера, Потсдам, Германия (2013–2019 гг.) и на кафедре

географии в Ньюкаслском университете, Великобритания (2019). Разрезы донных отложений были исследованы автором палеолимнологическими методами: литологический (54 колонки донных отложений), хирономидный (640 проб), анализ потери массы при прокаливании (56 проб). Полученные результаты дополнили базу данных «PaleoLake». Анализ субфоссильных сообществ хирономид выполнен для образцов донных отложений ряда озёр, расположенных в разных регионах Европейской части России, а также Сибири, Дальнего Востока и Республики Монголия. Полученные результаты послужили основой для качественной и количественной реконструкций палеоэкологических условий с применением методов мультивариационной статистики и современных специализированных программ C2 версия 7, CANOCO 5.0 и Past 3.15.

Теоретическая и практическая значимость заключается в разработке и развитии теории озерного осадконакопления в гумидной зоне. Авторская база данных «PaleoLake» применяется для пространственно-временного анализа в палеогеографических исследованиях и для реконструкций развития природно-климатических обстановок прошлого. Разработанная классификация озёр на основе типов седиментогенеза может быть использована в процессе планирования исследований и экспедиционных работ, а также для прогнозирования развития озёрных экосистем в будущем в рамках мониторинга окружающей среды. Собранные в ходе работы материалы используются в учебном процессе, при обучении студентов и аспирантов естественно-научных специальностей.

Степень достоверности и апробация исследования:

Достоверность полученных результатов исследования обеспечена применением комплексного палеолимнологического подхода. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях: «Международная научно-практическая конференция LXIV Герценовские чтения, посвященная памяти А.М. Алпатьева» (Санкт-Петербург, 2011); Ежегодная научно-практическая конференция «Экологическое равновесие: антропогенное вмешательство в круговорот воды в биосфере» (Пушкин, Ленинградская обл., 2011); IV Международная научная конференция «Озерные экосистемы: Биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды» (Минск, Белоруссия, 2011); Международная научно-практическая конференция «Ресурсно-экологические проблемы Волжского бассейна» (Владимир, 2011); Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Биологический мониторинг природно-техногенных систем» (Киров, 2011); IX семинар молодых учёных вузов, объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов: «Общие и методические проблемы эрозии- и русловедения» (Волгоград, 2012); IV Всероссийская научная конференция с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения» (Апатиты, 2012); Международная научно-практическая конференция «Современные направления теоретических и прикладных исследований» (Одесса, Украина, 2013); II PAST GATEWAYS International Conference and workshop (Триест, Италия, 2014), International Symposium on Chironomidae (Ческе-Будовице, Чехия, 2014; Тренто, Италия, 2017); Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода: «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления

дальнейших исследований» (Краснодар, 2015; Иркутск, 2017); XIV Международный семинар «Геология, геоэкология, эволюционная география» (Санкт-Петербург, 2015); The European Geoscience Union General Assembly (Вена, Австрия, 2014, 2016, 2019, 2022); Международная конференция и школа молодых ученых «Палеолимнология Северной Евразии» (Петрозаводск, 2014; Якутск, 2016; Казань, 2018; Санкт-Петербург, 2022); 33rd Congress of the International Society of Limnology (Лангоу, Китай, 2016); Lateglacial-Interglacial transition: glaciotectonic, seismoactivity, catastrophic hydrographic and landscape changes INQUA Peribaltic Working Group Meeting and Excursion (Петрозаводск, 2018); DIMA (Developing Innovative Multi-proxy Analysis) Summer school in palaeoenvironmental techniques (Томск, 2018; Саутгемптон, Великобритания, 2019, 2021); The 16th East Eurasia International Workshop (Улан-Батор, Монголия, 2019), 2nd International Conference on «Processes and Palaeo-environmental changes in the Arctic: from past to present (PalaeoArc)» (Пиза, Италия, 2021); IPA-IAL (International paleolimnological association – International Association of Limnology) Joint Meeting (Стокгольм, Швеция, 2018; Барилоче, Аргентина, 2022); Всероссийская конференция «Каспий в плейстоцене и голоцене: эволюция природной среды и человек» и школа молодых ученых (Волгоград, 2023); XI Всероссийская с международным участием научно-практическая конференция «Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие» (Санкт-Петербург, 2023); семинар отдела палеогеографии четвертичного периода Института географии РАН (Москва, 2023).

Публикации: по материалам диссертации опубликовано 28 статей: из них в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ – 19, в изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных – 9; в научных изданиях – 2 и более 50 работ в сборниках материалов конференций. Зарегистрирована База палеолимнологических данных PaleoLake (Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014621070 от 31.07.14).

Благодарности:

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, д.г.н. Дмитрию Александровичу Субетто за помощь в организации и проведении научных исследований и за конструктивное обсуждение результатов; доценту, к.г.н. Фирсенковой Вере Марковне и всем сотрудникам кафедры физической географии и природопользования факультета географии РГПУ им. А. И. Герцена за неоценимую помощь и поддержку. Отдельная благодарность к.б.н. Назаровой Ларисе Борисовне (Казанский (Волжский) Федеральный университет) за бесценный опыт в хирономидном анализе и помощь. Автор благодарит коллег из СПбГУ, ААНИИ, КФУ (Казань), СВФУ (Якутск), ИВПС КарНЦ РАН (Петрозаводск), ИМКЭС СО РАН (Томск), ИГ КНЦ РАН (Апатиты) за многолетнее разноплановое сотрудничество. Особую признательность автор выражает Карицкой Т.В. за ценные советы и замечания.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, 4-х глав и заключения. Объем работы составляет 170 страниц, включая 8 таблиц, 51 рисунок и 5 приложений. Библиографический список включает 215 наименований, в том числе 92 на иностранном языке.

Основное содержание работы

Глава 1. Палеолимнологические исследования озер Восточно-Европейской равнины

В первой главе приводится физико-географическая характеристика Восточно-Европейской равнины и рассматривается история исследования озер.

Работа опирается на труды российских и зарубежных учёных: Баранов И.В., Власов Б.П., Бульон В.В., Величко А.А., Квасов Д.Д., Ласт В.М., Лидер М.Р., Меллес М., Назарова Л.Б., Первухин М.В., Пестрякова Л.А., Поползина А.Г., Потахин М.С., Россолимо Л.Л., Рянжин С.В., Смол Дж.П., Соколова А.А., Страхов Н.М., Страховенко В.Д., Субетто Д.А., Тарасов П.Е., Харрисон С.П., Хатчинсон Д., Шелехова Т.С., Якушко О.Ф. и др.

Особенности озерного осадконакопления как единого типологического показателя предлагал использовать Л.Л. Россолимо (1976). Он рассматривал процесс седиментации независимо от особенностей озера и его географического положения. Д.Д. Квасов (1976) в своей классификации, основанной на происхождении озёр и озёрных котловин, акцентировал внимание на важность параметра времени в классификации. Озеро, как эволюционирующая система в процессе своего развития может изменяться и быть отнесена к разным типам. На данный момент не существует классификации, применимой в палеолимнологии, которая бы рассматривала процесс образования озера и формирования донных отложений во времени. Поэтому в диссертационном исследовании была поставлена задача обобщить и проанализировать имеющиеся данные о структуре и возрасте ДО озер Восточно-Европейской равнины и провести классификацию озер в зависимости от особенностей ДО.

Глава 2. Методы исследования. Разработка и создание базы данных PaleoLake

Во второй главе рассматриваются методы и подходы, использованные в диссертационном исследовании. Отдельное внимание уделяется вопросу создания палеолимнологической базы данных озер ВЕР и раскрывается *1е защищаемое положение:*

Электронная база палеолимнологических данных Восточно-Европейской равнины, созданная на основе опубликованных и авторских материалов, позволила оценить изученность озерного седиментогенеза Восточно-Европейской равнины и разработать классификацию озер.

Информация о донных отложениях озер ВЕР была систематизирована в базу данных PaleoLake (рис. 1). База данных (БД) содержит информацию о 289 озёрах ВЕР и прилегающих районов, исследованных палеолимнологическими методами. Она включает следующие характеристики: местоположение озер (координаты, регион, высота над уровнем моря), морфометрические параметры (максимальная глубина, площадь озера), мощность ДО, датирование ДО (вид датирования, максимальный возраст), проведенные палеолимнологические анализы. Для каждого объекта приводится ссылка на библиографический источник. На данный момент в базу включены 205 публикаций.

