

На правах рукописи

Газизова Татьяна Юрьевна

**РОЛЬ ПЫЛЬЦЫ НАЗЕМНОЙ И ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В
РЕКОНСТРУКЦИИ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВОГО РАЗВИТИЯ
ОСТРОВНЫХ ОЗЕР В СВЯЗИ С ТРАНСГРЕССИВНО-
РЕГРЕССИВНЫМИ ФАЗАМИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА**

Специальность 1.6.14 – Геоморфология и палеогеография

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург – 2026

Работа выполнена в лаборатории географии и гидрологии Института озераведения – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (г. Санкт-Петербург).

Научный руководитель:

Сапелко Татьяна Валентиновна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории географии и гидрологии Института озераведения – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

Бляхарчук Татьяна Артемьевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук.

Руденко Ольга Владимировна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, экологии и общей биологии Орловского государственного университета.

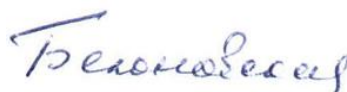
Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук», Геологический институт (г. Апатиты).

Защита диссертации состоится 18 сентября 2026 года в 11 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 24.1.049.04 на базе ФГБУН Институт географии Российской академии наук по адресу 119017, г. Москва, Старомонетный переулок, 29, стр. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института географии РАН и на интернет-сайте: <http://igras.ru/>.

Автореферат разослан «__» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук

 Е.А. Белоновская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования и разработанность темы. Исследование малых островных озер вносит значительный вклад в реконструкцию истории более крупного «материнского» водоема, частью которого они являлись. Изучение расположенных на разных высотных отметках островных озер в акватории Ладожского озера позволяет проследить изменение его уровня в прошлом. За свою историю Ладога неоднократно претерпевала изменения уровня воды, ее формирование связано с чередующимися фазами трансгрессии и регрессии. Уровень водоема продолжает меняться и в настоящее время – это создает проблемы для населения прибрежной зоны и г. Санкт-Петербурга, что делает проблему динамики уровня Ладожского озера в прошлом актуальной для современных прогнозов.

Начало осадконакопления в рассматриваемых в настоящей диссертации озерах на островах Лункулансаари и Валаам, расположенных на севере Ладожского озера, началось во время трансгрессивной фазы в суббореальном периоде голоцена. Ладожская трансгрессия началась около 5 тыс. лет назад в результате гляциоизостатических, гидрологических и климатических факторов и завершилась около 3 тыс. лет назад постепенным понижением вод Ладоги до современной отметки около 5 метров над уровнем моря [Субетто, 2009; Saarnisto, 2012]. В результате регрессии островные озера изолировались и в дальнейшем развивались самостоятельно, в них сформировались собственные экосистемы с развитой водной растительностью.

Ранее палеолимнологические исследования донных отложений островных озер в акватории Ладоги проводились на островах Путсаари [Субетто и др., 2005; Лудикова и др., 2005; Сапелко и др., 2014; Сапелко, Корнеенкова, 2017], Риеккалансаари [Alenius et al., 2004], Валаам [Vuorela, Saarnisto, 1997; Vuorela et al., 2001; Saarnisto, 2012], Кильпола [Taavitsainen et al., 1994; Saarnisto, Grönlund, 1996]; Мантсинсаари [Delusin, Donner, 1995]. При этом исследования на о. Лункулансаари ранее не проводились.

Одним из основных методов изучения прошлого озерных экосистем при палеолимнологических исследованиях является палинологический анализ. Озерные отложения являются отличным материалом для реконструкции условий палеосреды. Во-первых, постоянство анаэробных условий, в отличие от других видов отложений – морских, флювиогляциальных, кор выветривания, лессов, лессовидных суглинков и др., способствует наилучшей сохранности пыльцы и спор. Во-вторых, в котловине озера накапливаются остатки растений, обитающих непосредственно в водной среде, и сносимые с водосборного бассейна осадки, что обеспечивает сохранение информации как о локальных, так и региональных условиях природной среды. Накапливающаяся в донных отложениях пыльца служит своеобразной палинологической летописью водоема.

У термина «макрофиты» существует несколько близких по значению, но все-таки различающихся определений, в данной работе под макрофитами понимаются высшие водные и прибрежно-водные растения. Макрофиты являются индикаторами состояния и изменения локальных условий природной среды. Каждый водоем отличается индивидуальными особенностями сообществ водной растительности – таксономическим составом, обилием, занимаемой площадью и распределением по территории водоема. На это влияют температурный и световой режим водоема, гидрологические, гидрохимические, морфометрические показатели водоема и другие факторы, определяющие условия для развития и существования тех или иных сообществ водных растений. Несмотря на то, что макрофитам свойственна консервативность по отношению к кратковременным изменениям среды, направленные многолетние изменения могут свидетельствовать о трансформации озерной экосистемы.

В последние годы стало больше работ, посвященных водным растениям. Макроостатки макрофитов используют в качестве индикаторов потепления и похолодания климата, колебаний температуры и уровня воды, содержания химических элементов и загрязняющих веществ [Sayer et al., 2010; Valiranta et al., 2011; Galka et al., 2012; Galka, Szncl,

2013; Galka et al., 2014; Galka et al., 2019; Zhang et al., 2022]. Остаточная ДНК макрофитов в отложениях (sedaDNA) используется для реконструкции трофности, электропроводности и уровня водоемов [Stoof-Leichsenring et al., 2022; Karachurina et al., 2023; Baisheva et al., 2024; Li et al., 2024]. Исследование современного распространения макрофитов показывает возможность изучать трофический статус и устанавливать динамику антропогенной нагрузки на водоемы [Андроникова, Распопов, 2007; Søndergaard et al., 2009; Robiansyah et al., 2010]. Рассматривается индикаторная роль водной растительности в изучении современных колебаний уровня озер [Zhang et al., 2022].

Для интерпретации результатов палинологического анализа используется, в основном, пыльца древесных и наземных травянистых растений. Пыльца макрофитов используется реже (часто ее даже не включают в общий подсчет процентного содержания таксонов), что связано со сравнительно низкой продуктивностью, плохой сохранностью и отражением локальных условий озерной экосистемы. Древесная растительность относительно стабильна во времени, смены типов леса происходят столетиями, в то время как водная растительность отражает краткосрочные изменения. Во множестве палеорекоstructions растительности, в частности, в работах по изучению островных озер в акватории Ладожского озера [Vuorela, 1980; Vuorela, Saarnisto, 1997; Vuorela et al., 2001; Alenius et al., 2004; Saarnisto, 2012], фигурирует пыльца водных растений и указывается их роль для изучения трофности и колебаний уровня водоемов. Исследование донных отложений озер о. Путсаари методами ботанического и палинологического анализов показало распространение макрофитов на всех этапах развития озер – в составе Ладожского озера, изоляции и изолированного существования [Сапелко и др., 2014; Сапелко, Корнеевкова, 2017]. Однако исследований, рассматривающих пыльцу макрофитов в качестве отдельного дополнительного прокси, практически нет и для изменения уровня озер в прошлом пыльца макрофитов ранее целенаправленно не использовалась.

Приведенные в диссертации исследования призваны реконструировать историю островных озер в позднем голоцене по палинологическим данным и восполнить пробелы в изучении изменений уровня Ладоги в позднем голоцене на территории островов Лункулансаари и Валаам. Помимо реконструкции локальных условий изменения озерных экосистем, пыльца макрофитов позволит проследить, как меняется водная растительность в контексте трансгрессивно-регрессивных фаз Ладожского озера.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является реконструкция позднеголоценовой водной и наземной растительности островных озер на фоне трансгрессивно-регрессивных фаз Ладожского озера и установление роли пыльцы макрофитов в изучении колебаний уровня водоемов. Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- 1) провести детальный спорово-пыльцевой анализ донных отложений островных озер в акватории Ладожского озера;
- 2) сравнить современную растительность с субрецентными спорово-пыльцевыми спектрами из донных отложений;
- 3) реконструировать позднеголоценовую водную и наземную растительность по палинологическим данным островных озер;
- 4) изучить динамику содержания пыльцы макрофитов на разных этапах развития островных озер в связи с изменениями уровня Ладожского озера в позднем голоцене.

Объект исследования – позднеголоценовая история островных озер Ладожского озера. **Предмет исследования** – динамика содержания пыльцы водных и наземных растений в донных отложениях островных озер.

Методы исследования. Выбраны семь озер, расположенных на островах Лункулансаари (озера Куйккалампи, Соккасенлампи и Ховатанлампи) и Валаам (озера Германовское, Зимняковское, Антониевское и Витальевское) в акватории Ладожского озера. Было отобрано и проанализировано методом палинологического анализа 8 колонок донных отложений (425 образцов) и 18 поверхностных проб. Отбор кернов донных

отложений производился при помощи Русского бура длиной 1 м и диаметром 5 см, отбор поверхностных проб – с помощью лота Воронкова [Волкова, 2021]. Разбор кернов на палинологический анализ и радиоуглеродное датирование проводился в лаборатории Института озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН. Обработка образцов для спорово-пыльцевого анализа осуществлялась по сепарационной методике В.П. Гричука [1940], усовершенствованной в Институте озероведения, с использованием калий-кадмиевой тяжелой жидкости. Визуализация результатов выполнялась в специальной программе Tilia [Grimm, 2004]. Оценка возраста отложений озер на о. Лункулансаари проводилась методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS) на базе лаборатории изотопной геохимии Института геохимии Гуанчжоу Китайской академии наук (GIGCAS), Гуанчжоу, Китай. Калибровка радиоуглеродных дат выполнялась в программе OxCal v.4.4 [Bronk-Ramsey 2008; Bronk-Ramsey, Lee 2013] с использованием калибровочной кривой IntCal20 [Reimer et al., 2020]. Изучение водной растительности озер на о. Валаам осуществлялось общепринятым методом картирования фитолиторали [Катанская, 1988; Kolada et al., 2009], для наземной и водной растительности на о. Лункулансаари было выполнено стандартное геоботаническое описание. Картосхемы зарастания озер на о. Валаам были построены в программе ArcView 3.2 [Карякин и др., 2009].

Защищаемые положения:

1. Развитие лесного покрова на островах Лункулансаари и Валаам в позднем голоцене определяется климатическими и антропогенными факторами: смена елово-сосновых лесов березово-сосновыми; сокращение роли ели и широколиственных пород в результате похолодания; широкое распространение березы из-за вырубок и пожаров последние 1800 лет; активное подсеčno-огневое земледелие последние 1000 лет.

2. Островные озера являются перспективными объектами для изучения колебаний уровня Ладожского озера в позднем голоцене с помощью пыльцы макрофитов – в донных отложениях представлены основные этапы озерного развития: залив Ладоги, изоляция, обособленное существование.

3. Временное снижение содержания и разнообразия пыльцы макрофитов или ее полное исчезновение в донных отложениях свидетельствует о структурных перестройках в озерных экосистемах в связи с изоляцией от более крупного «материнского» водоема и может использоваться в качестве дополнительного индикатора при изучении колебаний уровня водоемов.

Достоверность результатов. Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием общепринятого для палеолимнологических исследований оборудования и методик отбора и обработки материалов; применением высокоточного метода датирования и последней версии калибровочной кривой; корреляцией с имеющимися литературными данными по теме исследования и результатами других методов, полученных в рамках комплексных исследований. Роль пыльцы макрофитов в качестве дополнительного индикатора при изучении колебаний уровня водоемов подтверждается результатами других анализов (диатомовый, литологический, ризоподный, кладоцерный, ботанический); объемом изученного материала – на двух разных островах изучены колонки донных отложений семи озер, для большинства из которых получены схожие результаты; апробацией методики на озерах Кургальского полуострова, некогда являвшихся частью Балтийского моря [Sapelko et al., 2024].

Научная новизна. В ходе проведения представленного исследования была разработана и апробирована на семи островных озерах в северной части Ладожского озера Ладожского озера методика использования пыльцы макрофитов для изучения истории развития малых озер в прошлом в свете трансгрессивно-регрессивных фаз более крупного водоема (Ладожского озера). Доказана роль пыльцы макрофитов как дополнительного индикатора в определении периода изоляции озера. Впервые были изучены палинологическим методом донные отложения озер на о. Лункулансаари и получены радиоуглеродные даты, что позволило, проследить динамику водной и наземной

растительности в позднем голоцене, реконструировать этапы развития озер и определить время их изоляции от Ладожского озера. Впервые были изучены поверхностные пробы донных отложений озер одновременно с описанием современной водной растительности на островах Лункулансаари и Валаам, что дало представление об отражении современной растительности в субрецентных спорово-пыльцевых спектрах (СПС) и стало основой для интерпретации палеогеографических данных из колонок донных отложений.

Теоретическая и практическая значимость. Методика использования пыльцы макрофитов в качестве дополнительного индикатора при изучении истории островных озер в акватории Ладожского озера в позднем голоцене может быть применена и на других озерах, формировавшихся на фоне трансгрессивно-регрессивных фаз более крупного «материнского» водоема (озера, моря). Это подтверждает апробация методики на озерах Кургальского полуострова [Sapelko et al., 2025]. В дальнейшем полученные палеогеографические данные могут быть использованы для уточнения схем динамики уровня Ладожского озера в позднем голоцене, прогнозирования изменений уровня в будущем и планирования хозяйственной и рекреационной деятельности на водосборе. Данные о современной растительности из поверхностных проб донных отложений озер вносят вклад в палинологическую базу данных субрецентных проб.

Личный вклад автора. С 2017 по 2022 гг. автор принимал непосредственное участие в экспедиционных исследованиях на острова Лункулансаари и Валаам в акватории Ладожского озера, в результате которых были отобраны материалы для исследования – поверхностные пробы и колонки донных отложений озер. Во время полевых работ на о. Лункулансаари автором было выполнено геоботаническое описание озерных сплавин и собран гербарий водных и наземных растений. Автор участвовал в разборе материалов для палинологического анализа и радиоуглеродного датирования, а также калибровке всех радиоуглеродных дат по одной последней шкале IntCal20. В лаборатории Института озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН автором лично выполнена пробоподготовка и спорово-пыльцевой анализ 443 образцов; выполнена реконструкция водной и наземной растительности в позднем голоцене по данным палинологического анализа. Все рисунки и диаграммы (если не указано иное со ссылкой на источник) построены лично автором в специализированном программном комплексе Tilia [Grimm, 2004], OxCal [Bronk-Ramsey 2008; Bronk-Ramsey, Lee 2013], в программах Microsoft Office.

Апробация работы. Защищаемые положения работы и промежуточные результаты были опубликованы в 3 статьях из списка ВАК и других изданиях, а также представлены на 13 международных и всероссийских конференциях и совещаниях: V и VII Всероссийская научная конференция с международным участием «Динамика экосистем в голоцене» (Москва, 2019; Пермь, 2025), I и II Международные конференции «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность» (Севастополь, 2021, 2022), II Всероссийская научная конференция «Пути эволюционной географии» (Москва, 2021), XV Всероссийская палинологическая конференция «Актуальные проблемы современной палинологии» (Москва, 2022), V International Conference «Paleolimnology of Northern Eurasia» (Санкт-Петербург, 2023), International Conference IAL IPA 2022 «Lake, Memories of the landscapes» (Сан-Карлос-де-Барилоче, Аргентина, 2022), XVIII Всероссийское микропалеонтологическое совещание «Микропалеонтология: фундаментальные проблемы и вклад в региональное геологическое изучение недр» (Санкт-Петербург, 2023), Всероссийская научная конференция «Лимнология в России» (Санкт-Петербург, 2024), 7th Open Science Meeting «PAGES 2025» (Шанхай, Китай, 2025), 38th International Meeting of Sedimentology (Уэльва, Испания, 2025), XVI Всероссийская палинологическая конференция «Палинология в XXI веке» (Москва, 2025).

Структура и объем работы. Диссертация объемом 150 страниц включает введение, 6 глав, заключение, 50 рисунков, 9 таблиц, список литературы из 166 наименований, 74 из которых на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю Сапелко Татьяне Валентиновне за многолетнее наставничество, помощь в освоении палинологического анализа, в написании статей, высших квалификационных работ и диссертации, в поиске новых возможностей для роста, за организацию экспедиций, стажировок и лабораторных исследований. Петрову К.М. за поддержку на первых этапах научного пути. Русанову А.Г. за проведение геоботанического анализа, Корнеевской Н.Ю. и Мазей Н.Г. – ботанического анализа, Лудиковой А.В. – диатомового анализа, Кузнецову Д.Д. – литологического анализа, Пастуховой Ю.А. – кладоцерного анализа; Мазей Ю.А. и Цыганову А.Н. – ризоподного анализа, послуживших основой для интерпретации и корреляции полученных палинологическим путем результатов. Коллегам и студентам РГПУ им. Герцена и СПбГУ за помощь в отборе материалов во время экспедиционных работ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Литературный обзор

1.1 Понятие и особенности распределения макрофитов в водоемах

В разделе раскрываются индикаторные особенности макрофитов и закономерности их распространения в водоемах. В данной работе под макрофитами подразумеваются высшие водные и прибрежно-водные растения, участвующие в формировании следующих группировок: подводные макрофиты (рдесты, элодея, роголистник, уруть и др.); макрофиты с плавающими листьями (кувшинка, кубышка, водокрас, рдест плавающий, сальвиния, ряска, водяной орех и др.); прибрежно-водные макрофиты (тростник, рогоз, аир, ежеголовник и др.).

Водная растительность способствует эвтрофикации и зарастанию озер, что является закономерным этапом сукцессии водоемов. В озерах формируются концентрические зоны, характеризующиеся определенной глубиной, донными отложениями, видами макрофитов [Давыдов, 1955; Давыдов и др., 1973; Кудряшов, Садчиков, 2005]. В ходе сукцессии одна зона сменяется другой и макрофиты постепенно продвигаются от береговой линии к центру озера, пока озерная растительность окончательно не сменится болотной. Другим способом превращения озера в болото является нарастание сплавины, пионерами формирования которой являются сабельник, белокрыльник, вахта [Давыдов и др., 1973; Кудряшов, Садчиков, 2005]. Большую роль в формировании и распределении сообществ макрофитов в водоеме играют температурный и световой режимы водоема, гидрологические, гидрохимические, морфометрические показатели и другие факторы [Садчиков, Кудряшов, 2005]. В свою очередь водные растения служат индикаторами определенных условий среды. Приводится таблица, отражающая особенности водных растений по отношению к сапробности, трофности, местообитаниям, глубине по литературным данным [Sladecsek, 1963; Кокин, 1982; Гигевич и др., 1999; 2001; Иллюстрированный определитель..., 2002; Кудряшов, Садчиков, 2005; Курочкина и др., 2013; Капитонова, Николаенко, 2021].

1.2 Использование макрофитов в палеолимнологических исследованиях

В палеогеографических реконструкциях чаще используют пыльцу наземных растений: она отражает региональные условия, хорошо продуцируется и сохраняется в озерных отложениях. Пыльца водных растений в палеореконструкциях используется реже в связи с ее невысокой продуктивностью и сохранностью относительно пыльцы наземных растений. Также пыльца макрофитов отражает узколокальные условия развития водоема и не используется для региональных реконструкций. Тем не менее, обитая непосредственно в водоеме, макрофиты чутко реагируют на происходящие в них изменения, а также могут служить индикаторами изменения природной среды. В имеющихся палеореконструкциях роль макрофитов рассматривают в качестве индикаторов климата и трофического статуса

водоема, проводят полноценные реконструкции заселения озер макрофитами, однако исследований, посвященных изучению пыльцы макрофитов как отдельного прокси, практически нет.

В разделе приводится обзор опубликованных работ, посвященных использованию *пыльцы* [Vuorela, 1980; Vuorela, Saarnisto, 1997; Vuorela et al., 2001; Miettinen et al., 2002; Alenius et al., 2004; Scussolini et al., 2011; Torres-Rodriguez et al., 2018], *макроостатков* [Birks, 2000; Miettinen et al., 2002; Valiranta et al., 2011; Galka et al., 2012; Galka, Sznell, 2013; Galka et al., 2014; Galka et al., Baisheva et al., 2024; Li et al., 2024] и *sedaDNA макрофитов* [Stoof-Leichsenring et al., 2022; Karachurina et al., 2023; Baisheva et al., 2024; Li et al., 2024] в роли индикаторов изменений климата, колебаний уровня, температуры, солености, электропроводности, трофности водоемов и содержания химических элементов и загрязняющих веществ в воде в позднеледниковье и голоцене. Исследования современного распространения макрофитов позволяют устанавливать трофический статус и степень антропогенной нагрузки на водоемы [Ладога, 1969; Распопов, 1961; 1968; 1985; Распопов и др., 1971; Pelechaty, 1999; Распопов и др., 2000; Андроникова, Распопов, 2007; Распопов и др., 2009; Søndergaard et al., 2009; Robiansyah et al., 2010; Sayer et al., 2010; Zhang et al., 2022]. Приводится сводная таблица индикаторного значения макрофитов для палеореконструкций по результатам обзора.

1.3 Ладожская трансгрессия

Рассмотрена природа Ладожской трансгрессии, завершение которой повлекло за собой изоляцию озер на островах Лункулансаари и Валаам. В голоценовой истории Ладожского озера выделяют три крупнейших трансгрессивно-регрессивных этапа: Анциловая трансгрессия в раннем голоцене, последовавшая регрессия в среднем голоцене и наконец начавшаяся около 5000 лет назад Ладожская трансгрессия. Последняя длилась около 2000 лет и завершилась постепенным снижением уровня Ладоги до современной отметки около 5 метров над уровнем моря [Субетто, 2009], сопровождавшимся изоляцией островных озер. Наиболее общепринятой теорией о причинах начала регрессии является прекращение стока из Ладожского озера в Балтику вследствие изостатического поднятия порога стока, располагавшегося в районе пос. Вещево (Карельский перешеек). После этого около 3100 лет назад возникла р. Нева, и сток стал происходить южнее [Марков, 1949; История Ладожского..., 1990; Кошечкин и др., 1992; Александровский и др., 2009; Субетто, 2009]. Трансгрессия имела сложную природу, большую роль играл изостатический фактор. Из-за неравномерных скоростей поднятия берегов трансгрессия в северной и южной частях озера происходила с разными скоростями и амплитудой [Бискэ и др., 1971; Лийва и др., 1971; Амантов, 2014; Сапелко и др., 2018; 2019]. Для южной части озера максимальный уровень Ладожской трансгрессии по данным различных исследований оценивается в интервале 14-22 м, продолжительность – 400-1000 лет [Ailio, 1915; Марков, 1949; Saarnisto, Grönlund, 1996]. Для северной части это 18-22 м и около 2000 лет [Delusin, Donner, 1995; Шитов, 2007; Субетто, 2009; Сапелко и др., 2014; 2018]. В дальнейшем разные районы Ладожского озера продолжали испытывать неравномерное изостатическое поднятие. В ходе регрессии малые озера на разных островах, находящиеся на одной абсолютной высоте над уровнем моря, отделялись от Ладоги в разное время [Сапелко и др., 2018].

1.4 Палинологическая изученность островов Ладожского озера и северного Приладожья

В разделе приводятся опубликованные палинологические реконструкции растительности, климата и изменений уровня Ладожского озера в голоцене по колонкам донных отложений. Рассматриваются реконструкции для *островных озер в акватории Ладоги* на островах Валаам [Vuorela, Saarnisto, 1997; Vuorela et al., 2001; Saarnisto, 2012], Риеккалансаари [Alenius et al., 2004], Кильпола [Taavitsainen et al., 1994; Saarnisto, Grönlund, 1996], Путсаари [Сапелко и др., 2014; Сапелко, Корнеенкова, 2017], Мантсинсаари [Delusin,

Donner, 1995]; *материковых озер* и заливов [Бискэ, 1959; Бискэ и др., 1959; Чернова и др., 1997; Miettinen et al., 2002; Филимонова, 2014; Шелехова и др., 2021] и непосредственно *Ладожского озера* [Делюсина, 1988; Верзилин, Клейменова, 2006; Savelieva et al., 2019; Современное состояние..., 2021]. Обзор демонстрирует важность островных и прибрежных озер в качестве источника данных об изменениях уровня более крупного водоема (Ладожского озера) – в колонках содержатся донные отложения этапов существования водоемов: в составе Ладоги, изоляции, обособленного существования.

Глава 2. Физико-географическая характеристика островов в акватории Ладожского озера

Рассматриваются геологическое и геоморфологическое строение, современный климат, гидрогеологические условия и растительный покров островов Лункулансаари и Валаам (рис. 1). Лункулансаари менее изучен. Находится в северо-восточной части Ладожского озера, самая длинная часть составляет 17,2 км, самая широкая – 4,1 км. Остров лежит на Балтийском кристаллическом щите, перекрытым рыхлыми четвертичными осадками; преобладают ледниковые и водно-ледниковые формы рельефа [Калесник, 1968; Елина, 2005]. Относится к средней подзоне тайги, характеризуется подзолистыми почвами [Калесник, 1968]. Основными лесообразующими породами на острове являются сосна обыкновенная и ель европейская и сибирская, широко распространена береза пушистая и повислая. Валаам находится в северной части Ладоги, является самым большим островом в составе Валаамского архипелага (27,8 км²). Архипелаг образовался в результате глыбово-блоковых движений кристаллического фундамента Ладожской котловины; сложен магматическими, кристаллическими породами, а также маломощными четвертичными ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями. Валаам находится на границе средней и южной тайги, отличается многообразием почв: подбуры, буроземы, примитивные, подзолистые, болотно-подзолистые, дерново-глеевые, болотные и антропогенные почвы [Морозова, Лазарева, 2002]. На острове доминируют среднетаежные сосновые и елово-сосновые леса с участием неморальных элементов (клен остролистный, липа мелколистная, вяз шершавый и др.); по берегам озер активно произрастает ольха черная; встречаются осинники и посадки интродуцентов; характерной особенностью лесов является старовозрастность (200-300 лет) [Кучко, 1983; Валаам..., 1988; Экосистемы, 2016]. Оба острова подвержены влиянию Ладожского озера, среднегодовая температура воздуха составляет +3,6°C; средняя температура самого холодного месяца – -6,5–-10°C (январь); средняя температура самого теплого месяца – 16–18,5°C (июль); среднегодовое количество осадков колеблется от 600 до 850 мм [Степанова и др., 2021].

Глава 3. Материалы и методы исследования

Полевые методы включали палеолимнологические экспедиционные работы на островах Лункулансаари и Валаам (рис. 1) с отбором колонок донных отложений и поверхностных проб малых озер (табл. 1), изучением современной водной растительности методом картирования фитолисторали [Катанская, 1988; Kolada et al., 2009] (о. Валаам), геоботаническим описанием наземной и водной растительности (о. Лункулансаари). Лабораторные работы включали разбор кернов донных отложений, описание литологического строения, пробообработку по модифицированной сепарационной методике В.П. Гричука [1940], спорово-пыльцевой анализ, радиоуглеродный анализ методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS), а также методы статистической обработки данных.

В разделе приводится подробное описание литологического состава колонок донных отложений; радиоуглеродные данные, включающие модели возраст-глубина для озер на о. Лункулансаари; методика пробоподготовки; результаты картирования водной растительности озер на о. Валаам (рис. 2); геоботанические описания растительности озер на о. Лункулансаари.

Таблица 1 – Морфометрические характеристики и абсолютные высоты озер

Озеро	Площадь, м ²	Глубина, м	Высота над уровнем моря, м
Куйккалампи	12000	2,8	17
Ховатанлампи	161000	2,5	10
Соккасенлампи	1450	2	14
Германовское	10400	3,7	18
Зимняковское	17000	2,1	12,3
Антониевское	28300	3,5	13
Витальевское	4300	1,9	10,8