География палеолимнологических исследований на ВЕР. Согласно материалам БД значительная часть палеолимнологических исследований проводится на СЗ ВЕР – на территории, которая была подвержена воздействию последнего валдайского оледенения, определившего особенности современного рельефа. На основе палеолимнологических данных ВЕР изучена динамика природно-климатических условий неоплейстоцен-голоценового времени, таких как: ледниковая осцилляция, морские трансгрессии и регрессии, развитие приледниковых водоемов, эволюция ландшафтов и изменения климата.

В южной и юго-восточной частях ВЕР палеолимнологическими методами исследуются озёра-лиманы и лагуны, дающие информацию о динамике уровня морских бассейнов и современном состоянии системы «море-озеро».

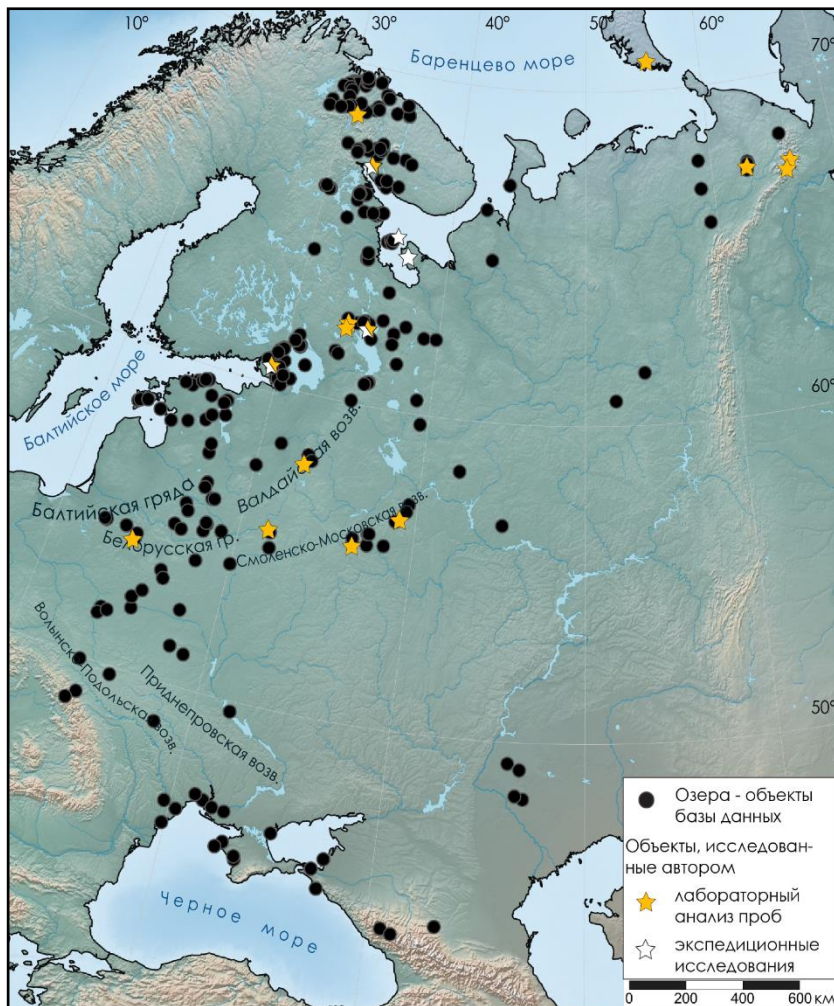


Рис. 1. Территориальный охват палеолимнологической базы данных *PaleoLake* (Srykh et al., 2021) (рис. автора). БД доступна по ссылке: <https://sites.google.com/view/paleolakedatabase?usp=sharing>

Хроностратиграфия всецело зависит от цели и задач исследований. Палеолимнологические исследования, включенные в БД, можно подразделить на три категории исследований:

- мониторинг современного состояния экосистем озер в целом и их отдельных компонентов проводится по данным химического и биологического анализа верхних (современных) слоев донных отложений, анализа поступления и аккумуляции вещества в озере, загрязнения воды и ДО. Например, оз. Большой Вудъярв и Имандра, Кольский п-ов, оз. Онежское, Карелия (Даувальтер, 2012; Белкина, 2021;

Палеолимнология Онежского озера., 2022). На основе данных о современном состоянии экосистем создаются модели для реконструкции природно-климатических условий прошлых эпох.

- исследование антропогенного воздействия на озёрные системы в течение последних 200–250 лет, то есть со времени начала интенсивной индустриализации. Особую важность в качестве контрольных объектов имеют данные, полученные из областей, неподверженных антропогенному воздействию, где можно наблюдать ненарушенный ход экологических процессов и естественную сукцессию водоемов. Например, оз. Харбей, Большеземельская тундра (Назарова и др., 2014; Nazarova et al., 2017, 2021), озеро Имандра (Plyashuk et al., 2002, 2003) и др.

- реконструкция природных событий прошлого по длинным колонкам донных отложений озер, охватывающим исторические отрезки в десятки тысяч лет. Достоверность качественных и количественных реконструкций обеспечивается датировками и проведением комплекса анализов ДО одновременно. Данный аспект охватывает и вопросы геоархеологии, касающиеся заселения и освоения человеком тех или иных районов (разрез Сертея, Смоленская обл. (Kittel et al., 2021; Płóciennik et al., 2020, 2022); озёра п-ва Крым (Столба и др., 2005; Субетто и др., 2023).

По исследованным временным интервалам. Донные отложения 120-ти озёр имеют возраст от 12000 до 9000 лет назад (л. н.) (рис. 2). В этот период происходит активное таяние льдов валдайского оледенения, с чем связано формирование озёрных котловин в зоне его распространения и в перигляциальной зоне. Отдельный интерес представляет интервал времени 6 – 2 тыс. л. н. 34 озера были исследованы с целью реконструкции их формирования в результате регрессии крупных водоёмов. Для 25-ти озер исследованный возрастной отрезок, который охватывает только этап развития озер с начала антропогенного воздействия на них.

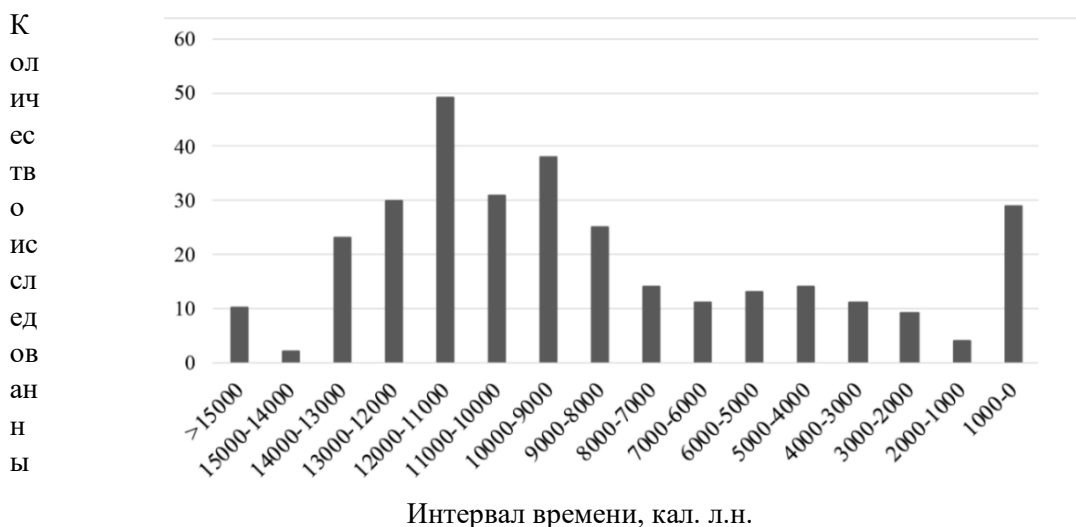


Рис. 2. Распределение изученных кернов ДО различных озер по их максимальному возрасту. График построен автором на основе данных Базы данных PaleoLake

Виды анализов, используемых в исследованиях, их соотношение. Согласно БД, для 216 озер имеется литологическая характеристика ДО. Реже используются геохимический и гранулометрический анализы.

Исследование субфоссильных остатков растений и живых организмов, как правило, дополняет и расширяет литостратиграфическое исследование ДО и применяется для реконструкции условий окружающей среды прошлых эпох. Данные спорово-пыльцевого и диатомового анализов имеются для 200 и 140 озёр соответственно. Применение субфоссильных гидробионтов, таких как хирономиды, остракоды, кладоцеры и пр. отмечено для менее чем 50 озёр базы данных PaleoLake.