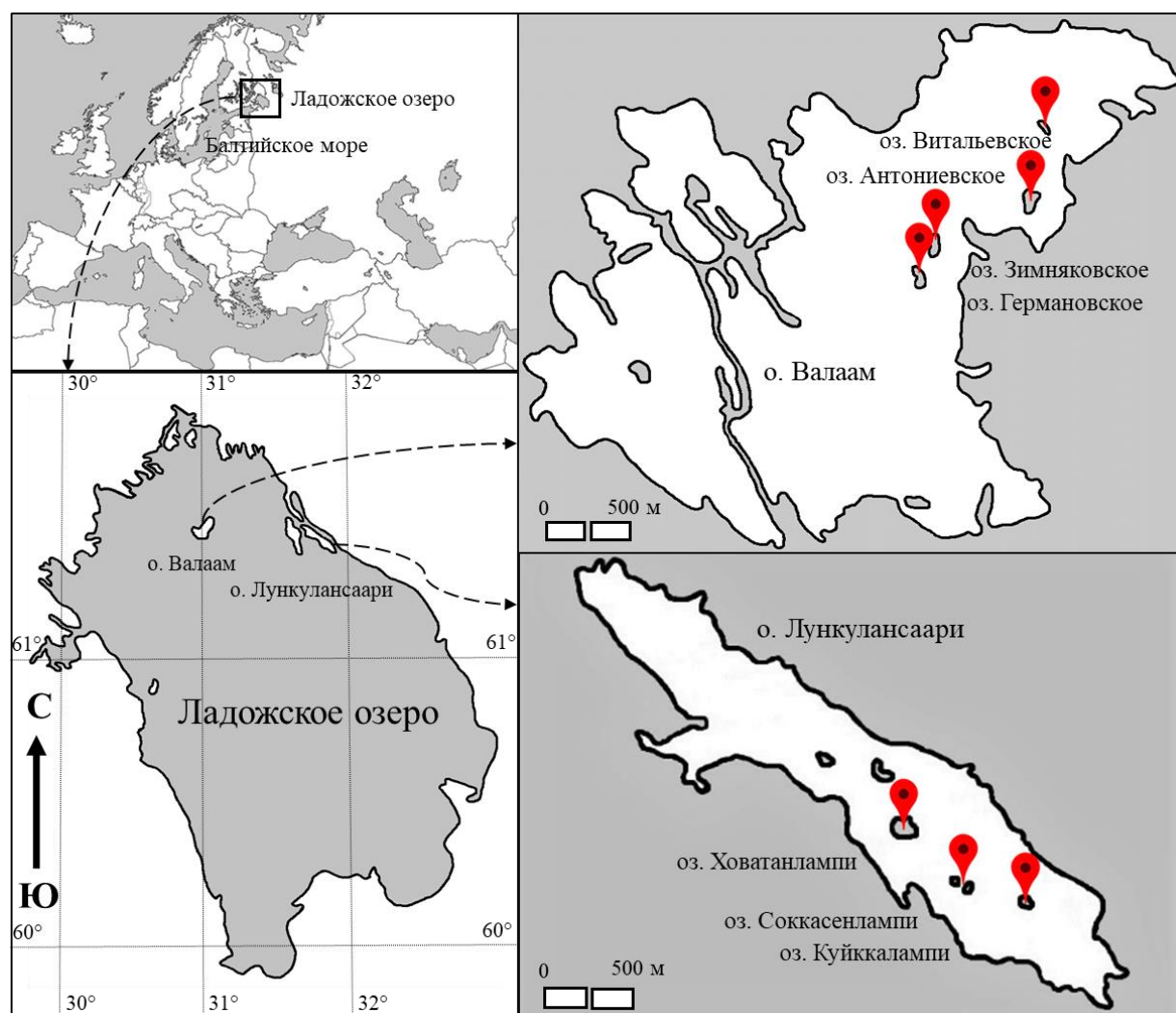


Рисунок 1 – Расположение объектов исследования

Глава 4. Палинологические исследования островных озер Ладожского озера

В главе приводятся результаты радиоуглеродного датирования и палинологического анализа поверхностных проб и колонок донных отложений малых озер на островах Лункулансаари и Валаам. Построена сводная спорово-пыльцевая диаграмма поверхностных проб на основе изучения 18 образцов (рис. 3), отражающая состав современной растительности на региональном (доминирование сосновых и елово-сосновых лесов с березой) и локальном (макрофиты, травы, споры) уровнях. На о. Лункулансаари пыльца доминанта в зарастании, кубышки желтой, представлена в СПС озер Куйккалампи (8% от общего содержания пыльцы трав) и Соккасенлампи (1%); в оз. Ховатанлампи отмечена пыльца одного из доминантов – рдеста (4%), пыльца также преобладающей кубышки не встречена. Для озер на оз. Валаам проводилось подробное изучение отражения

современной водной растительности в субрецентных СПС качественными и количественными методами [Газизова и др., 2023]. Высокий уровень сходства между отмечен для двух водоемов на о. Валаам – для оз. Антониевского значения качественных индексов Жаккара и Серенсена-Чекановского составляют 0,60 и 0,75 соответственно; для оз. Зимняковского наблюдается высокое значение количественного индекса Брея-Кертиса (0,76). Однако в целом во всех озерах на о. Валаам в субрецентных СПС представлены почти все доминирующие по площади зарастания на момент изучения современной растительности виды макрофитов, что позволяет говорить о довольно адекватном отражении водных растений в поверхностных пробах озерных отложений. Полученные результаты показывают перспективность изучения пыльцы макрофитов для палеолимнологических исследований, что может говорить о достоверности проведенных палеорекопструкций.

Построены 8 спорово-пыльцевых диаграмм на основе изучения 425 образцов. Результаты палинологического анализа представлены на примере двух озер на каждом из островов (рис. 4-5).

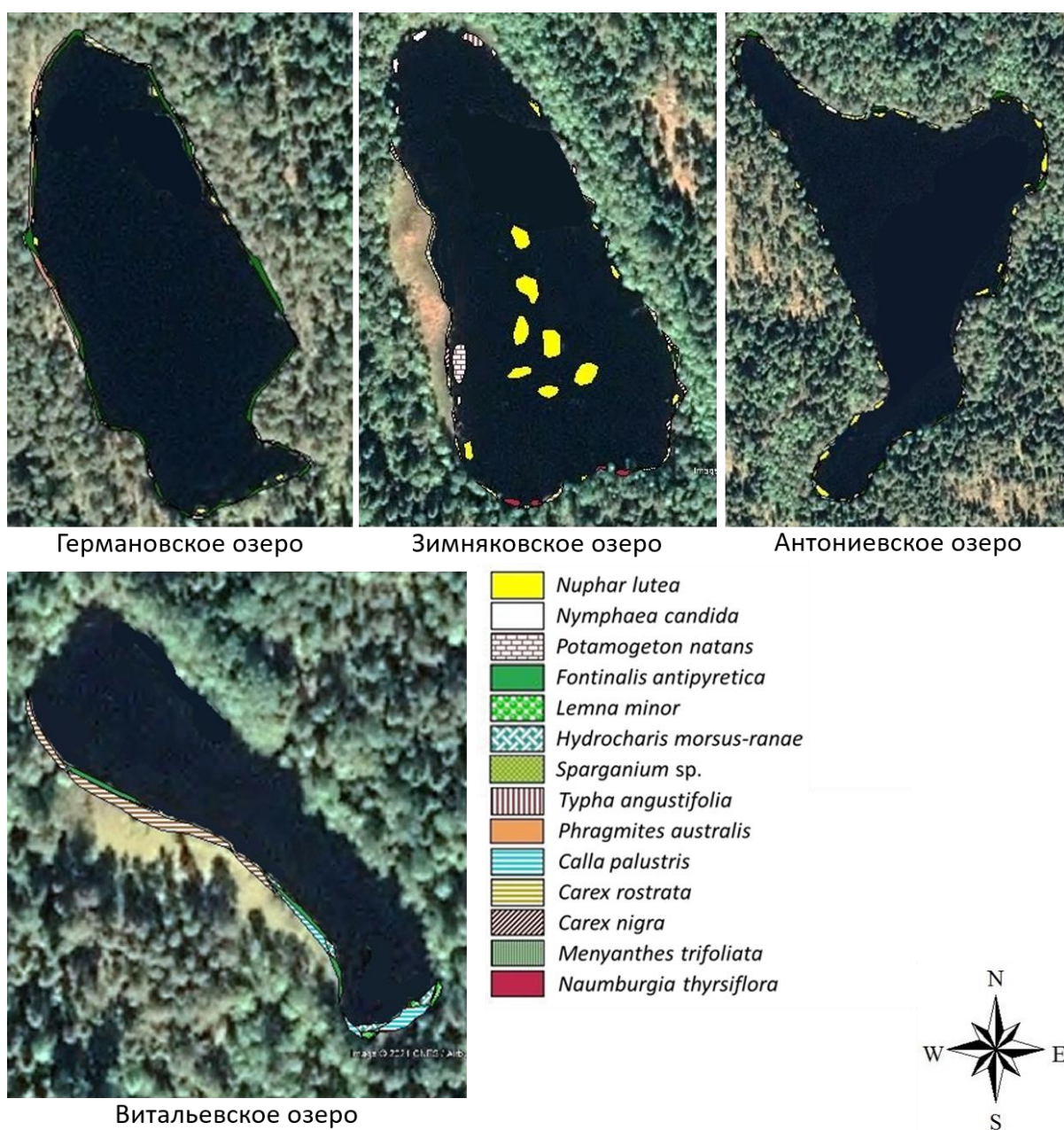


Рисунок 2 – Распределение водной растительности в озерах на о. Валаам

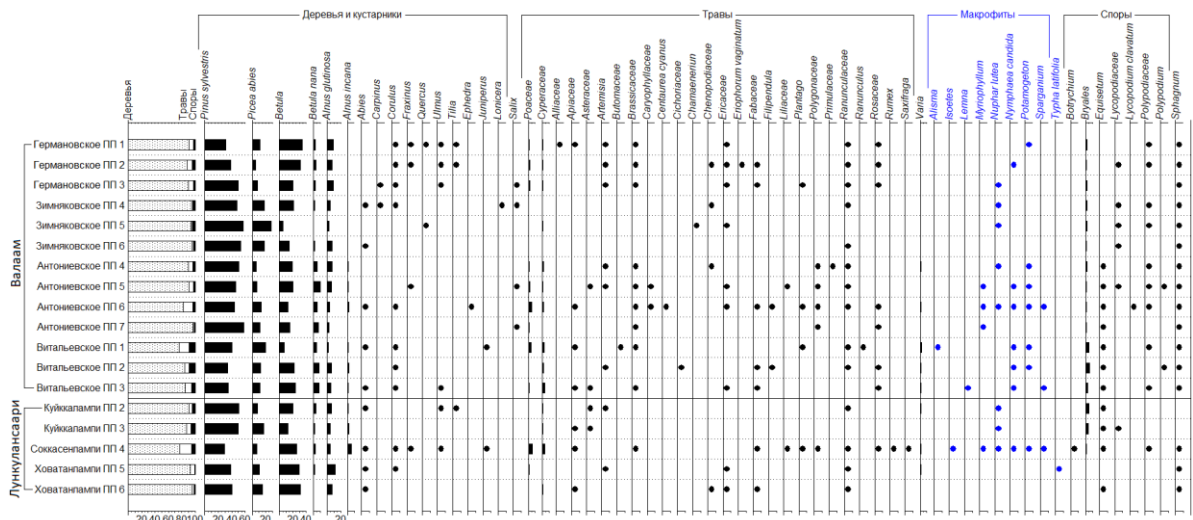


Рисунок 3 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений поверхностных проб озер на островах Лункулансаари и Валаам

Остров Лункулансаари, оз. Куйккалампи (рис. 4). На спорово-пыльцевой диаграмме выделено 3 палинозоны. *Палинозона 1* (330-324 см) характеризуется наибольшей долей пыльцы трав за весь период осадконакопления (9-17%). Среди деревьев доминирует пыльца *Pinus* (30%), также преобладает пыльца *Picea* (15-20%), *Betula* (15%) и *Alnus glutinosa* (13-15%). Встречается пыльца широколиственных пород (*Corylus avellana*, *Ulmus*, *Quercus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Tilia*). Пыльца кустарников представлена *Betula nana*, *Alnus incana*, *Salix*. Среди трав преобладает пыльца *Poaceae* (10-13%), разнотравья, *Scrophyllariaceae*, *Chenopodiaceae*, *Carex*, *Vaccinium*. Среди макрофитов отмечена пыльца *Polygonum amphibium*, *Potamogeton* sp. и *Typha latifolia*. Среди спор встречаются *Sphagnum*, *Equisetum*, *Bryales*. В больших количествах присутствуют зеленые водоросли *Pediastrum*, в меньшем количестве – *Botryococcus*.

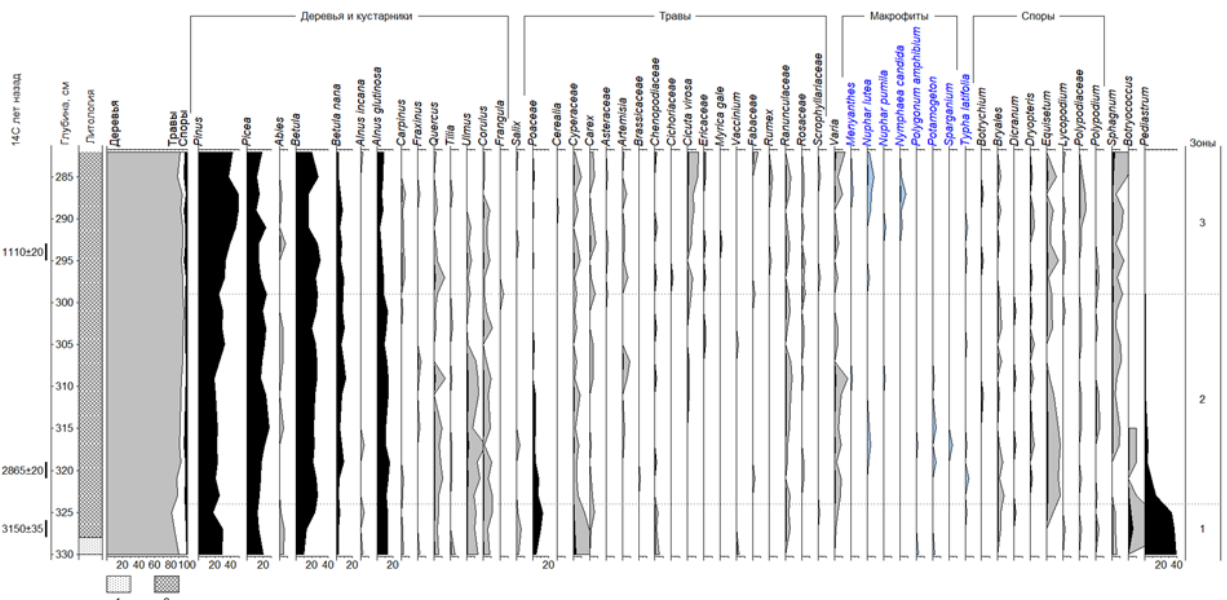


Рисунок 4 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Куйккалампи на о. Лункулансаари. Условные обозначения: 1 – опесчаненная глина, 2 – гиттия

Палинозона 2 (324-299 см). Существенно преобладает пыльца деревьев (>90%), среди них *Pinus* (25%), *Betula* (25%), *Picea* (20%), *Alnus glutinosa* (11-14%). Содержание пыльцы широколиственных пород возрастает. Среди кустарников высока роль пыльцы

Betula nana (до 10-12%). Доля пыльцы трав и в частности Poaceae заметно сокращается (1-3%). Также преобладает пыльца разнотравья, Cyperaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, *Carex*, *Artemisia*. Среди макрофитов отмечена пыльца *Potamogeton*, *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Polygonum amphibium*, *Sparganium*, *Menyanthes trifoliata* и *Typha latifolia*. Среди спор преобладают *Equisetum* и *Sphagnum*. Содержание *Pediastrum* постепенно снижается, в середине палинозоны они исчезают вместе с *Botryococcus*.

Палинозона 3 (299-282 см). Доминирует пыльца *Pinus* (до 50%). Содержание остальных пород снижается – *Betula* (20%), *Picea* (15%), *Alnus glutinosa* (6-8%). Содержание пыльцы широколиственных пород уменьшается. Среди кустарников преобладает пыльца *Betula nana* (3-6%). Разнообразие и содержание пыльцы трав возрастает – разнотравье, Poaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, *Cicuta virosa*, *Artemisia*, *Carex*. Единично отмечена пыльца культурных злаков Cerealia. Пыльца макрофитов встречается во второй половине палинозоны – *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Menyanthes trifoliata*, *Nuphar pumila*, *Typha latifolia*. Среди спор преобладают *Sphagnum* и *Equisetum*.

Остров Валаам, оз. Зимняковское (рис. 5). На спорово-пыльцевой диаграмме выделено 3 палинозоны. **Палинозона 1 (373-359 см).** Преобладает пыльца *Pinus* (до 52%) и *Picea* (30%, пик 44%). Содержание пыльцы *Betula* 10-14%, *Alnus glutinosa* 4-7%. Стабильно встречается пыльца широколиственных пород (*Ulmus*, *Corylus avellana*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Tilia*). Среди кустарников встречается пыльца *Betula nana* (1-2%, пик 7%), *Salix*. Среди трав преобладает пыльца Poaceae, Cyperaceae, Rosaceae, Ranunculaceae, *Artemisia*. Среди макрофитов отмечена пыльца *Stratiotes*, *Polygonum amphibium* и *Potamogeton*. Среди спор преобладают *Sphagnum*. В больших количествах встречаются *Pediastrum*.