Около одной трети исследований (73 озера) включают результаты трёх и более видов анализов. Наиболее полный комплекс, включающий 5–7 анализов, проведен для 14 озёр – Имандра, Ладожское, Онежское, Медведовское, Камышовое, Глубокое, Южное Хаугилампи, Торосярви, Полевское, Большой Харбей, Беркут, Купальное, Лядхей-То, Митрофановское.

Таким образом, впервые для территории ВЕР и прилегающих районов была создана База палеолимнологических данных. Она интегрирована в онлайн сервис Google Карты, что обеспечивает доступ к материалам базы и ее применению в подготовке и планировании исследований донных отложений озёр. База данных является качественным инструментом систематизации больших объемов информации и используется при выполнении палеолимнологических реконструкций (напр., Mroczkowska et al., 2021; Biskaborn et al., 2022; Pfalz et al., 2022).

Глава 3. Динамика седиментогенеза в неоплейстоцене и голоцене

В третьей главе раскрываются особенности озерного седиментогенеза ВЕР и раскрывается 2е защищаемое положение:

Разработана классификация озёр по типам седиментогенеза, выделенным на основе различий в литологическом строении отложений и их мощности: 1-й класс озёр представлен глубоководными крупными озёрами с преобладанием минерагенного типа осадконакопления; 2-й класс озёр представлен изоляционными бассейнами, сформировавшимися в зонах морских и озёрных трансгрессий и регрессий, для которых характерно наличие минерагенных отложений в основании разреза осадков, переходного горизонта и толщи органогенных отложений (гиттия); 3-й класс включает озёра, расположенные вне трансгрессивно-регрессивных зон, донные отложения которых представлены преимущественно органогенными осадками

Седиментогенез в озёрах ВЕР. Обобщение всех литологических данных показало, что большая часть исследованных разрезов донных осадков озёр, представленных в БД, имеет двухчленное строение сверху вниз: голоценовые органогенные (гиттия) и позднеплейстоценовые/раннеголоценовые минерагенные (глинистые, алевритовые, песчаные, смешанные) отложения. Переход между органогенными и минерагенными ДО может быть резким или постепенным. Иногда в переходной зоне наблюдается переслаивание органогенных и минерагенных прослоев. Средняя мощность органогенных отложений увеличивается с севера на юг, что объясняется наличием большого количества молодых озёр, в которых накопление гиттии началось сравнительно недавно на севере и северо-западе ВЕР. С запада на восток изменений мощности и возраста органогенного вещества не выявлено.

Из климатических типов седиментогенеза, выделенных Н.М. Страховым (1960), в настоящее время для большей части территории ВЕР характерен гумидный, отличающийся накоплением органогенных и органоминеральных илов. Исключение составляют южные и юго-восточные окраины ВЕР, где фиксируются семиаридные и аридные условия озерного осадконакопления с преобладанием хемогенной седиментации.

Холодный и сухой климат, господствовавший в перигляциальной зоне на территории ВЕР, способствовал распространению тундрово-степных ландшафтов. Эти открытые ландшафты с несформированным или с нарушенным почвенным покровом способствовали преобладанию эрозионных и эоловых процессов на водосборных бассейнах озёр и, как следствие, к преобладанию аллохтонной составляющей в озерном осадконакоплении.

В пространстве и времени происходила смена природно-климатических условий: потепления сменялись похолоданиями, морские трансгрессии – регрессиями и др. Рассматривая динамику природно-климатических факторов во времени, нами были выделены следующие периоды, каждый из которых имеет отличительные особенности озерного осадконакопления:

- в позднем неоплейстоцене вплоть до начала голоцена, когда климат изучаемого региона был холодным и сухим, преобладал нивальный тип седиментогенеза. В этот период накапливались преимущественно минерагенные осадки в виде крупно- и среднезернистых песков, алевроитов и грубообломочного материала;
- смена климатических условий от холодных и сухих позднеледниковья (поздний неоплейстоцен) к более тёплым и влажным послеледниковья (голоцен) способствовала формированию современных ландшафтов и гидрографической сети ВЕР. Тип седиментогенеза сменяется с нивального на гумидный. Большинство озер ВЕР сформировалось в этот период;
- в голоцене по мере формирования почвенно-растительного покрова на водосборных бассейнах и роста продуктивности озёрных экосистем происходила смена минерагенного осадконакопления на органо-минерагенное или органогенное;
- в голоцене климатические условия в сочетании с геолого-тектоническими процессами привели к формированию современных изоляционных бассейнов.

На основании кластерного анализа на территории ВЕР выделены **три основных типа седиментогенеза** (рис. 3). Различия между ними объясняются морфометрическими и генетическими особенностями котловин озер и условиями их развития (Сырых, 2023):

Тип 1. Минерагенный седиментогенез неоплейстоцена. Озерные отложения представлены минеральными, преимущественно алевроит-пелитовыми осадками. Эти отложения характеризуются сравнительно более древним возрастом и большой мощностью – до нескольких десятков метров. Органическое вещество присутствует в малых количествах (первые проценты ППП). Анализ содержания органического вещества (ППП, ТОС) показывает его рост вдоль разреза от 0–1 до 2–4% на рубеже неоплейстоцена и голоцена. Выделенный тип осадконакопления характерен для крупных озер, например, Ладожского и Онежского, Имандры и ряда других.

Тип 2. Органо-минеральный седиментогенез в озёрах на рубеже неоплейстоцена и голоцена. В строении донных отложений выделяются три горизонта. В основании разреза вскрывается толща глинистых и песчано-глинистых отложений, формировавшихся в условиях 1-ого типа седиментогенеза. Эти отложения характерны для крупных водоемов. Верхний горизонт представлен гиттией небольшой мощности, в среднем около 2–3 м. Переходный между ними горизонт зачастую отличается наличием большого количества прослоев и примесью песка. По возрасту начала органогенной седиментации в этом типе седиментогенеза выделяются 2 группы озёр: а – возраст около 4000–3000 калиброванных лет назад (кал. л. н.), например, оз. Святое, о. Большой Соловецкий, б – возраст 10000–9000 кал. л. н., например, оз. Полевское, Заонежье. Данный тип седиментогенеза характерен для озёр, расположенных в зоне трансгрессий морских (Белое, Черное моря и др.) и крупных пресноводных бассейнов (Ладожское и Онежское).

Тип 3. Органогенный седиментогенез в голоцене. Данный тип характеризуется накоплением органогенных осадков большой мощности, достигающей 3–5 м. Возраст начала органонакопления оценивается в 11000–9000 кал. л. н.. Нередко в основании разрезов ДО встречаются ледниковые и озерно-ледниковые отложения. Данный тип седиментогенеза характерен для озёр вне зоны трансгрессий и регрессий крупных морских и пресноводных бассейнов. Седиментогенез в таких озёрах различается скоростью осадконакопления, которая зависит от местоположения озёр, поэтому в нем выделяются два подтипа: 3а – седиментогенез в озёрах, расположенных на высоких отметках, часто на водораздельных поверхностях и 3б – седиментогенез в озёрах, расположенных на

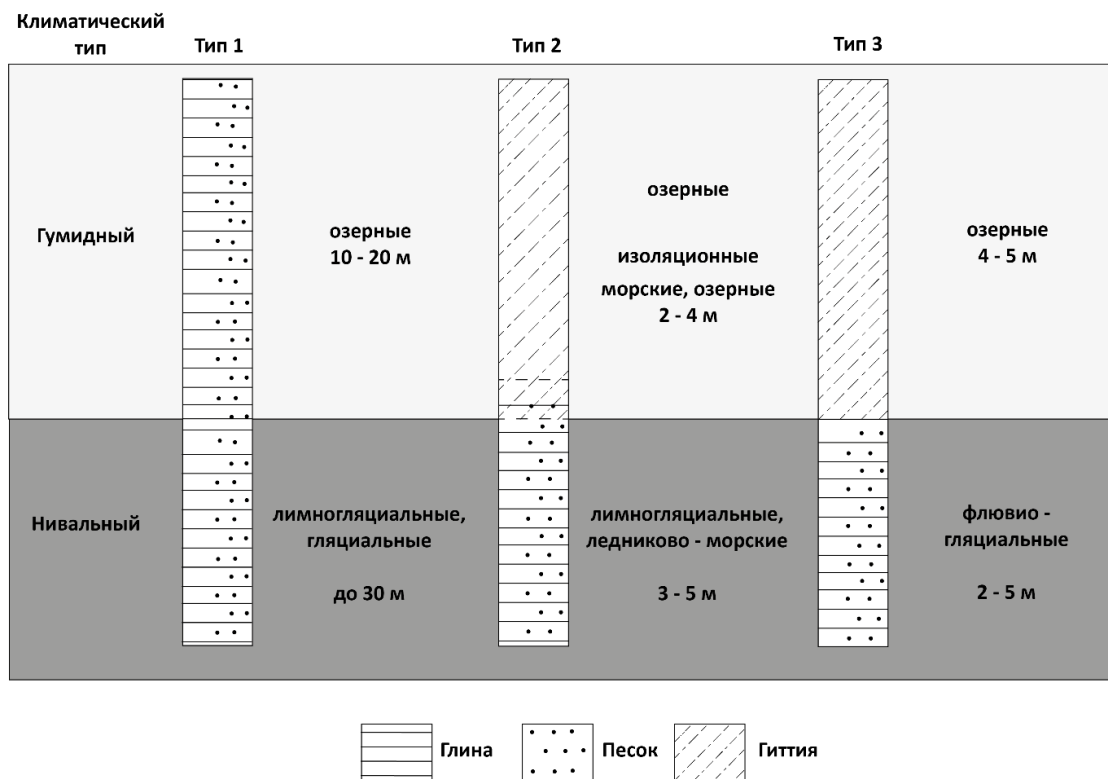


Рис. 3. Литостратиграфия ДО и типы седиментогенеза. Условные обозначения: 1 – глинистые ДО, 2 – песчаные/ опесчаненные ДО, 3 – гиттия. Цифрами обозначена средняя мощность донных отложений

склонах крупных возвышенностей ВЕР. На водораздельных поверхностях скорость озерного осадконакопления несколько ниже, чем в озёрах, находящихся на склонах.

Внутри данного типа также можно выделить по составу два вида донных отложений: отложения в озёрах, расположенных в зоне распространения ледников валдайского оледенения и отложения озер в перигляциальной зоне. Литостратиграфия донных отложений озер в зоне распространения валдайского ледника отличается наличием в минеральных осадках грубообломочного материала. В минеральных осадках озер перигляциальной зоны таких отложений не выявлено.

Более дробная классификация, основанная в том числе и на более детальных климатических характеристиках, на данный момент невозможна по ряду причин: отсутствие единообразия при литологической характеристике донных отложений озер в разных источниках; отсутствие количественных данных гранулометрического и геохимического составов, которые бы могли дать возможность более подробно рассмотреть климатический фактор.

На основе выделенных типов седиментогенеза разработана классификация озер ВЕР. Были выделены следующие классы (рис. 4):

- озёра 1-го типа седиментогенеза, представленные глубоководными и крупными озёрами (Ладожское, Онежское и др.). Особые условия для формирования донных отложений в них создают обширные водосборные бассейны, площади водной поверхности и значительные глубины. Роль органогенной составляющей в осадконакоплении невелика (рис. 4а).

На границе неоплейстоцена и голоцена современные озёра – Ладожское, Онежское и Имандра – были частью более крупных водоемов. Сходный тип донных отложений фиксируется в озёрах Большое и Малое Щучье, Лядхей-То, расположенных на Полярном Урале. Снос осадочного материала в эти озёра происходит с большой площади. Большая площадь самих озер и значительная глубина создают особые условия для осадконакопления. Донные осадки представлены песчано-глинистыми отложениями с незначительным содержанием органики (4–5 %), начало осадконакопления фиксируется в переходный период от неоплейстоцена к голоцену.

- к озёрам 2-го типа седиментогенеза относятся изоляционные бассейны, приуроченные к прибрежной зоне современных морских и пресноводных водоемов, испытывавших влияние трансгрессий и регрессий. Их развитие проходило в три стадии, которые нашли отражение в литостратиграфии донных отложений: глубоководный бассейн (приледниковый, морской), изоляция (стратифицированный водоем с анаэробными условиями), изолированный водоем (пресноводное озеро). Механизмы изоляции озер могут быть различными, однако разрезы донных отложений всех изоляционных бассейнов имеют сходное строение. Среди озер 2-го класса по возрасту изоляции особенно выделяются 2 группы: 2а – древние с возрастом 10000–8000 кал. л.н. и 2б – молодые – 5000–3000 кал. л.н. (рис. 4А и Б). Примером озер первой группы могут служить некоторые водоемы Заонежья:

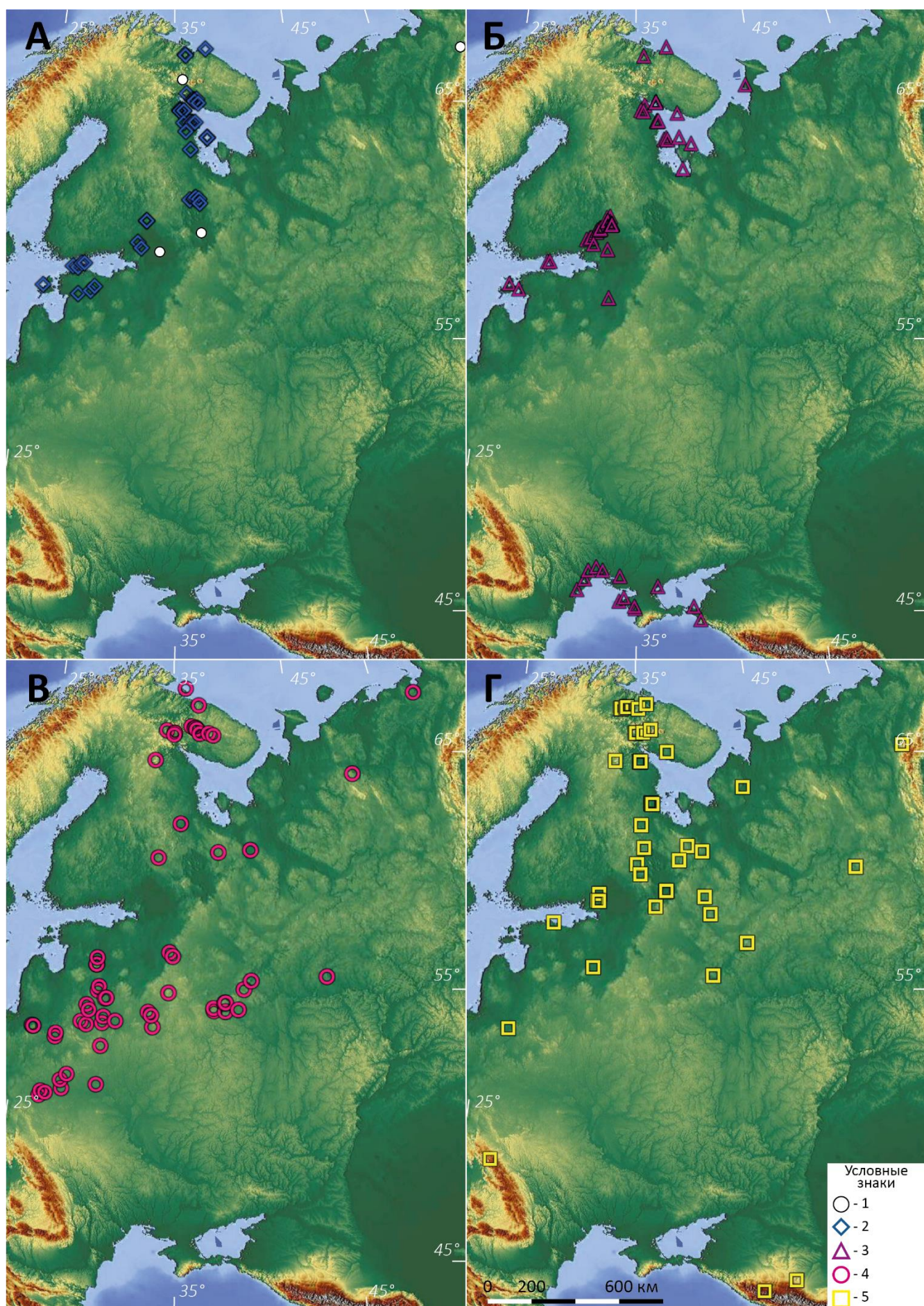


Рис. 4. География озер разных озер разных классов. 1 – 1й класс, 2 – Класс 2 группа «а», 3 – Класс 2 группа «б», 4 – Класс 3 подкласс «а», 5 – Класс 3 подкласс «б»

Нижнее Мягрозеро, Путкозеро и др. Ко второй группе относятся озёра острова Валаам (Никоновское, Зимняковское и др.)