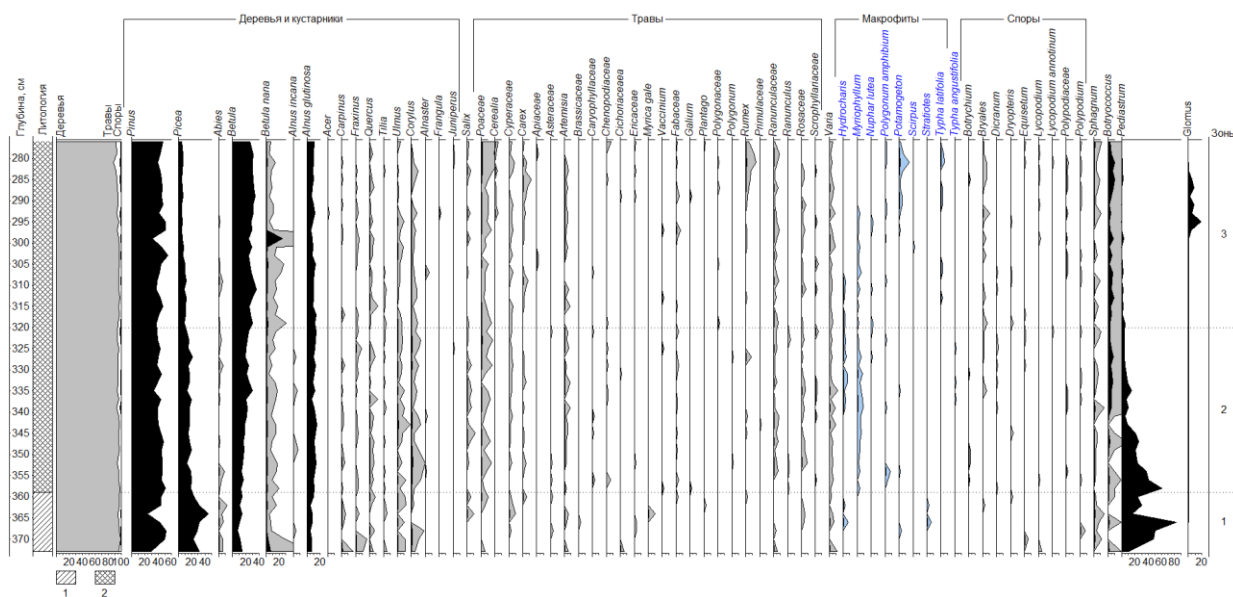


Рисунок 5 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Зимняковского на о. Валаам. Условные обозначения: 1 – опесчаненная гиттия, 2 – гиттия

Палинозона 2 (359-320 см). Сохраняется преобладающая роль пыльцы *Pinus* (38-45%). Содержание пыльцы *Picea* постепенно снижается (до 14-15%), а пыльцы *Betula* обратно пропорционально возрастает до 20-24%. Подобная динамика наблюдается и в других разрезах на о. Валаам. Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* заметно возрастает (9-13%). Содержание пыльцы широколиственных пород и кустарников остается неизменным. Содержание и разнообразие пыльцы трав, макрофитов и спор заметно возрастает. Среди трав преобладает пыльца разнотравья, Poaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Fabaceae, *Artemisia* и *Carex*. Среди водных растений доминирует пыльца *Myriophyllum* и *Hydrocharis*. Среди спор преобладают *Sphagnum* sp. Содержание *Pediastrum* заметно снижается, а *Botryococcus* – возрастает.

Палинозона 3 (320-276 см). Доминирует пыльца *Pinus* (45-50%) и *Betula* (30%). Содержание пыльцы *Picea* низкое (5-10%). Доля пыльцы *Alnus glutinosa* снижается (9%). Содержание пыльцы широколиственных пород сокращается. Отмечена пыльца *Acer*. Среди кустарников преобладает *Salix*. Разнообразие пыльцы трав, макрофитов и спор остается неизменным. Среди трав преобладает пыльца разнотравья, *Rosaceae*, *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Artemisia*, *Carex*, *Rumex*. Появляется пыльца культурных злаков *Cerealia*. Среди макрофитов возрастает содержание пыльцы *Potamogeton*, также встречается пыльца *Myriophyllum*, *Polygonum amphibium*, *Typha latifolia*. Среди спор преобладают *Sphagnum*, *Bryales*, *Polypodiaceae*, *Polypodium*, *Lycopodium*. Зеленые водоросли *Pediastrum* отмечены спорадически, *Botryococcus* стабильно встречаются. Во второй половине палинозоны появляются споры грибов *Glomus*.

Глава 5. Палеореконструкция растительности на островах Лункулансаари и Валаам

В главе приводятся реконструкции растительности на островах Лункулансаари и Валаам по данным палинологического анализа колонок донных отложений малых озер и сводная таблица смен типов леса на территории островов в позднем голоцене. В автореферате представлены результаты для описанных выше озер.

Остров Лункулансаари, оз. Куйккалампи. *Нижняя часть разреза* (палинозона 1) относится ко *второй половине суббореала* (3350 кал. л. н.). Развиваются *сосновые леса* с елью и березой, в подлеске растут лещина обыкновенная, ивы, ольха серая; на заболоченных участках – карликовая береза. По берегам озер широко распространена ольха черная. Встречаются широколиственные породы – вяз, граб, ясень, дуб и липа. Велика роль открытых травянистых сообществ, преимущественно злаковых. В лесах развиты разнотравные сообщества из лесного разнотравья, лютиковых, маревых, норичниковых. На заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества с вересковыми, бриевыми мхами, хвощами. Водная растительность немногочисленная, произрастает горец земноводный и рдесты, по берегам – заросли рогоза широколистного. В водоеме также встречаются зеленые водоросли *Pediastrum*, реже – *Botryococcus*. Климат довольно теплый.

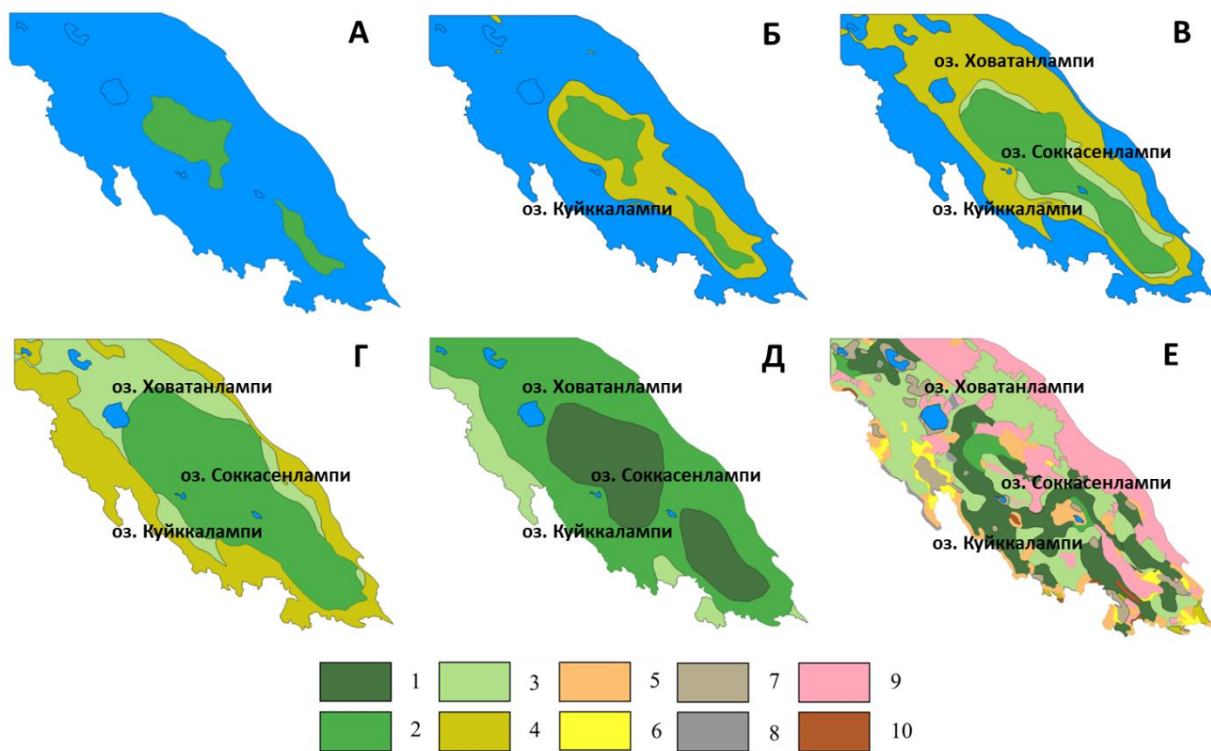
Средняя часть разреза (палинозона 2) охватывает *конец суббореала* и *первую половину субатлантика* (<2970 кал. л. н.). Развиваются *елово-березово-сосновые леса*, в подлеске встречается лещина обыкновенная, ольха серая, ивы. Среди широколиственных пород преобладают вяз и дуб. Высокая роль черной ольхи и карликовой березы может говорить о широком распространении переувлажнённых территорий. Общая роль открытых злаковых сообществ снижается, распространены разнотравно-злаковые сообщества из лесного разнотравья, лютиковых, розоцветных, бобовых и крестоцветных. Возрастает роль полыней. На заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества из сфагновых мхов, осоковых, вересковых. Велика роль хвощей. В озере произрастают кубышки желтая и малая, рдесты, ежеголовники и горец земноводный. Прибрежные территории заняты зарослями рогоза широколистного, вахтой трехлистной, вехом ядовитым. *Pediastrum* и *Botryococcus* исчезают в середине периода. Климат благоприятный, о чем свидетельствует широкое развитие ели и широколиственных пород.

Верхняя часть разреза (палинозона 3) относится ко *второй половине субатлантика* (<1010 кал. л. н.). Произрастают *березово-сосновые леса* с елью, в подлеске встречаются лещина обыкновенная, ивы, крушина и ольха серая. Роль черной ольхи заметно снижается. Роль широколиственных пород сокращается. Возрастает разнообразие травянистых сообществ, развиваются разнотравно-злаковые сообщества из лесного разнотравья, лютиковых, розоцветных, сложноцветных, бобовых. Среди рудеральных растений встречаются маревые, щавель, полыни, норичниковые и цикориевые. Впервые отмечены культурные злаки *Cerealia*, свидетельствующие об аграрной деятельности, что подтверждается данными других разрезов [Miettinen et al., 2002; Vuorela et al., 2001; Сапелко, Корнеенкова, 2017; Сапелко и др., 2023]. Водно-болотные сообщества сложены сфагновыми и бриевыми мхами, осоковыми, вересковыми. В озере обитают кубышки

желтая и малая, кувшинка чисто-белая; берега заняты рогозом широколистным, вахтой, вехом ядовитым. Увеличивается доля открытых травянистых сообществ, что вместе со снижением роли ели и широколиственных пород может говорить о похолодании климата.

В настоящее время произрастают *сосновые* леса с елью и березой. Берега водоемов и сырые участки заняты ольхой черной, карликовой березой, бриевыми мхами, осоками, сфагновыми мхами. Встречаются широколиственные вяз и липа. Преобладают разнотравные сообщества из лесного разнотравья, сложноцветных, злаковых, лютиковых. Встречаются сорные виды полыней. В оз. Куйккалампи произрастают кубышка желтая и ярска, по берегам – вех ядовитый.

По данным палинорекострукции построена карта, отражающая динамику растительного покрова в южной части о. Лункулансаари в позднем голоцене на фоне трансгрессивно-регрессивных фаз Ладожского озера (рис. 6). Распространение и смена типов леса между этапами является интерпретацией автора на основании сукцессионного развития лесов. Изолинии и данные о современной растительности даны по данным финских карт растительности [Kokko, Käkki, 1934; Matilainen, 1934; Matilainen, Kokko, 1940]. Уровень Ладожского озера для каждого этапа построен по данным радиоуглеродных дат.



Условные обозначения: 1 – еловые леса; 2 – елово-сосновые леса; 3 – смешанные леса (преимущественно березово-елово-сосновые); 4 – мелколиственные леса (преимущественно березовые); 5 – кустарники; 6 – луга; 7 – болота и трясинны; 8 – вырубки; 9 – поселения и культурные насаждения (сады, огороды и др.); 10 – пески

Рисунок 6 – Динамика растительного покрова в южной части о. Лункулансаари в позднем голоцене: А – суббореальный период, максимум Ладожской трансгрессии, уровень Ладоги 19-21 м; Б – начало Ладожской регрессии, 15 м; В – середина Ладожской регрессии, 10 м (~2950 кал. л. н.); Г – конец Ладожской регрессии, 5 м (~2430 кал. л. н.); Д – субатлантический период; Е – настоящее время

Остров Валаам, оз. Зимняковское. Нижняя часть разреза (палинозона 1) относится к *середине суббореала* (> 3170 кал. л. н.). Развиваются *елово-сосновые* леса, роль березы невысока, в подлеске растут ивы. По берегам озер распространена ольха черная и карликовая береза. Встречаются широколиственные породы – вяз, граб, ясень, дуб, лещина

и липа. В злаково-разнотравных сообществах преобладают злаковые, розоцветные, лютиковые, сложноцветные. Среди сорных растений встречаются полыни, реже подорожники, крестоцветные и цикориевые. На заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества, вересковые. Немногочисленная водная растительность представлена телорезом, горцем земноводным и рдестами; высока роль *Pediastrum*. Климат довольно теплый.

Средняя часть разреза (палинозона 2) относится к концу суббореала – первой половине субатлантика (<3170 кал. л. н.). Сохраняется преобладающая роль сосны. Роль ели постепенно снижается, а березы напротив возрастает. В первой половине периода развиваются *сосновые* леса с елью и березой, во второй – *березово-сосновые* леса, в подлеске растут ивы, ольха серая, можжевельник. Среди широколиственных пород преобладают лещина, вяз и дуб. Высокая роль черной ольхи и карликовой березы может говорить об увеличении переувлажненных территорий. Возрастает разнообразие травяного яруса, распространены разнотравно-злаковые сообщества из злаковых, лютиковых, розоцветных, бобовых. Возрастает роль рудеральных растений (полыней, маревых, щавеля, цикориевых). На заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества, вересковые. Разнообразие макрофитов заметно возрастает, в водоеме растут уруть, водокрас, кубышка желтая, горец земноводный, рдесты; по берегам – рогозы широколистный и узколистный. Роль *Pediastrum* снижается, появляются *Botryococcus*. Климат становится более прохладным.