Изоляционные бассейны образовывались в прошлом в результате изменений глубины, положения береговой линии морских и пресноводных бассейнов и/или тектонических движений (Кузнецов и др., 2022; Long et al., 2011). Литостратиграфия донных отложений в этих озёрах фиксирует этапы изоляции озера. В строении ДО выделяются 3 основных типа седиментов: отложения крупного водоема. Как правило они имеют ту же стратиграфическую последовательность, что и отложения крупного бассейна; отложения переходного горизонта, сформированного в процессе изоляции; отложения отделившегося озера, представленные, как правило, органогенными осадками (гиттия).

- озёра 3-го типа седиментогенеза включают в себя водоемы, расположенные вне зоны трансгрессий, на формирование донных отложений которых не влияли крупные водные бассейны. Выделяются 2 подкласса озер: 3а – озёра, расположенные в самой высокой части водоразделов, 3б – озёра, расположенные на склонах крупных возвышенностей (рис. 4В и Г соответственно). Подклассы различаются скоростью накопления органогенных осадков. Примером озер первого подкласса могут быть озёра Глубокое, Тростенское, Терebenское, расположенные на Смоленско-Московской и Валдайской возвышенностях. К озёрам второго подкласса можно отнести Окуньозеро и Малое (Олонецкий перешеек), расположенные на склонах возвышенностей.

Таким образом, по возрасту, составу и стратиграфии донных отложений нами были выделены следующие типы седиментогенеза в озёрах Восточно-Европейской равнины: минерагенный, органо-минерагенный и органогенный. Выделенные типы легли в основу классификации, согласно которой озёра Восточно-Европейской равнины были разделены на три класса: 1-й класс представлен глубоководными крупными озёрами с преобладанием минерагенного типа осадконакопления; 2-й класс озер включает изоляционные бассейны, сформировавшимся в зонах трансгрессий и регрессий, для которых характерно наличие минерагенной толщи в основании разреза осадков, переходного горизонта и толщи органогенных отложений (гиттия). В озерах 2-го класса сочетаются черты 1 и 3 типов седиментогенеза. 3-й класс включает озёра, расположенные вне трансгрессивно-регрессивных зон, донные отложения которых представлены преимущественно органогенными осадками.

Глава 4. Реконструкция природно-климатических условий формирования и развития некоторых озер

В четвертой главе рассмотрены седиментогенез озер разных классов и раскрывается *3е защищаемое положение*:

Разнообразие озерного осадконакопления в голоцене на территории Восточно-Европейской равнины обусловлено переходом от унифицированной природно-климатической системы позднего неоплейстоцена к дифференцированной природной среде голоцена, что установлено с помощью литостратиграфического и хирономидного анализов донных отложений озер.

Трансформация климата на рубеже неоплейстоцена и голоцена является одной из важных причин изменения природных обстановок. Нами были отобраны некоторые озёра, относящиеся к разным классам по типу седиментогенеза, для которых проведена реконструкция палеотемператур.

Колонки отложений 11 озер: Лядхей-То, Большое Щучье, Имандра, Купальное, Антюх-Ламбина, Беркут, Южное Хаугилампи, Медведевское, Жижицкое, Глубокое, Камышовое, которые охватывают позднеледниковье и голоцен, были проанализированы комплексом палеогеографических методов, включая реконструкцию средних июльских температур воздуха, выполненную на основе хирономидного анализа (сем. *Chironomidae*; *Insecta: Diptera*). Донные отложения 8 озер изучены лично автором диссертационного исследования.

Озёра Лядхей-То, Имандра и Большое Щучье, согласно разработанной нами классификации, относятся к 1 классу. Это крупные глубоководные водоемы с минерагенными отложениями большой мощности. Донные отложения представлены преимущественно алевритами и глинами с низким содержанием органического вещества. Все три озера из БД являются самыми северными, расположенными в тундрово-лесотундровых ландшафтах.

Седиментогенез в озёрах Имандра, Лядхей-То и Большое Щучье носит черты нивального. Донные осадки представлены алевритами. Увеличение накопления органического вещества происходит асинхронно и имеет разную продолжительность. Наиболее продолжительный и постепенный переход отмечен в озере Большое Щучье. В озёрах Лядхей-То и Имандра накопление органики начинается резко в период 11700–11500 кал. л.н. и 10700–10600 кал. л. н. На водосборе озера Имандра в этот период наблюдается понижение средних летних температур, а на водосборах озёр Б. Щучьего и Лядхей-То фиксируется повышение средних летних температур.

Озёра Купальное, Антюх-Ламбина, Беркут, Южное Хаугилампи, Жижицкое, Медведевское, Глубокое и Камышовое относятся к 3ему классу. Это озёра относительно небольшие по площади и глубине, донные отложения которых представлены гиттией. Данные озёра расположены в лесных ландшафтах зон лесотундры и тайги.

Все представленные озёра имеют черты гумидного седиментогенеза. Резкий переход к накоплению гиттии характерен для озёр Купальное, Беркут, Жижицкое и Глубокое. Более продолжительный период перехода к органонакоплению характерен для озер Антюх-Ламбина, Южное Хаугилампи, Медведевское, Камышовое. Для водосборов озер Беркут и Антюх-Ламбина фиксируется понижение средних летних температур в период перехода от минерального к органогенному осадконакоплению. Для остальных озер в этот период фиксируется потепление.

Все рассмотренные озёра располагаются в разных физико-географических условиях. Озёра Б. Щучье, Лядхей-То и Глубокое находятся в районах, расположенных вне зоны распространения валдайского ледника. Остальные озёра расположены в зоне распространения валдайского оледенения и в перигляциальной зоне (рис. 5).