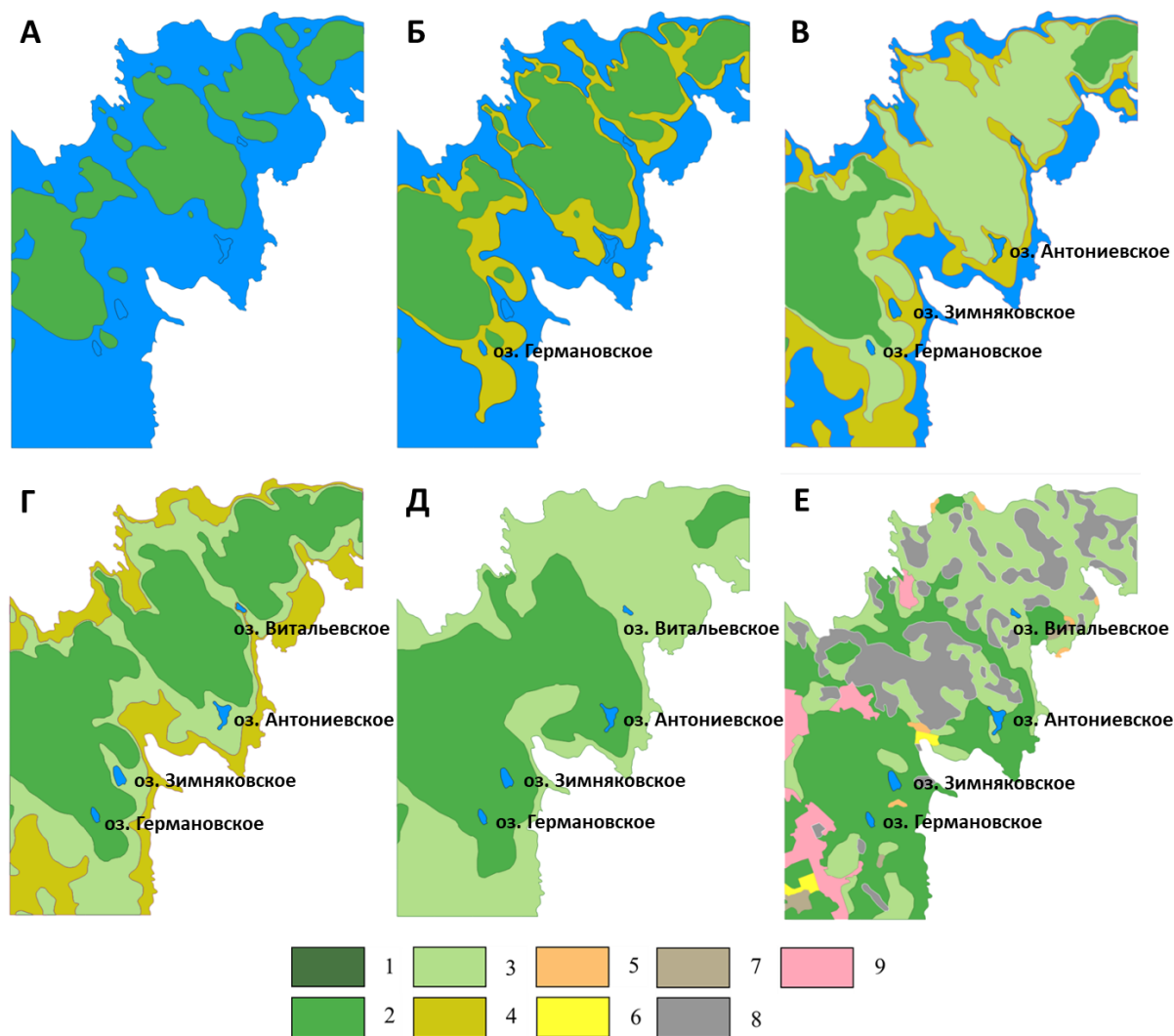
В *верхней части разреза* (палинозона 3), охватывающей вторую половину субатлантика, произрастают *березово-сосновые* леса, в подлеске встречаются ивы, крушина и можжевельник. Роль черной ольхи и широколиственных пород снижается. Сохраняется преобладание разнотравно-злаковых сообществ из злаковых, лютиковых, розоцветных, бобовых. Возрастает роль сорняков (щавеля, полыней). Начинается аграрная деятельность, о чем свидетельствует появление пыльцы *Cerealia* и усиление почвенной эрозии (споры *Glomus*). Водно-болотные сообщества представлены сфагновыми и бриевыми мхами, осоковыми, вересковыми. В оз. Зимняковском обитают рдесты, уруть, горец земноводный, по берегам – рогоз широколистный и камыш. Активно развиваются *Botryococcus*, *Pediastrum* встречаются реже. Климат довольно прохладный и сухой.

В *настоящее время* произрастают *сосновые* и *елово-сосновые* леса с березой, в подлеске растут ивы и жимолость, на заболоченных местах – карликовая береза. Встречаются неморальные виды – лещина, граб, дуб. По берегам озер растет ольха черная. Преобладают разнотравные сообщества из лютиковых и лесного разнотравья; заболоченные территории сложены осоково-сфагновыми и бриевыми сообществами с вересковыми. Встречаются сорные виды маревых и иван-чай. В оз. Зимняковском произрастает кубышка желтая.

По данным палинорекострукций, радиоуглеродных дат [Сапелко и др., 2018] и финских карт растительности [Kare, 1930] была также построена карта, отражающая динамику растительного покрова в северо-восточной части о. Валаам в позднем голоцене на фоне трансгрессивно-регрессивных фаз Ладожского озера (рис. 7).

В разделе также приводится сводная таблица, отражающая смены типов леса на островах Лункулансаари и Валаам в позднем голоцене по палинологическим данным. Полученные реконструкции коррелируют с имеющимися публикациями для территории северо-восточного Приладожья [Бискэ, 1959; Бискэ и др., 1959; Делюсина, 1988; Верзилин, Клейменова, 2006; Филимонова, 2014; Delusin, Donner, 1995; Чернова и др., 1998] и подтверждают общую динамику развития природной среды в позднем голоцене. Изменения в лесном покрове определяются как климатическими, так и антропогенными факторами. Общая тенденция смены растительных сообществ связана с климатическими изменениями: переход от распространенных в суббореальном периоде елово-сосновых лесов к березово-сосновым лесам, доминирующим с середины субатлантического периода по настоящее время. Постепенное похолодание климата, наступившее после климатического оптимума

голоцена в атлантическом периоде, привело к развитию сосновых лесов и сокращению роли ели и теплолюбивых широколиственных пород (липы, дуба, вяза, ясеня и др.) в составе леса.



Условные обозначения: 1 – еловые леса; 2 – елово-сосновые леса; 3 – смешанные леса (преимущественно березово-елово-сосновые); 4 – мелколиственные леса (преимущественно березовые); 5 – кустарники; 6 – луга; 7 – болота и трясины; 8 – вырубки; 9 – поселения и культурные насаждения (сады, огороды и др.)

Рисунок 7 – Динамика растительного покрова в северо-восточной части о. Валаам в позднем голоцене: А – суббореальный период, максимум Ладожской трансгрессии, уровень Ладоги 21 м (>3300 кал. л. н.); Б – начало Ладожской регрессии, 15 м (~3300 кал. л. н.); В – середина Ладожской регрессии, 10 м (~2900 кал. л. н.); Г – конец Ладожской регрессии, 5 м (~2430 кал. л. н.); Д – субатлантический период; Е – настоящее время

Антропогенная деятельность, начавшаяся после регрессии Ладоги и изоляции островных озер, получила максимальное развитие во второй половине субатлантического периода. Пожары и вырубки леса привели к широкому распространению березняков и усилили сокращение ели; на о. Лункулансаари они начались около 1800 лет назад. Пыльца культурных злаков встречается в отложениях изученных озер в последние 1000 лет, в это время распространение земледелия отмечается в других островных озерах в акватории Ладоги [Сапелко, Корнеенкова, 2017; Сапелко и др., 2023; Vuorela et al., 2001; Miettinen et al., 2002]. Более ранняя находка пыльцы гречихи в отложениях оз. Витальевского свидетельствует о начале земледелия практически сразу после завершения изоляции

[Газизова и др., 2025], что подтверждают единичные находки пыльцы Cerealia и пик частиц угля около 2700 лет назад в донных отложениях оз. Игуменское [Vuorela et al., 2001]. В последнее тысячелетие на о. Валаам применялось подсеčno-огневое земледелие, индицируемое по увеличению содержания хвощей, культурных злаков, спор грибов Glomus, макрочастиц угля в отложениях оз. Витальевского [Газизова и др., 2025].

Глава 6. Реконструкция колебаний уровня Ладожского озера в позднем голоцене

6.1 Реконструкция этапов развития островных озер по пыльце макрофитов

Приводятся реконструкции развития озер на островах Лункулансаари и Валаам в позднем голоцене по данным динамики пыльцы макрофитов, смен литологического состава и результатам радиоуглеродного датирования. Также в разделе даны фотографии пыльцы макрофитов в отложениях озер. Выделено 3 этапа развития озер – залив Ладожского озера, изоляция и обособленное существование. Осадконакопление в оз. Зимняковском началось после начала изоляции от Ладоги, а в оз. Германовском – после окончательной изоляции водоема. Приведены реконструкции для озер, отложения которых содержат все три этапа развития, отражающие динамику содержания пыльцы водных растений на разных этапах развития озер. Выделение ассоциаций по пыльце макрофитов в донных отложениях затрудняется ее низким содержанием, но предпринята попытка выделить сообщества водных растений с опорой на обилие пыльцы макрофитов в отложениях и данные о современном распространении макрофитов в изучаемых островных озерах. В автореферате приведены примеры реконструкций для двух озер на каждом из островов – Ховатанлампи и Антониевское (рис. 8-11).

Остров Лункулансаари, оз. Куйккалампи. На *первом* этапе (*вторая половина суббореала*, >3350 кал. л. н.) оз. Куйккалампи являлось частью залива Ладожского озера Лункуланлахти, в котором накапливались опесчаненные глины. В заливе обитала довольно бедная водная растительность, представленная рдестами и горцем земноводным. На суше развивались сосновые леса с елью и березой. На *втором* этапе (*конец суббореала*) произошла регрессия Ладожского озера, повлекшая начало изоляции оз. Куйккалампи (3350 кал. л. н.). Обособление происходило постепенно по мере того, как оз. Куйккалампи теряло связь с Ладогой; осадконакопление происходило в условиях мелководного залива – формировались органогенные донные отложения (гиттии). Первоначальное резкое падение уровня Ладоги вызвало дестабилизацию озерного дна, что индицируется отсутствием пыльцы макрофитов. Околоводные экосистемы быстрее адаптируются к новым условиям, о чем говорит начало постепенного заселения берегов обособляющегося оз. Куйккалампи рогозом широколистным. На суше продолжали развиваться сосновые леса. На *третьем этапе* (*субатлантик*) после окончательной изоляции (2970 кал. л. н.) в оз. Куйккалампи продолжают накапливаться органогенные гиттии и формируется водная растительность. Повторно появляются рдесты и горец земноводный, формируются кубышковые (*Nymphea lutea*, *N. pumila*) и рогозовые (*Typha latifolia*) сообщества. Около 2000 кал. л. н. пыльца макрофитов вновь временно исчезает со спектров, однако литологический состав отложений остается неизменным, что свидетельствует об отсутствии существенных трансформаций в озере. Сохраняются сообщества рогоза широколистного. Около 1500 кал. л. н. формируются сообщества укореняющихся гидрофитов с плавающими листьями – группировки кубышки желтой, чуть позже появляется кубышка малая и кувшинка чисто-белая. Последние 700 лет связаны с существованием кувшинково-кубышковых сообществ, вокруг водоема активно формируется сплавина с вахтой трехлистной. Озеро олиготрофное, гумифицированное, с крайне низким содержанием органики, глубинами до 2,5-3 м и илистым дном (индикатор – кувшинка чисто-белая [Тетерюк, 2012]). На суше произрастают елово-березово-сосновые леса. В *настоящее время* это малый зарастающий водоем с мощной сплавиной и аапа-комплексами, растут кубышка желтая и ряска. На сплавине развиты вахтово-сфагновые сообщества. На суше растут сосновые леса с елью и березой.

Остров Лункулансаари, оз. Соккасенлампи. На *первом этапе* (конец суббореала, >2865 кал. л. н.), изучаемую территорию покрывали воды залива Лункуланлахти. На суше развивались еловые и сосновые леса, а в заливе произрастала характерная для «ладожского» периода [Vuorela et al., 2001] немногочисленная водная растительность – кувшинка чисто-белая и ежеголовники. Глубины в месте произрастания макрофитов до 3 м, присутствие кувшинки чисто-белой может свидетельствовать о повышенной трофности воды. На *втором этапе* (конец суббореала) произошла регрессия Ладожского озера и начало изоляции оз. Соккасенлампи (2865 кал. л. н.), что индицируется временным исчезновением пыльцы макрофитов. Как и в оз. Куйккалампи, берега практически сразу начинают заселяться рогозом широколистным. На *третьем этапе* (субатлантик, <2700 кал. л. н.) начинает формироваться водная растительность оз. Соккасенлампи. Пионером является частуха. Около 2500 кал. л. н. в озере формируются все группы макрофитов – погруженные, с плавающими листьями и прибрежные. Появляются группировки кувшинки чисто-белой, однако вскоре они сменяются кубышковыми (*Nuphar lutea*, *N. pumila*), рдестовыми и ежеголовниками сообществами. Встречается уруть. В период 2000-1500 кал. л. н. преобладают сообщества ежеголовников. Они сменяются кубышково-кувшинковыми (*Nymphaea candida*, *Nuphar pumila*) сообществами. Около 1000 кал. л. н. в бассейне начинают накапливаться торфянистые гиттии, активно происходит зарастание и заболачивание. По берегам растут частуха и рогоз широколистный, индикаторы повышенной трофности озера. Около 500 кал. л. н. отложения сменяются торфом, в озере преобладают кубышково-кувшинковые (*Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*) и рдестовые сообщества. Озеро неглубокое, до 3 м, с торфяно-илистым дном, олиго-мезотрофное. Климат более прохладный, на суше доминируют сосновые с елью и березой леса. В *настоящее время* водная растительность озера представлена кубышкой желтой, кувшинкой чисто-белой, рдестами, ежеголовниками и урутью. Обилие и разнообразие макрофитов свидетельствует об интенсивных процессах зарастания. На окружающей территории преобладают березово-сосновые леса с елью.