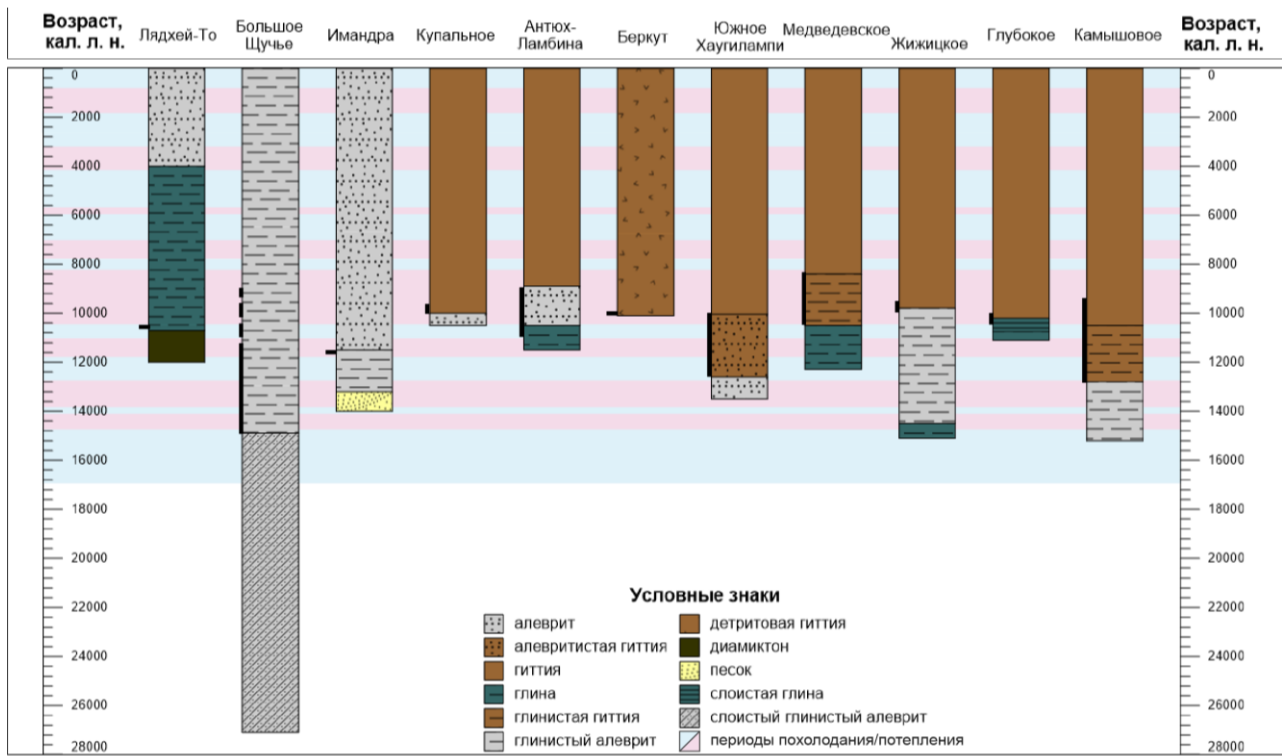
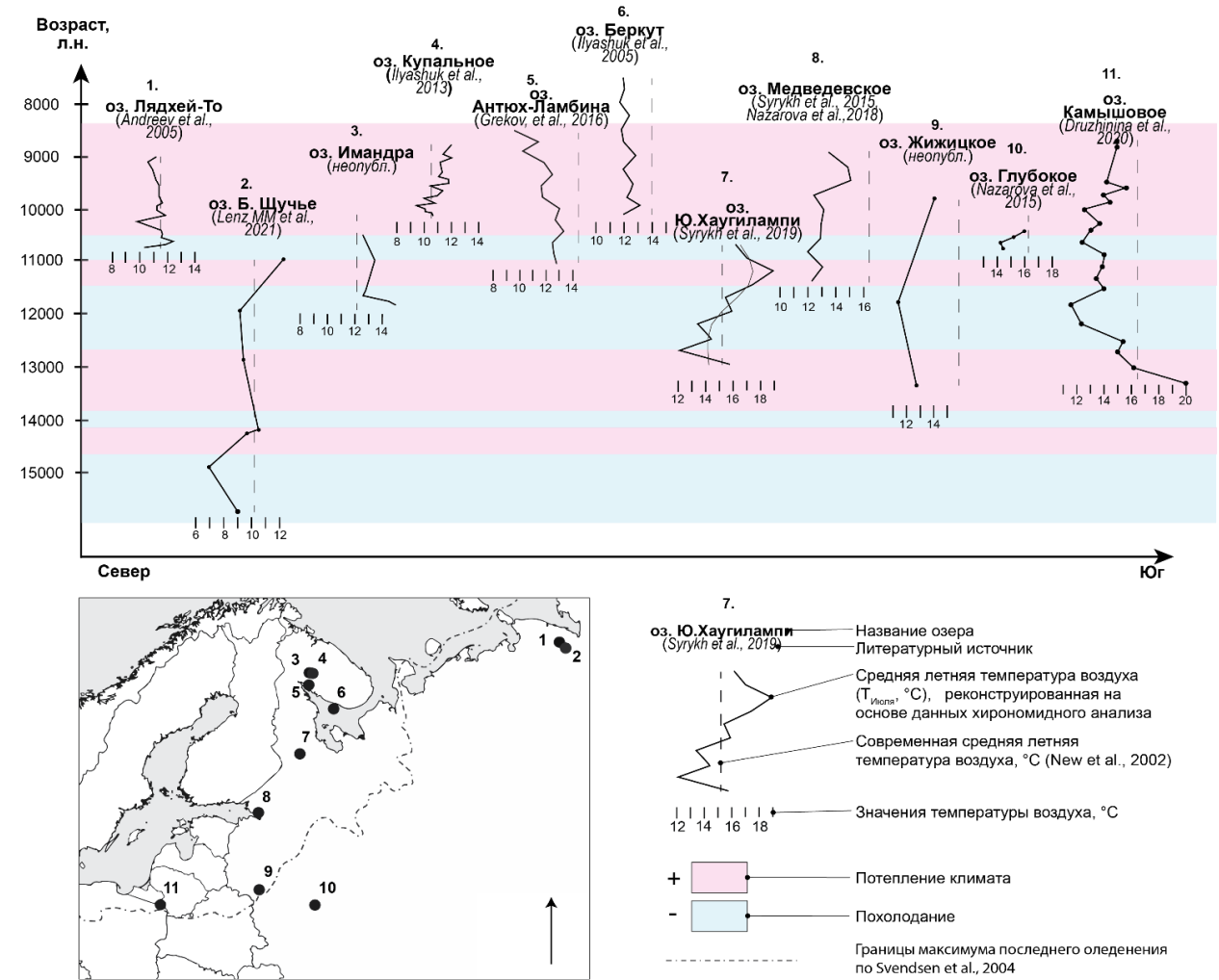


Рис. 5. Реконструкция среднеиюльских температур воздуха на основе хирономидного анализа для разных озер ВЕР и сопредельных районов в период перехода от минерагенного к органогенному накоплению (увеличения накопления органического вещества)

Возраст начала накопления органического вещества различен в изученных озёрах. В 6-ти из 11 озёр – Лядхей-То, Купальное, Беркут, Медведевское, Жижицкое и Глубокое он совпадает с потеплением бореального периода с 10500 до 8200 кал. л. н. В остальных озёрах этот процесс начался раньше. Для озера Имандра он совпадает с пребореальным потеплением, для Б. Щучье – соотносится с периодами похолодания в бёллинге, для Ю. Хаугилампи и Камышовое – с похолоданием в позднем дриасе и Антюх-Ламбина – в пребореале. Во всех озёрах накопление органики установилось к позднему бореалу. Позднее отмечаются лишь незначительные колебания содержания органического вещества.

Реконструированные температурные условия для водосборов озер Имандра, Антюх-Ламбина и Беркут фиксируют похолодание в период увеличения накопления органического вещества и смены седиментации с минерагенной на органогенную. Потепление в период начала органогенного накопления отмечается для остальных озер.

Процесс накопления органического вещества имеет свои особенности в каждом из рассмотренных озер. Для озёр Лядхей-То, Имандра, Беркут, Глубокое переход к органогенному накоплению довольно резкий и занимает не более 200 лет. В остальных озерах увеличение накопления органики происходит постепенно и занимает относительно продолжительный период времени. В оз. Большое Щучье содержание органического вещества в осадках в период с 14900 до 11800 кал. л. н. возрастает медленно, а в интервале 11800–9100 кал. л. н. скорость накопления ОВ увеличивается. В озере Камышовое органогенные осадки накапливались постепенно с 12800 до 9500 кал. л. н (рис. 5).

Сравнение литостратиграфии ДО исследованных озер показывает, что смена озерного седиментогенеза от минерагенного к органогенному происходила асинхронно. Сопоставив литостратиграфические данные с палинологическими, можно заключить, что мощность переходной зоны и, соответственно, скорость смены седиментации коррелируют с изменениями в строении ландшафтов на водосборе. Иными словами, изменение седиментогенеза синхронно со сменой окружающего ландшафта.

Сравнение графиков реконструированных температур показывает асинхронность хода средних летних температур для озёр разных классов, а также различие региональных температурных трендов. Корреляция между увеличением накопления органического вещества и повышением средних летних температур не прослеживается.

В позднеледниковье и голоцене на территории Восточно-Европейской равнины фиксируется перестройка природно-климатических обстановок. Господствующий сухой и холодный нивальный климат сменяется более влажным и теплым гумидным, происходит увеличение разнообразия растительного покрова, развивается широтная зональность и формируется современная ландшафтная структура. Параллельно сменяется характер осадконакопления в озёрах: позднеледниковое, преимущественно аллохтонное накопление минерагенных отложений сменяется послеледниковым, смешанным автохтонным и аллохтонным осадконакоплением с большой ролью органического вещества.

Результаты диссертационного исследования показали, что, хотя потепление климата не было единственной причиной перехода от минерагенного к органогенному осадконакоплению, оно является триггером для изменения наземных экосистем в целом и озер в частности, как части этих систем. Смена седиментации в целом подчиняется глобальной динамике природно-климатических условий и имеет индивидуальные черты в зависимости от региональных природно-климатических особенностей той или иной территории.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационного исследования.

1. Обзор литературных материалов по палеолимнологии и седиментологии озер Восточно-Европейской равнины показал необходимость обобщения и анализа имеющихся разрозненных материалов с целью выявления особенностей трансформации природно-климатических условий в поздне- и послеледниковье. Эти изменения отражаются в смене типов седиментогенеза, что может быть положено в основу классификации озер. Лучшим способом обобщения больших объемов информации является создание баз данных.

2. Собранные материалы по строению донных отложений 289 озёр, расположенных на Восточно-Европейской равнине и прилегающих территориях за период с 60-х гг. XX в. по настоящее время, позволили создать Базу данных PaleoLake, которая является инструментом систематизации больших объемов палеолимнологической информации. База данных представлена в виде набора таблиц MS Excel, в которых структурирована информация о географическом положении, морфометрии озер, возрасте и литостратиграфии донных отложений, о выполненных видах палеолимнологических анализов, а также об источниках данных.