Остров Лункулансаари, оз. Ховатанлампи. На *первом этапе* (конец суббореала, >3000 кал. л. н.) изучаемую территорию покрывают воды Ладожского озера (рис. 10-11), накапливались опесчаненные алевриты. 3000 кал. л. н. произошла смена отложений на глинистую гиттию и резко возросло разнообразие и содержание пыльцы макрофитов – появились кубышки желтая и малая, рдесты, ежеголовники, рогозы узко- и широколистный по берегам. Это вероятно связано с понижением уровня воды и переходом к заливу Ладожского озера Лункуланлахти. На суше в это время развивались березово-сосновые и еловые леса. На *втором этапе* (начало субатлантика, 2090 кал. л. н.) началось обособление оз. Ховатанлампи от Ладожского озера. Дестабилизация озерной экосистемы также индицируется временным исчезновением пыльцы макрофитов, однако в спектрах сохраняется пыльца прибрежного рогоза широколистного, который быстро начал заселять берега других озер на о. Лункулансаари. Литологический состав отложений сменяется с глинистой гиттии на песок, а позднее – вновь на глинистую гиттию. К концу изоляции в озере появляются рдесты. На суше произрастают сосново-еловые леса, на освободившихся от воды территориях разрастаются березняки. *Третий этап* (субатлантик, <2000 кал. л. н.) связан с обособленным существованием оз. Ховатанлампи, начинают накапливаться мощные органогенные отложения – опесчаненные гиттии, а позднее – органогенные гиттии. В озере формируются кувшинково-кубышковые (*Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*) и рдестовые сообщества, по берегам растут группировки рогоза (*Typha angustifolia*). Около 1700 кал. л. н. отложения сменяются органогенными гиттиями, начинают преобладать сообщества кубышки (*Nuphar lutea*) и ежеголовников. Ближе к современности берега вновь заселяет рогоз широколистный, в Ховатанлампи обитает кувшинка чисто-белая. Верхняя часть донных отложений активно размывалась (последние 1500-1000 лет). На суше в разное время произрастают еловые, сосновые, березово-сосново-еловые и березово-елово-сосновые леса. В *настоящее время* в оз.

Ховатанлампи произрастают рдесты, ежеголовники, ряска; по берегам – частуха и рогоз широколистный. Обилие и разнообразие макрофитов свидетельствует об интенсивных процессах зарастания. На суше преобладают сосновые леса с елью.

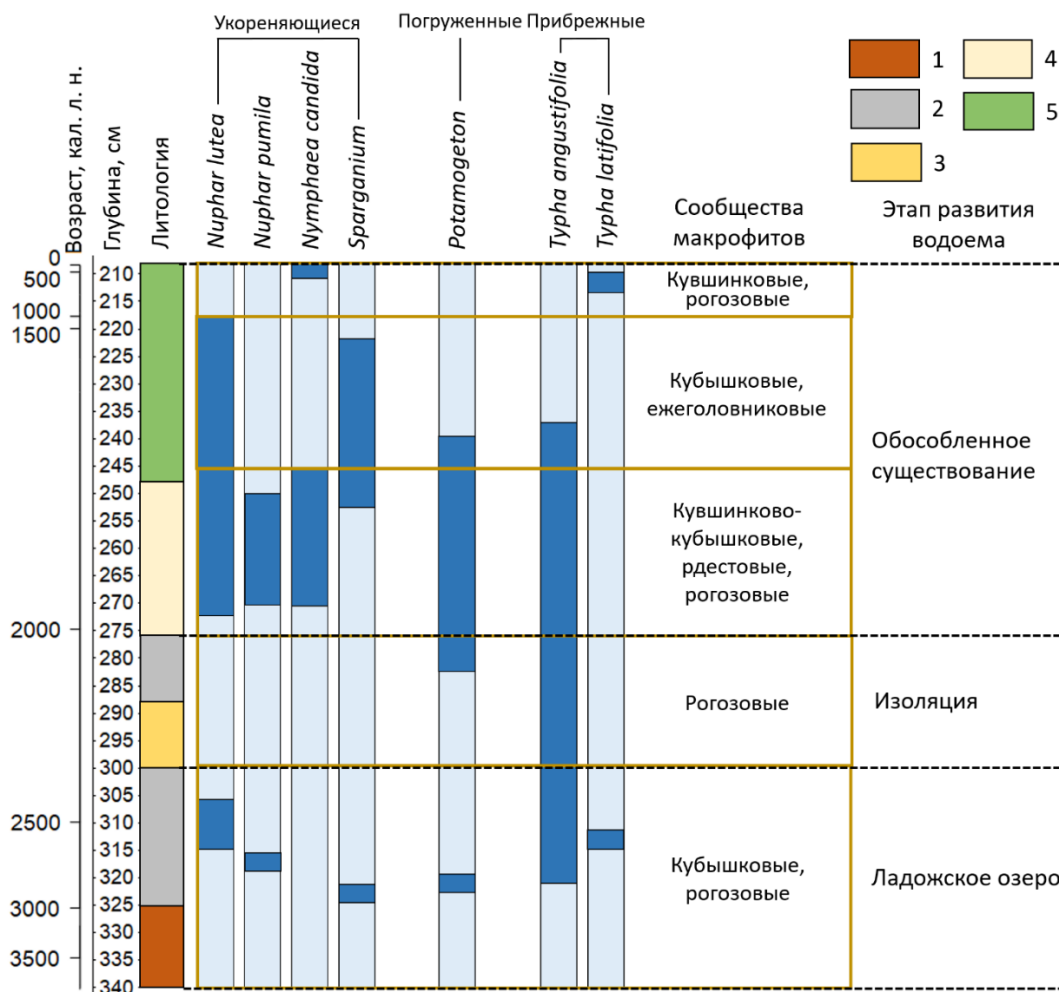


Рисунок 8 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Ховатанлампи на о. Лункулансаари. Условные обозначения: 1 – опесчаненный алеврит, 2 – глинистая гиттия, 3 – песок, 4 – опесчаненная гиттия, 5 – гиттия

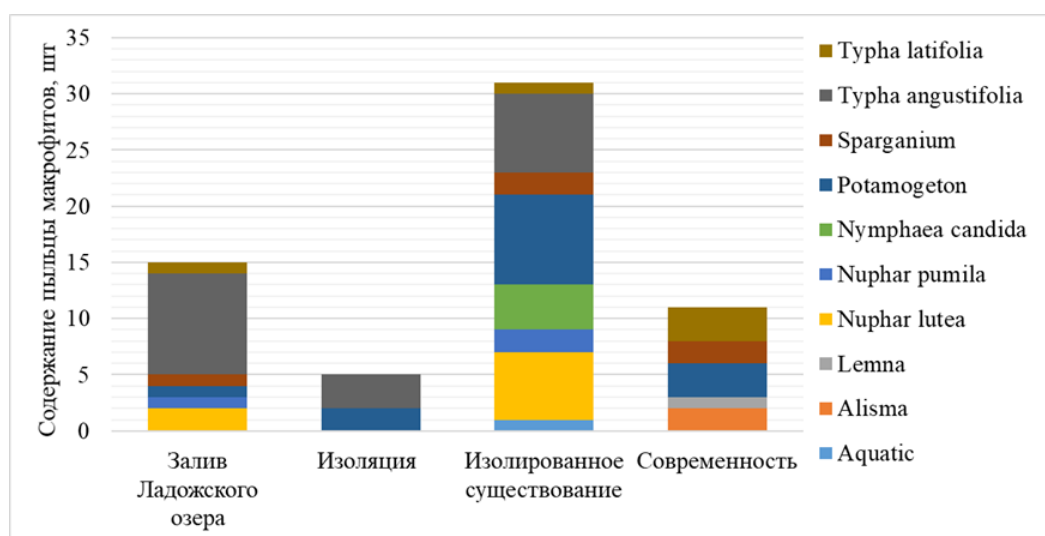


Рисунок 9 – Количественное содержание пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Ховатанлампи на о. Лункулансаари.

Остров Валаам, оз. Антониевское. *Первый этап (суббореал, >3050 кал. л. н.)* связан с существованием залива Ладожского озера. В то время как на суше произрастают сосновые и березово-сосновые леса, в водах залива на глубине до 4 м развивается характерная для «ладожского» периода [Vuorela et al., 2001] довольно бедная водная растительность, представленная рдестами (рис. 10-11).

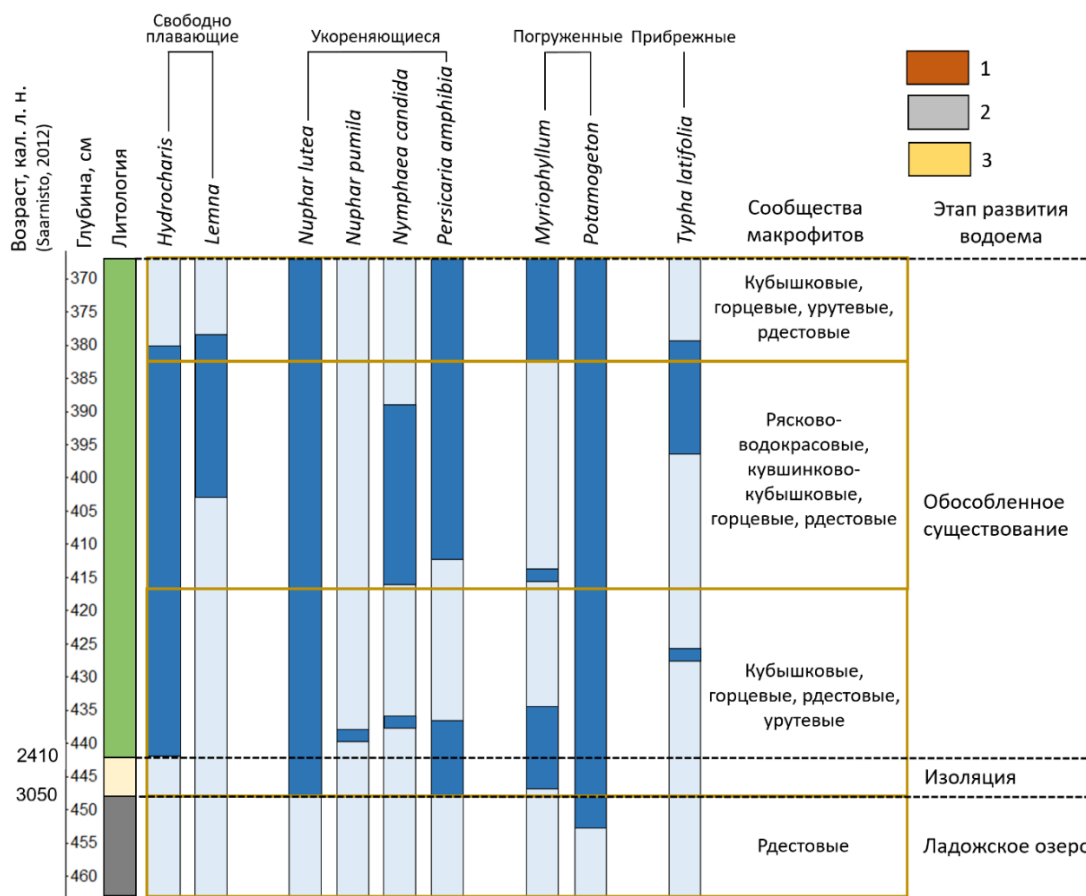


Рисунок 10 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Антониевского на о. Валаам. Условные обозначения: 1 – глина, 2 – опесчаненная гиттия, 3 – гиттия

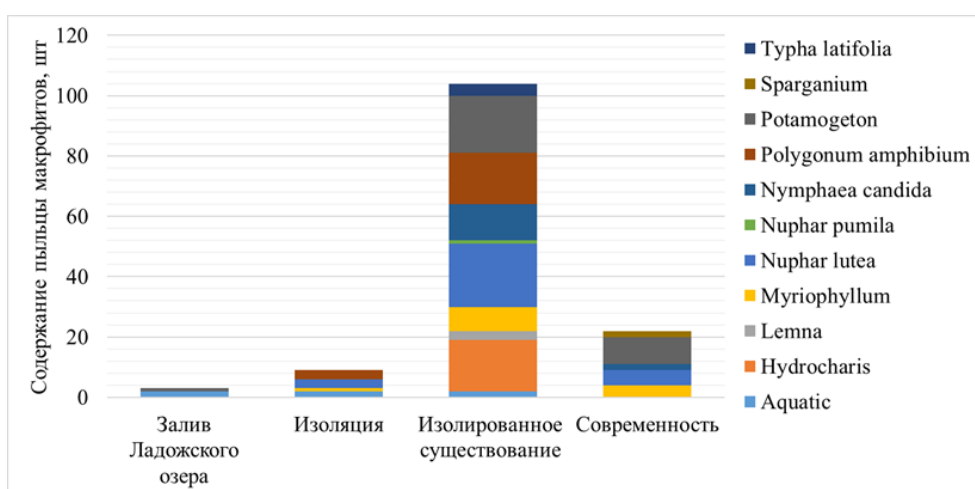


Рисунок 11 – Количественное содержание пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Антониевского на о. Валаам

На *втором этапе (конец суббореала)* происходит резкое падение уровня Ладоги, которое вызвало изоляцию оз. Антониевского, продолжавшуюся с 3050 по 2410 кал. л. н.

[2012]. Изоляция сопровождалась дестабилизацией озерной экосистемы, сменой литологического состава донных отложений с серой глины на опесчаненную гиттию. В котловине накопилось всего 5 см донных отложений, что свидетельствует об их активном размыве в ходе обособления и затрудняет реконструкцию динамики макрофитов. Водная растительность была представлена кубышкой желтой, горцем земноводным и урутью. На суше в это время развиваются елово-сосновые и сосновые леса. В период изоляции и на *третьем этапе* (субатлантик, <2410 кал. л. н.) водная растительность была представлена сообществами кубышки желтой, водокраса, горца земноводного, урути и рдестов. Встречались также кубышка малая, кувшинка чисто-белая. Озеро характеризовалось чистой водой с крайне низким содержанием органики. Позднее начинают преобладать кувшинково-кубышковые (*Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*), рдестовые, рясково-водокрасовые сообщества. Берега занимает рогоз широколистный. Усиливается эвтрофирование водоема, представлены все группы макрофитов. Ближе к современности доминируют сообщества кубышки желтой, горца земноводного, урути и рдестов. На суше в разное время преобладают сосновые, березово-сосновые, елово-сосновые и елово-березово-сосновые леса. В *настоящее время* оз. Антониевское – небольшой зарастающий водоем с рдестами, кубышкой желтой, урутью, вновь появившейся кувшинкой чисто-белой и ежеголовниками. На суше произрастают березово-сосновые леса с елью.

Остров Валаам, оз. Витальевское. На *первом этапе* (конец суббореала, >3095 кал. л. н) изучаемая территория была покрыта водами Ладожского озера, накапливались пески. По мере понижения уровня Ладоги и формирования мелководного залива отложения сменились опесчаненным алевритом. В водах Ладоги произрастали сообщества горца земноводного, которые по мере снижения уровня воды сменились рдестовыми, встречался ежеголовник (рис. 11). Глубины произрастания макрофитов до 4 м. На суше преобладали елово-сосновые леса. На *втором этапе* (конец суббореала) началась регрессия Ладоги и изоляция оз. Витальевского, продолжавшаяся с 3095 по 2900 кал. л. н. [2012]. Изоляция индицируется временным исчезновением пыльцы макрофитов. Она сопровождалась дестабилизацией озерной экосистемы и сменой литологического состава донных отложений с опесчаненного алеврита на алевритовую гиттию. Постепенно водоем начал вновь заселяться водными растениями, пионерным видом стала уруть. На суше произрастали елово-сосновые и сосново-еловые леса. На *третьем этапе* (субатлантик) оз. Витальевское начинает заселяться собственной водной растительностью. Формируются сообщества водокраса, горца земноводного, урути и рдестов. Появляются частуха, горец земноводный, ежеголовники, кувшинка чисто-белая. Возрастает роль кубышки желтой, уруть исчезает. Наступает период максимального развития водной растительности, в озере представлены все группы макрофитов – погруженные, свободно плавающие, укореняющиеся с плавающими листьями и прибрежные. Пыльца водокраса встречается в больших количествах, что свидетельствует об активном расселении этого вида. Водоем отличается илистым дном и относительной чистотой воды. По берегам растут группировки рогоза широколистного, встречается ирис ложноаировый. В третьем периоде среди водных растений отмечаются водокрас, ряска и рогоз широколистный. Ближе к современности площадь покрытия озера макрофитами сокращается, преобладают рясково-водокрасовые сообщества, которые по данным геоботанического описания развиты и сейчас. На суше в разное время преобладают елово-сосновые, сосновые, березово-сосновые и елово-березово-сосновые леса. В *настоящее время* озеро представляет собой небольшой зарастающий водоем, в котором растут частуха, ряска, кувшинка чисто-белая, рдесты и ежеголовники. На суше развиваются елово-березово-сосновые леса.

Выделенные этапы определяются динамикой более крупного водоема, Ладожского озера, трансгрессивно-регрессивные фазы которого влияют на уровень островных озер. Состав и обилие макрофитов на одном и том же этапе индивидуальны для каждого водоема, однако можно выделить ключевые виды-индикаторы (табл. 2). Меньшее видовое

разнообразие макрофитов в настоящее время объясняется высокой цветностью воды в связи с высоким содержанием гуминовых веществ в озерах [Газизова и др., 2023].

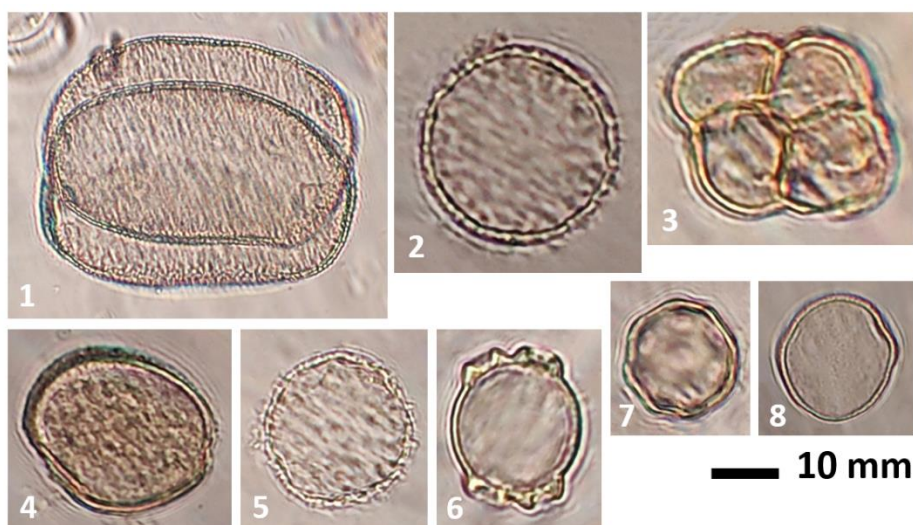


Рисунок 11 – Пыльца макрофитов, встреченная в колонке донных отложений оз. Витальевского (1 – *Iris pseudacorus*; 2 – *Stratiotes* sp.; 3 – *Typha latifolia*; 4 – *Nymphaea candida*; 5 – *Hydrocharis* sp.; 6 – *Myriophyllum* sp.; 7 – *Alisma* sp.; 8 – *Potamogeton* sp.)

Таблица 2 – Индикаторы этапов развития островных озер

Этап развития	Литология	Пыльца макрофитов
Залив Ладожского озера	Минеральные отложения (песок, глина)	<i>Potamogeton</i> , <i>Sparganium</i> , <i>Nymphaea candida</i>
Изоляция	Органо-минеральные отложения (песчаные, глинистые гиттии)	Вначале – временное исчезновение, затем – <i>Myriophyllum</i> , <i>Polygonum amphibium</i> , <i>Typha</i>
Изолированные озера	Органогенные отложения (гиттии)	Широкий спектр видов, включая <i>Nuphar</i> , <i>Myriophyllum</i> , <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> , <i>Potamogeton</i>
Современность	Илы	Менее широкий спектр видов, включая <i>Nuphar lutea</i>

6.2 Корреляция палинологических реконструкций с данными других анализов

В разделе приводится сопоставление реконструкций по данным палинологического анализа с результатами других анализов. Для отложений оз. Куйккалампи (о. Лункулансаари) были применены кладоцерный и ризоподный анализы, а сплавина изучалась ботаническим методом [Сапелко и др., 2026] (рис. 12). Донные отложения оз. Витальевского (о. Валаам) изучались диатомовым и литологическим методами [Сапелко и др., 2023] (рис. 13). Реконструкция оз. Соккасенлампи была соотнесена с результатами ботанического анализа торфяной залежи. Кладоцерный анализ был выполнен Пастуховой Ю.А. ризоподный анализ – Мазей Ю.А. и Цыгановым А.Н., диатомовый – Лудиковой А.В., литологический – Кузнецовым Д.Д., ботанический – Корнеенковой Н.Ю. и Мазей Н.Г. Корреляция разных комплексных подходов с палинологическими данными о пыльце макрофитов показала, что изучение динамики пыльцы макрофитов может применяться в рамках комплексных исследований донных отложений озер для уточнения периода изоляции и более точной реконструкции этапов развития водоемов в прошлом. Материалы ботанического анализа торфяных залежей озер Куйккалампи и Соккасенлампи позволили получить подробную реконструкцию заболачивания береговой зоны водоемов и формирования болота за последнее тысячелетие.

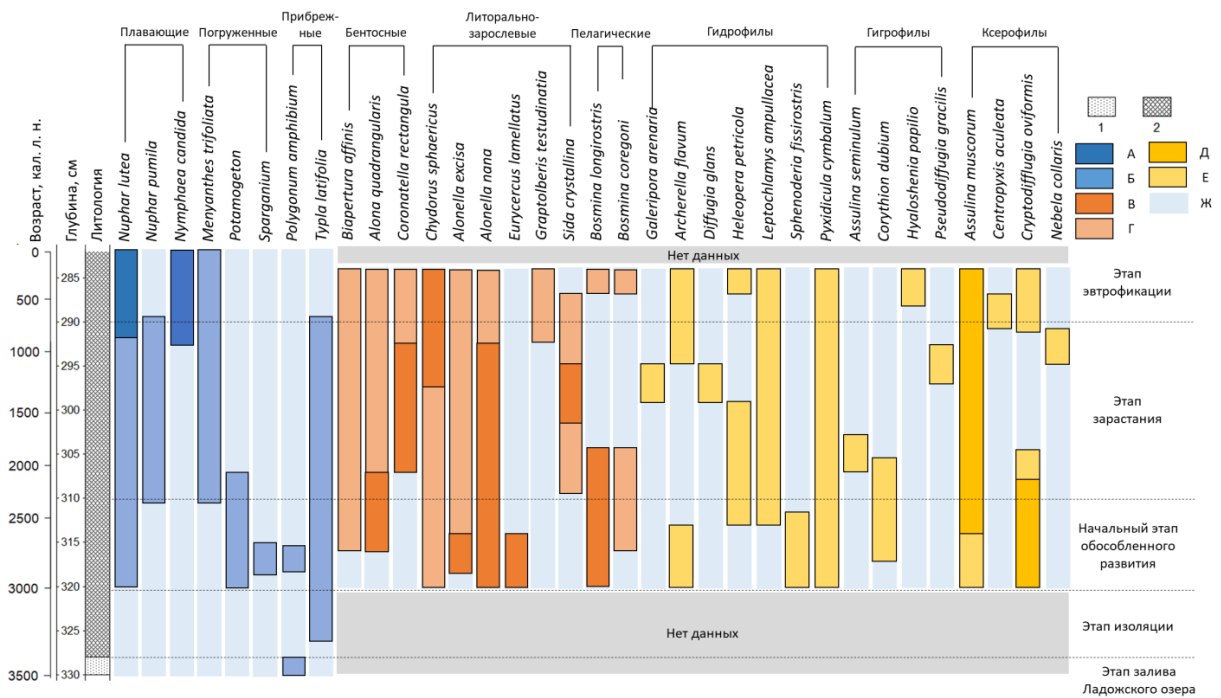


Рисунок 12 – Этапы развития оз. Куйкалампи по данным динамики макрофитов, кладоцер и раковинных амёб. Условные обозначения: 1 – гиттия; 2 – опесчаненная глина; А – макрофиты, высокое содержание пыльцы; Б – макрофиты, высокое содержание пыльцы; В – кладоцеры, высокое содержание остатков; Г – кладоцеры, низкое содержание остатков; Д – раковинные амёбы, низкое содержание створок; Е – раковинные амёбы, низкое содержание створок; Ж – отсутствие указанного вида (по [Сапелко и др., 2026])

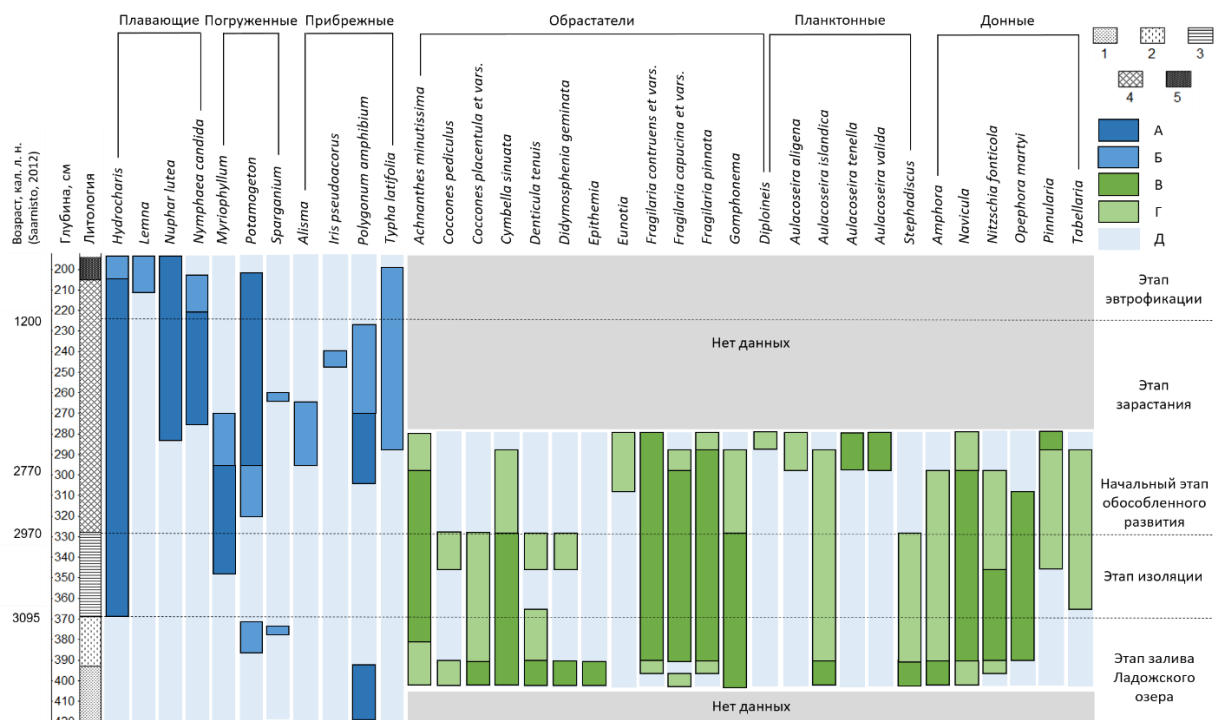


Рисунок 13 – Этапы развития оз. Витальевского по данным динамики макрофитов и диатомовых водорослей. Условные обозначения: 1 – песок, 2 – опесчаненный алеврит, 3 – алевритовая гиттия, 4 – гиттия, 5 – наилкок; А – макрофиты, высокое содержание пыльцы; Б – макрофиты, высокое содержание пыльцы; В – диатомеи, высокое содержание створок; В – диатомеи, высокое содержание створок; Г – диатомеи, низкое содержание створок; Д – отсутствие указанного вида (по [Сапелко и др., 2023])

6.3 Реконструкция изменений уровня Ладожского озера

Впервые получены представления о позднеголоценовых изменениях уровня Ладожского озера на территории о. Лункулансаари и дополнены существующие данные [Saarnisto, 2012] для о. Валаам (рис. 14) по данным палеореконокструкций (раздел 6.1.). Синей пунктирной линией отражен максимум Ладожской трансгрессии (~21 м), нижнее значение – современная высота Ладоги (~5 м). Для оз. Зимняковского имеются две радиоуглеродные даты: 2680±80 ВР (нижний слой глинистой гиттии) и 3010±100 ВР (верхний слой глинистой гиттии) [Saarnisto, 2012]. Из-за инверсии авторы приняли решение считать достоверной вторую дату (3170 кал. л. н.), по которой оз. Зимняковское (12,3 м н. у. м.) изолировалось раньше, чем начало отделяться оз. Антониевское (13 м н. у. м., 3050 кал. л. н.) и оз. Витальевское (10,8 м н. у. м., 3095 кал. л. н.) [Saarnisto, 2012]. Чтобы уравновесить разрыв во времени изоляции озер Зимняковское и Антониевское, на рисунок 14 была добавлена и первая дата (2780 кал. л. н.), отражающая время начало изоляции оз. Зимняковского.