3. На основе анализа данных для 216 озер Восточно-Европейской равнины из БД, имеющих наиболее полную информацию, были выявлены периоды изменения природно-климатических условий. Каждый период имеет отличительные особенности озерного осадконакопления:

– в позднем неоплейстоцене вплоть до начала голоцена климат изучаемого региона был холодным и сухим, преобладал нивальный тип седиментогенеза, когда накапливались преимущественно минерагенные осадки в виде крупно- и среднезернистых песков, алевролитов и грубообломочного материала;

– смена климатических условий от холодных и сухих позднеледниковья (поздний неоплейстоцен) к более тёплым и влажным послеледниковья (голоцен) способствовала формированию современных ландшафтов и гидрографической сети Восточно-Европейской равнины. Тип седиментогенеза сменился с нивального на гумидный. Большинство озер сформировалось в этот период;

– в голоцене по мере формирования почвенно-растительного покрова на водосборах и роста продуктивности озёрных экосистем происходила смена минерагенного осадконакопления на органогенное или органогенное;

– в голоцене климатические условия в сочетании с геолого-тектоническими процессами привели к активизации процессов формирования современных изоляционных бассейнов.

4. Большая часть исследованных разрезов донных отложений озёр имеет двухчленное строение сверху вниз: органогенные (гиттия) и минерагенные (глинистые, песчаные, алевритовые, смешанные) отложения. Переход между ними может быть резким, постепенным, либо наблюдается переслаивание органогенных и минерагенных осадков.

Анализ возраста и литостратиграфии донных отложений позволил выделить следующие типы седиментогенеза: минерагенный седиментогенез неоплейстоцена, минерагенно-органогенный седиментогенез на рубеже неоплейстоцена и голоцена, органогенный седиментогенез голоцена. Выделенные типы легли в основу классификации:

- озёра 1-го типа седиментогенеза – глубоководные и крупные озёра (Ладожское, Онежское и др.). Их донные отложения представлены минерагенными осадками, которые характеризуются большой мощностью и сравнительно более древним возрастом;

- озёра 2-го типа седиментогенеза представлены изоляционными бассейнами. В литостратиграфии донных осадков таких озер выделяются 3 горизонта. По возрасту изоляции в озёрах данного класса особенно выделяются 2 группы: древние 10–8 тыс. кал. л. н. и молодые 5–3 тыс. кал. л. н.;

- озёра 3-го типа седиментогенеза, к которым относятся озёра, расположенные вне зоны трансгрессий и регрессий крупных водоемов, подразделяются на 2 подкласса по скорости накопления органогенных осадков в зависимости от местоположения: озёра водораздельных поверхностей и склонов.

5. Подробно изучены хирономидные сообщества в колонках ДО 11 озер Восточно-Европейской равнины и выполнены реконструкции средних летних температур воздуха в исследованных районах для позднеледниковья и голоцена. Анализ ряда озер 1 и 3 классов Восточно-Европейской равнины показал, что осадконакопление имеет индивидуальные особенности в каждом конкретном озере, выраженные в степени резкости перехода от минерагенного седиментогенеза к органогенному, возрасте и мощности отложений. Климат не является определяющим фактором, влияющим на динамику седиментогенеза в пределах исследуемой территории. Основные закономерности распределения донных отложений озер на Восточно-Европейской равнине связаны с неоплейстоцен-голоценовой историей развития территории и влиянием крупных плейстоцен-голоценовых событий – Валдайское оледенение, трансгрессии морских и пресноводных бассейнов, что прослеживается в литостратиграфии донных отложений озер.

6. Для каждого класса озер смена минерагенного осадконакопления на органогенное происходит с разной скоростью в определенном временном интервале, но при этом в озёрах одного и того же класса не всегда прослеживается прямая связь между изменением климата на водосборе и накоплением органики.

Литостратиграфическая корреляция отложений 11 озёр, относящихся к классам 1 и 3, показала асинхронность в развитии седиментационных процессов. В озёрах 1-го класса Лядхей-То и Имандра переход от минерагенного осадконакопления к органогенному начинается в интервалах 11700–11500 кал. л. н. и 10700–10600 кал. л. н., соответственно, и охватывает интервал времени не более

200 лет. В озере Большое Щучье содержание органического вещества в осадках возрастает медленно с 14900 до 9100 кал. л. н. На водосборном бассейне озера Имандра в эти периоды происходит снижение, а на водосборах озер Б. Щучье и Лядхей-То – повышение средних летних температур.

Относительно небольшие по площади и глубине озёра 3-го класса расположены в зоне развития ледников валдайского оледенения в современных условиях лесотундровой и таежной природных зонах. Резкий переход от минерального осадконакопления к накоплению органогенных отложений (гиттии) характерен для озер Купальное, Беркут, Жижицкое и Глубокое. Более продолжительный период перехода от минерального осадконакопления к органогенному характерен для озер Антюх-Ламбина, Южное Хаугилампи, Медведевское и Камышовое. В оз. Камышовое органогенные осадки накапливались постепенно с 12800 до 9500 кал. л. н. Для водосборов озер Беркут и Антюх-Ламбина фиксируется понижение средних летних температур в период перехода к органогенному осадконакоплению. На водосборах остальных озер в этот период фиксируется потепление.

Начало накопления органического вещества не всегда соответствует эпохам потепления климата. В 6-ти из 11 озер, изученных хирономидным методом – Лядхей-То, Купальное, Беркут, Медведевское, Жижицкое и Глубокое, начало активного органонакопления совпадает с потеплением бореального периода с 10500 до 8200 кал. л. н. В остальных озёрах этот процесс фиксируется раньше: для озера Имандра он совпадает с пребореальным временем, для Б. Щучье – соотносится с бёллингом, для Ю. Хаугилампи и Камышовое – с похолоданием в позднем дриасе и Антюх-Ламбина – в пребореале. Во всех озёрах накопление органики установилось к позднему бореалу. Позднее отмечаются лишь незначительные колебания содержания органического вещества.

Реконструированные температурные условия для водосборных бассейнов озер Имандра, Антюх-Ламбина и Беркут фиксируют похолодание в период увеличения накопления органического вещества и смены седиментации с минеральной на органогенную. Потепление в период начала органогенного накопления отмечается для остальных озер.

Таким образом, можно сделать заключение, что озёра Восточно-Европейской равнины имеют индивидуальные особенности развития, выраженные в степени резкости перехода от минерального седиментогенеза к органогенному, возрасте и мощности органогенных отложений (гиттии), что установлено с помощью литостратиграфического и хирономидного анализов. Разнообразие осадконакопления в голоцене обусловлено переходом от унифицированной природно-климатической системы неоплейстоцена к дифференцированной природной среде в голоцене.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ:

1. **Сырых, Л.С.** Седиментогенез как критерий классификации озер Восточно-Европейской равнины и прилегающих территорий / Л.С. Сырых // Географический вестник. – 2023. – № 3 (66). – С. 19-26. (0,4 п.л.) (RSCI)