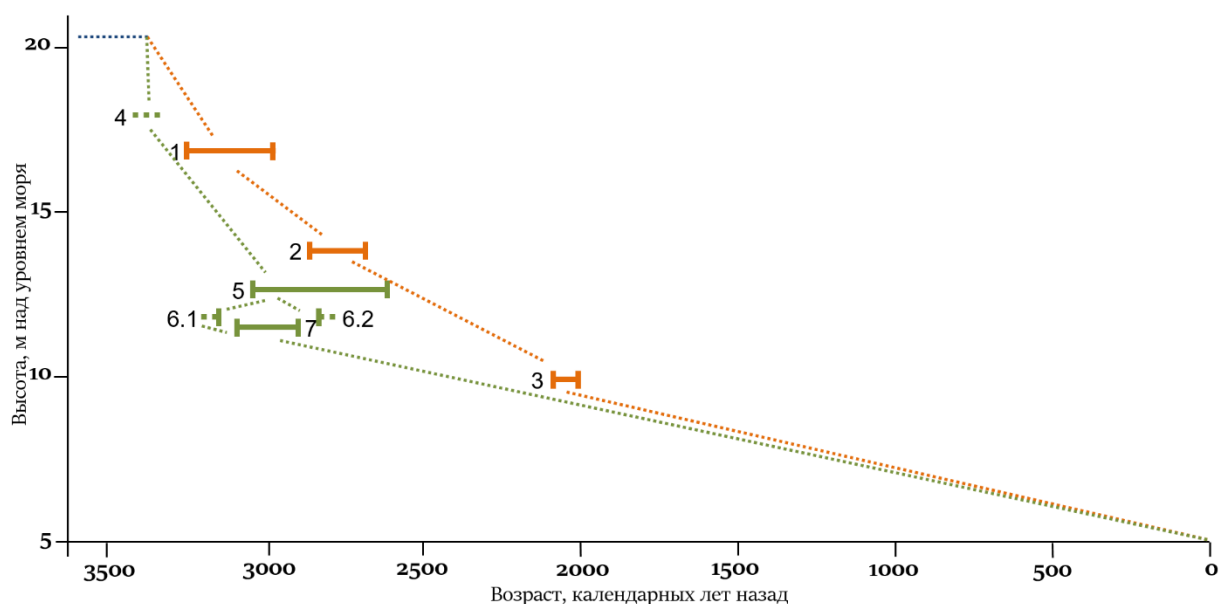


Рисунок 14 – Изменения уровня Ладожского озера на островах Лункулансаари (оранжевая линия) и Валаам (зеленая линия) по времени изоляции островных озер. Условные обозначения: 1 – оз. Куйккалампи; 2 – оз. Соккасенлампи; 3 – оз. Ховатанлампи; 4 – оз. Германовское; 5 – оз. Антониевское; 6 – оз. Зимняковское; 7 – оз. Витальевское

Отделение островных озер на о. Лункулансаари происходило последовательно в соответствии с их абсолютными высотами над уровнем моря, в то время располагавшимися ниже современных значений [Сапелко и др., 2018]: 3350-2970 кал. л. н. – оз. Куйккалампи (17 м н. у. м), 2865-2700 кал. л. н. – оз. Соккасенлампи (14 м н. у. м) и наконец 2090-2000 кал. л. н. – оз. Ховатанлампи (10 м н. у. м.). Изоляция заняла 100-300 лет. Данные по трем озерам позволяют предположить, что на о. Лункулансаари уровень Ладоги понизился на 10 м после прорыва Невы. Для о. Валаам наблюдается непоследовательная изоляция озер, расположенных на разных высотных отметках. Это может объясняться отсутствием собственных радиоуглеродных дат и вынужденной корреляцией с имеющимися [Saarnisto, 2012] и различиями в глубинах и положении озер в рельефе. Данные моделирования абсолютных высот озер [Сапелко и др., 2018] показывают, что на момент регрессии Ладоги озера на о. Валаам располагались на высотах 6,7-7 м, 5,5 м и 7,5 м н. у. м. соответственно. Изоляция заняла 200-600 лет и вероятно происходила следующим образом: оз. Германовское (18 м н. у. м), начало неизвестно–3170 кал. л. н. – оз. Зимняковское (12,3 м н. у. м), 3095-2900 кал. л. н. – оз. Витальевское (10,8 м н. у. м) и наконец 3050-2410 кал. л. н. – оз. Антониевское (13 м н. у. м.) [Saarnisto, 2012]. На о. Валаам уровень воды в Ладожском

озере понизился на 12–12,5 м после прорыва Невы [Saarnisto, 2012], в рамках данного исследования по четырем озерам охвачены почти 10 м. Несмотря на небольшие различия в абсолютной высоте отдельных озер на островах (оз. Куйккалампи и оз. Германовское – 17 и 18 м н. у. м. соответственно; оз. Соккасенлампи и озера Антониевское и Зимняковское – 14, 13 и 12,3 м н. у. м.; оз. Ховатанлампи и оз. Витальевское – 10 и 10,8 м н. у. м.), озера на о. Валаам изолировались от Ладоги раньше. Это связано с неравномерным изостатическим поднятием поверхности, что также объясняет существенную разницу между современными высотами озер и высотами на момент обособления [Сапелко и др., 2018].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Субрецентные СПС в целом адекватно отражают современный состав макрофитов и могут быть использованы для достоверной интерпретации палеоданных. На о. Лункулансаари пыльца доминанта в зарастании, кубышки желтой, представлена в СПС озер Куйккалампи (8% от содержания пыльцы трав) и Соккасенлампи (1%); в оз. Ховатанлампи отмечена пыльца одного из доминантов – рдеста (4%), пыльца также преобладающей кубышки не встречена. На о. Валаам отмечен высокий уровень сходства между СПС и современной водной растительностью двух водоемов – для оз. Антониевского значения качественных индексов Жаккара и Серенсена-Чекановского составляют 0,60 и 0,75 соответственно; для оз. Зимняковского наблюдается высокое значение количественного индекса Брея-Кертиса (0,76). В СПС всех озер на о. Валаам представлены почти все доминирующие по площади зарастания на момент изучения виды макрофитов.

2. Развитие лесного покрова на островах Лункулансаари и Валаам в позднем голоцене определяется климатическими и антропогенными факторами. Полученные реконструкции отражают общую тенденцию смены лесных сообществ в позднем голоцене – переход от распространенных в суббореальном периоде елово-сосновых лесов к березово-сосновым лесам, доминирующим с середины субатлантического периода по настоящее время. Постепенное похолодание климата привело к сокращению роли ели и теплолюбивых широколиственных пород в составе леса. Антропогенная деятельность получила максимальное развитие во второй половине субатлантического периода. Пожары и вырубки лесов обусловили широкое распространение березы и усилили сокращение ели; на о. Лункулансаари они начались около 1800 лет назад. Появление пыльцы культурных злаков на островах Лункулансаари и Валаам отмечается в последнее тысячелетие и подтверждает активную аграрную деятельность в это время. Ранняя находка пыльцы гречихи в отложениях оз. Витальевского свидетельствует о начале земледелия после завершения изоляции, что подтверждается другими исследованиями. Подсечно-огневое земледелие на о. Валаам активно велось в последнее тысячелетие.

3. В донных отложениях изученных островных озер представлены основные этапы озерного развития в позднем голоцене, определяемые трансгрессивно-регрессивными фазами Ладожского озера: залив Ладоги, изоляция, обособленное существование. Состав макрофитов в водоемах на одном и том же этапе индивидуален, однако можно выделить ключевые индикаторы среди водных растений; каждый этап также характеризуется определенными литологическими отложениями. Во время существования Ладожского озера накапливаются минеральные отложения (песок, глина, алевролит); встречается пыльца рдестов, ежеголовников, кувшинки чисто-белой. На этапе изоляции донные отложения имеют переходный от минеральных к органическим характер; пыльца макрофитов временно исчезает с палиноспектров, затем вновь появляется; видами-пионерами являются рогоз широколистный, уруть, горец земноводный. В период изолированного существования озер накапливаются гиттии; встречается широкое разнообразие пыльцы макрофитов, преимущественно обитателей мелководных водоемов (кубышки, уруть, водокрас лягушачий, рдесты). В настоящее время накапливаются органогенные илы, наиболее часто встречающимся видом является кубышка желтая, состав макрофитов определяется трофическим статусом и степенью зарастания водоема.

4. Изоляция островных озер и структурные перестройки водной системы индицируется временным снижением разнообразия или полным исчезновением пыльцы макрофитов с пыльцевых спектров. После стабилизации водоем начинает заселяться водными растениями. Таким образом, динамика содержания пыльцы макрофитов может использоваться в качестве отдельного дополнительного индикатора при изучении колебаний уровня водоемов. Корреляция результатов палинологического анализа с другими анализами (диатомовым, ризоподным, кладоцерным, литологическим) подтверждает индикаторную роль пыльцы водных растений.

5. Получены новые данные о позднеголоценовых изменениях уровня Ладожского озера на территории о. Лункулансаари, дополнены существующие реконструкции для о. Валаам. Изоляция озер на о. Лункулансаари происходила последовательно в соответствии с их абсолютными высотами над уровнем моря: 3350-2970 кал. л. н. – оз. Куйккалампи (17 м н. у. м), 2865-2700 кал. л. н. – оз. Соккасенлампи (14 м н. у. м) и наконец 2090-2000 кал. л. н. – оз. Ховатанлампи (10 м н. у. м.). На о. Лункулансаари уровень Ладоги понизился на 10 м после прорыва Невы. На о. Валаам выявлена непоследовательная изоляция озер: оз. Германовское (18 м н. у. м), начало неизвестно–3170 кал. л. н. – оз. Зимняковское (12,3 м н. у. м), 3095-2900 кал. л. н. – оз. Витальевское (10,8 м н. у. м) и наконец 3050-2410 кал. л. н. – оз. Антониевское (13 м н. у. м.) Это может объясняться отсутствием собственных радиоуглеродных дат; изостатическим поднятием территории острова; различиями в глубинах и положении озер в рельефе.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций

1. **Gazizova T.Yu.**, Sapelko T.V., Korneenkova N.Yu. The role of macrophytes in the study of north-eastern Ladoga small island lakes evolution during the Holocene // *Limnology and Freshwater Biology*. – 2020. – №4. – P. 459-460.

2. **Gazizova T.Yu.**, Sapelko T.V., Rusanov A.G. The dynamics of macrophytes in Lake Vitalievskoye (Valaam Island, Russia) after level changes of Lake Ladoga during the Late Holocene // *Limnology and Freshwater Biology*. – 2022. – № 4. – P. 1423-1425.

3. Сапелко Т.В., Газизова Т.Ю., Моисеенко А.Д., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Русанов А.Г. Особенности процесса изоляции озера Витальевское (остров Валаам) и динамика растительности в связи с изменением уровня Ладожского озера в позднем голоцене // *Геоморфология и палеогеография*. – 2023. – Т. 54, № 4. – С. 72-89.

4. **Gazizova T.**, Sapelko T. Macrophyte pollen in the Late Holocene history studies of the Ladoga island lakes // *Journal of Paleolimnology*. – 2024. – Vol. 72, №4. – P. 419-428.

5. Sapelko T.V., Lapenkov A.E., Guzivaty V.V., Karetnikov S.G., **Gazizova T.Yu.**, Ignatyeva N.V., Kuznetsov D.D., Rusanov A.G. Features of unique lakes development on the Kurgalsky Peninsula in the southeast Baltic Sea based on the results of interdisciplinary research // *Geography Environment Sustainability*. – 2025. – Vol. 18, №1. – P. 65-74.

6. Сапелко Т.В., Газизова Т.Ю., Мазей Н.Г., Цыганов А.Н., Пастухова Ю.А., Комаров А.А., Корнеенкова Н.Ю., Мазей Ю.А. Динамика растительности и экосистемы островного озера в регрессивной стадии Ладоги в позднем голоцене (по данным комплексного анализа отложений озера Куйккалампи на острове Лункулансаари) // *Геоморфология и палеогеография*. – 2026. – № 1. – С. 195-213.

Публикации в других изданиях

1. **Газизова Т.Ю.**, Сапелко Т.В. Водные растения малых озер в палинологических реконструкциях голоцена на северо-востоке Ладожского озера // *Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием «Динамика экосистем в голоцене»* / Отв. ред. А.Б. Савинецкий. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2019. – С. 66-69.

2. **Газизова Т.Ю.**, Сапелко Т.В. Обоснование значения пыльцы макрофитов для палеолимнологических реконструкций на примере озер острова Лункулансаари (северо-восток Ладожского озера) // Биосфера. – 2020. – Т.12, № 4. – С. 231-241.
3. **Газизова Т.Ю.**, Сапелко Т.В. Динамика водной растительности озера Ховатанлампи (северо-восток Ладожского озера) // Материалы Международной конференции «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность». – Севастополь, 2021. – С. 237-238.
4. **Газизова Т.Ю.**, Сапелко Т.В. Роль пыльцы макрофитов в палеолимнологических исследованиях оз. Ховатанлампи // Материалы II Всероссийской научной конференции «Пути эволюционной географии». – М.: Институт географии РАН, 2021. – С. 73-76.
5. **Газизова Т.Ю.**, Сапелко Т.В. Позднеголоценовая растительность острова Валаам (северная часть Ладожского озера) по палинологическим данным оз. Витальевского // Материалы XV Всероссийской палинологической конференции «Актуальные проблемы современной палинологии» / Отв. редактор Н. С. Болиховская. Редактор-составитель Д. А. Мамонтов. – Москва: МГУ им. М.В. Ломоносова, ГЕОС, 2022. – С. 119-124.
6. **Газизова Т.Ю.**, Русанов А.Г., Сапелко Т.В. Характеристика водной растительности озер о. Валаам (Ладожское озеро) по палинологическим и геоботаническим данным / Материалы II Международной конференции «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность». – Севастополь, 2022. – С. 82-83.
7. **Gazizova T.**, Sapelko T. Macrophyte pollen in the lakes history studies / Theses of International Conference IAL IPA 2022 «Lake, Memories of the landscapes». – 2022. – P.97.
8. **Газизова Т.Ю.**, Русанов А.Г., Сапелко Т.В. Оценка сходства видового состава макрофитов современной водной растительности и субрецентных спорово-пыльцевых спектров малых озер на острове Валаам (Ладожское озеро) // Труды Карельского научного центра РАН. Серия Лимнология и океанология. – 2023. – № 6. – С. 73-83.
9. **Газизова Т.Ю.**, Сапелко Т.В. Динамика развития наземной и водной растительности на острове Валаам (север Ладожского озера) в позднем голоцене по палинологическим данным озера Антониевское // Микрорепалеонтология: фундаментальные проблемы и вклад в региональное геологическое изучение недр. Труды XVIII Всероссийского микрорепалеонтологического совещания. – 2023. – С. 294-298.
10. **Газизова Т.Ю.**, Сапелко Т.В. Позднеголоценовые этапы развития озер на острове Валаам по данным пыльцы макрофитов // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Лимнология в России» / Коллектив авторов, РАН. – СПб: РАН, 2024. – С. 120-121.
11. **Gazizova T.**, Sapelko T. Macrophyte pollen as indicator of lake-ecosystems changes in the past // Theses of 7th Open Science Meeting «PAGES 2025». – 2025. – P. 762-764.
12. **Gazizova T.**, Sapelko T. Lake sedimentation features on Valaam Island (Lake Ladoga, NW Russia) in the Late Holocene according to macrophyte pollen data // Abstract book of 38th IAS Meeting «Sedimentology on the Estuary shore» / J. A. Morales, B. M. Carro, C. Cantero, D. Amador-Luna (eds.). – 2025. – P. 451.
13. **Газизова Т.Ю.**, Куприянов Д.А., Сапелко Т.В. Свидетельства антропогенной деятельности на острове Валаам в позднем голоцене по данным палинологического и палеоантракологического анализов // Материалы XVI Всероссийской палинологической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения В.Н. Сукачева «Палинология в XXI веке» / Отв. редакторы Е.Ю. Новенко и Н.С. Болиховская. – М.: Институт географии РАН, 2025. – С. 80-83.
14. **Газизова Т.Ю.**, Корнеев Н.Ю., Сапелко Т.В. Позднеголоценовая история озера Соккасенлампи (остров Лункулансаари, Ладожское озеро) по данным палинологического и ботанического анализов // Материалы VII Всероссийской научной конференции с международным участием «Динамика экосистем в голоцене» / Отв. ред. С.В. Копытов. – Пермь: Тов-во научн. изданий КМК, 2025. – С. 93-97.

15. Сапелко Т.В., Русанов А.Г., **Газизова Т.Ю.**, Василюк В.А., Куцай А.А., Ямпольский М.В. Палеолимнологические исследования на острове Валаам в Ладожском озере // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. – 2025. – Вып. 12. – С. 482-488.