2. **Сырых, Л.С.** Первые результаты исследования субфоссильных сообществ хирономид (Chironomidae) в донных отложениях оз. Полевского, Заонежский полуостров, Карелия / Л.С. Сырых, Л.Б. Назарова, Д.А. Субетто, Н.А. Белкина [и др.] // Астраханский вестник экологического образования. – 2020. – № 3 (57). – С. 4-10. (0,4 п.л./0,3 п.л.)
3. **Сырых, Л.С.** Реконструкции палеоэкологических и палеоклиматических условий позднего плейстоцена и голоцена по результатам хирономидного анализа донных отложений оз. Медведевское (Карельский перешеек) / Л.Б. Назарова, Д.А. Субетто, Л.С. Сырых, П.А. Леонтьев [и др.] // Доклады Академии наук. – 2018. – №5. – С. 568–572. (0,3 п.л./ 0,1 п.л.) (Scopus, GeoRef)
4. **Сырых, Л.С.** Палеолимнологические исследования в российской части северной Евразии: обзор / Д.А. Субетто, Л.Б. Назарова, Л.А. Пестрякова, Л.С. Сырых [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2017. – Т. 24. – №4. – С. 369–380. (0,7 п.л. / 0,2 п.л.) (Scopus, RSCI)
5. **Сырых, Л.С.** Реконструкция палеоэкологических и палеоклиматических условий голоцена на юге Таймыра по результатам анализа озёрных донных отложений / Л.С. Сырых, Л.Б. Назарова, У. Херцшу, Д.А. Субетто, И.М. Греков // Сибирский экологический журнал. – 2017. – Т. 24 – №4. – С. 417–426. (0,6 п.л. / 0,3 п.л.) (Scopus, RSCI)
6. **Сырых, Л.С.** Фауна хирономид озера бассейна р. Печора (восток европейского сектора Российской Арктики): экологические особенности и реконструкция рецентных экологических изменений в регионе / Л.Б. Назарова, А. Селф, С. Брукс, Л.С. Сырых [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2017. – Т. 24. – №4. – С. 399-416. (1 п.л. / 0,1 п.л.) (Scopus, RCSI)
7. **Сырых, Л.С.** Резкие/катастрофические природно-климатические изменения и явления на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена на Северо-Западе России / Д.А. Субетто, Л.С. Сырых, П.А. Леонтьев, А.В. Андроников [и др.] // Общество. Среда. Развитие. – 2016. – № 2 (39). – С. 87–96. (0,6 п.л. / 0,2 п.л.)
8. **Сырых, Л.С.** Стратиграфия озёрных отложений Онежского полуострова, Белое море / П.А. Леонтьев, И.М. Греков, Д.А. Субетто, Л.С. Сырых, [и др.] // Общество. Среда. Развитие. – 2016. – № 3 (40). – С. 125–130. (0,25 п.л. / 0,1 п.л.)
9. **Сырых, Л. С.** Предварительные данные о развитии климата на территории Карельского перешейка в голоцене по результатам хирономидного и литологического анализов / Л.С. Сырых, Л.Б. Назарова, Д.А. Субетто // Труды Карельского научного центра РАН. – 2015. – № 5. – С. 53–59. (0,4 п.л./ 0,3 п.л.)
10. **Сырых, Л.С.** Палеоэкологические и палеоклиматические реконструкции голоцена по результатам хирономидного анализа донных отложений озера Глубокое / Л.Б. Назарова, Т.В. Сапелко, Д.Д. Кузнецов, Л.С. Сырых // Доклады академии наук. – 2015. – Т. 460. – №6. – С. 736–739. (0,25 п.л. / 0,1 п.л.) (Scopus, GeoRef)
11. **Сырых, Л.С.** База палеогеографических данных Кольского полуострова «Q-kola» / И.М. Греков, Е.А. Кошелева, Л.С. Сырых, Д.А. Субетто // Естественные и технические науки. – 2014. – № 2 (70). – С. 129–133. (0,3 п.л. / 0,1 п.л.)
12. **Сырых, Л.С.** Поиск следов метеоритного удара: особенности распределения микроэлементов в позднплейстоценовых осадках оз. Медведевское (Карельский перешеек, Россия) / А.В. Андроников, Д.А. Субетто, Д.С. Лауретта, Л.С. Сырых [и др.] // Доклады академии наук. - 2014. – Т. 457. – №1. – С. 69-73. (0,3 п.л. / 0,1 п.л.) (Scopus, GeoRef)
13. **Сырых, Л.С.** Магнито-минералогические и биологические показатели донных отложений оз. Большой Харбей / Л.Б. Назарова, Л.А. Фролова, Л.Р. Косарева, Н.А. Рудая [и др.] // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Биология». – 2014. –Т. 7. – №4. – С. 372–394. (0,8 п.л. / 0,2 п.л.)
14. **Сырых, Л.С.** Палеоландшафты раннего голоцена Кольского полуострова и Геоархеология / И.М. Греков, Е.А. Кошелева, Д.А. Субетто, Л.С. Сырых // Общество, среда, развитие. – 2013. - №3 (28). - С. 275–282. (0,5 п.л. / 0,2 п.л.)
15. **Syrykh, L.S.** Reconstructions of palaeoecological and palaeoclimatic conditions of the Late Pleistocene and Holocene according to the results of chironomid analysis of sediments from Medvedevskoe Lake (Karelian Isthmus) / L. Nazarova, D. Subetto, L.S. Syrykh, I.M. Grekov [et al.] // Doklady Earth Sciences. – 2018. – № 480 (2). – P. 710-714. (0,3 п.л. / 0,1 п.л.) (Scopus, GeoRef)
16. **Syrykh, L.** Paleolimnological Studies in Russian Northern Eurasia: A Review / D.A. Subetto, L.B. Nazarova, L.A. Pestryakova, L.S. Syrykh [et al.] // Contemporary Problems of Ecology. – 2017. – Vol. 10 (4). – P. 327–335. (0,6 п.л. / 0,2 п.л.) (Scopus, WoS)
17. **Syrykh, L.** Chironomid Fauna of the Lakes from the Pechora River Basin (East of European part of Russian Arctic): Ecology and Reconstruction of Recent Ecological Changes in the Region / L.B. Nazarova, A.E. Self, S.J. Brooks, N. Solovieva [et al.] // Contemporary Problems of Ecology. - 2017. Vol. 10 (4). - P. 350–362. (0,8 п.л. / 0,2 п.л.) (Scopus, WoS)

18. **Syrykh, L.S.** Palaeoecological and Palaeoclimatical Reconstructions of Holocene According Chironomid Analysis of Lake Glubokoye Sediments / L.B. Nazarova, T.V. Sapelko, D.D. Kuznetsov, L.S. Syrykh // *Doklady Biological Sciences*. – 2015. – Vol. 460. – P. 57-60. (0,25 п.л. / 0,1 п.л.)

Базы данных:

19. **Сырых, Л.С.** База палеолимонологических данных "PaleoLake" / Д.А. Субетто, Л.С. Сырых // Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014621070. 31.07.14.

Статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных:

20. **Syrykh, L.** Chironomid-Based Modern Summer Temperature Data Set and Inference Model for the Northwest European Part of Russia / L. Nazarova, L. Syrykh, I. Grekov, T. Sapelko [et al.] // *Water*. – 2023. – №15 (5). – P. 1–17. (1,1 п.л. / 0,5 п.л.) (Scopus)

21. **Syrykh, L.** Improving age–depth relationships by using the LANDO (“Linked age and depth modelling”) model ensemble / G. Pfalz, B. Diekmann, J.-C. Freytag, L. Syrykh [et al.] // *Geochronology*. – 2022. – Vol. 4 (1). – P. 269-295. (1,7 п.л. / 0,5 п.л.) (Scopus)

22. **Syrykh, L.** Climate, glacial and vegetation history of the polar Ural Mountains since c. 27 cal ka bp, inferred from a 54 m long sediment core from Lake Bolshoye Shchuchye / M. M. Lenz, A. Andreev, L. Nazarova, L. S. Syrykh [et al.] // *Journal of Quaternary Science*. – 2022. – № 37 (5). - P. 818-835 (1,1 п.л. / 0,2 п.л.) (Scopus)

23. **Syrykh, L.** Summer temperature drives the lake ecosystem during the Late Weichselian and Holocene in Eastern Europe: A case study from East European Plain / M. Płóciennik, A. Mroczkowska, D. Pawłowski, M. Wieckowska-Lüth [et al.] // *CATENA*. – 2022. – Vol. 214. – P. 106206. (1,5 п.л. / 0,2 п.л.) (Scopus)

24. **Syrykh, L. S.** Lacustrine diatom oxygen isotopes as palaeo precipitation proxy – Holocene environmental and snowmelt variations recorded at Lake Bolshoye Shchuchye, Polar Urals, Russia / H. Meyer, S. S. Kostrova, P. Meister, M. M. Lenz [et al.] // *Quaternary Science Reviews*. – 2022. – Vol.290. – P. 107620. (1,0 п.л. / 0,2 п.л.) (Scopus)

25. **Syrykh, L.** Paleolimnological studies on the East European Plain and nearby regions: the PaleoLake Database / L. Syrykh, D. Subetto, L. Nazarova // *Journal of Paleolimnology*. – 2021. – № 65. – P. 369-375. (0,3 п.л. / 0,2 п.л.) (Scopus)

26. **Syrykh, L.** Palaeoecological and palaeoclimatic conditions on the Karelian Isthmus (northwestern Russia) during the Holocene / L. Nazarova, L. S. Syrykh, R. J. Mayfield, L. A. Frolova [et al.] // *Quaternary Research*. - 2020. Vol.95. - P. 65–83. (1,2 п.л. / 0,4 п.л.) (Scopus)

27. **Syrykh, L.** The Late Pleistocene–Early Holocene palaeoenvironmental evolution in the SE Baltic region: a new approach based on chironomid, geochemical and isotopic data from Kamyshovoye Lake, Russia / O. Druzhinina, J. Kublitskii, M. Stančikaitė, L. Nazarova [et al.] // *Boreas*. – 2020. – № 49 (3). – P. 544-561. (0,8 п.л. / 0,2 п.л.) (Scopus)

28. **Syrykh, L.** A global database of Holocene paleo-temperature record / D. Kaufman, N. McKay, C. Routson [et al.] // *Scientific Data*. – 2020. – Vol.7. – №115. – P. 1-34. (2 п.л. / 0,1 п.л.) (Scopus, WoS)

Полный список публикаций доступен на elibrary https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=627577 или Google Scholar <https://scholar.google.com/citations?hl=ru&user=EsY8kJ8AAAAJ>