

Институт озероведения Российской академии наук
Обособленное структурное подразделение Федерального государственного
бюджетного учреждения науки СПб ФИЦ РАН

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата географических наук

Научный руководитель
Кандидат географических наук
Сапелко Татьяна Валентиновна

Санкт-Петербург 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	13
1.1 Понятие и особенности распределения макрофитов в водоемах	13
1.2 Использование макрофитов в палеолимнологических исследованиях.....	18
1.3 Ладожская трансгрессия.....	26
1.4 Палинологическая изученность Ладожского озера, островных озер в его акватории и северного Приладожья	27
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОВОВ В АКВАТОРИИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА.....	43
2.1 Остров Лункулансаари.....	44
2.2 Остров Валаам.....	46
ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	50
ГЛАВА 4. ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТРОВНЫХ ОЗЕР ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА.....	64
ГЛАВА 5. ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСТРОВАХ ЛУНКУЛАНСААРИ И ВАЛААМ.....	83
ГЛАВА 6. РЕКОНСТРУКЦИЯ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ.....	105
6.1 Реконструкция этапов развития островных озер и по пыльце макрофитов.....	105
6.2 Корреляция палинологических реконструкций с данными других анализов....	122
6.3 Реконструкция изменений уровня Ладожского озера.....	131
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	135
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	137

ВВЕДЕНИЕ

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, Корнеева, 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, Sznell, 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 палеореконовструкций 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, Корнеенкова, 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 датировок 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. Картограммы 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 подсечно-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 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., 2024]. 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).

Публикации по теме исследования

Работы, опубликованные в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. **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. УБС 1, RSCI, ИФ РИНЦ 0,523.

2. 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. Scopus Q2, RSCI, ИФ РИНЦ 0,755.

3. 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. Scopus Q2, RSCI, ИФ РИНЦ 0,755.

Публикации в других научных журналах, входящих в мировые (Web of Science и/или Scopus) и российские (РИНЦ, RSCI) базы данных научных публикаций:

1. **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. RSCI, ИФ РИНЦ 0,701.

2. **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. Scopus, ИФ РИНЦ 0,331.

3. **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. Scopus, ИФ РИНЦ 0,331.

4. **Gazizova T.**, Sapelko T. Macrophyte pollen in the Late Holocene history studies of the Ladoga island lakes // Journal of Paleolimnology. – 2024. – № 72(4). – P. 419-428. WoS Q2 / Scopus Q2.

5. 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. – Выпуск 12. – С. 482-488.

Публикации в материалах конференций:

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. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. **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.

10. **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.

11. **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.

12. **Газизова Т.Ю.**, Корнеевкова 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.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 153 страницы включает введение, 6 глав, заключение, 50 рисунков, 9 таблиц, список литературы из 165 наименований, 73 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, Корнеевковой 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.

Работа выполнялась в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по темам № FMNG-0154-2019-0001 «Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоемов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов» и FMNG-0154-2024-0001 «Экосистемы Ладожского озера, водоемов его бассейна и прилегающих территорий в условиях воздействия природных и антропогенных факторов на фоне климатических изменений». Методика также отработывалась на озерах, изученных в рамках гранта РФФИ № 23-27-00128 «Реконструкция динамики макрофитов разнотипных озер Кургальского полуострова (современное состояние и голоценовая история)».

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Понятие и особенности распределения макрофитов в водоемах

В литературе у термина «макрофиты» существует несколько определений. По Распопову И.М. [1985] макрофитами являются «макроскопические растительные организмы вне зависимости от их систематического положения, установление родовой (видовой) принадлежности которых не требует применения оптических приборов с большим увеличением». Схожее толкование приводится в Словаре ботанических терминов [1984]. Согласно Геологическому словарю [1978], макрофитами можно считать «крупные многоклетчатые водоросли (зеленые, бурые, красные) и морские цветковые растения (травы)». По ГОСТ 30813-2002 [2004] макрофиты являются синонимом к высшим водным растениям. В Экологическом энциклопедическом словаре [1989] это растения сравнительно больших размеров (главным образом высшие водные растения), образующие ряд экологических группировок в водоеме:

1) макрофиты с плавающими листьями (кувшинка, кубышка, водокрас, рдест плавающий, сальвиния, ряска, водяной орех и др.);

3) подводные макрофиты (рдесты, элодея, роголистник, уруть и др.);

2) прибрежно-водные макрофиты (тростник, рогоз, аир, ежеголовник и др.).

В данном исследовании под макрофитами будут подразумеваться высшие водные и прибрежно-водные растения, участвующие в формировании приведенных группировок.

Водные растения в зависимости от вида плавают на поверхности или погружены в толщу воды. Плавающие макрофиты не имеют корней и плавают на поверхности воды; погруженные растения закрепляются корнями в грунте, а листья выносят над поверхностью воды. Макрофиты предпочитают эвтрофированные озера, мелкие заводи и береговые линии; озера с каменистым или гравийным дном и низким уровнем биогенных вещества являются неблагоприятными для их произрастания.

В избыточном количестве водная растительность способствует эвтрофикации и зарастанию озер, что является закономерным этапом сукцессии водных экосистем. По мере заполнения озерной котловины терригенными наносами и продуктами жизнедеятельности живущих в озере организмов, создаются оптимальные условия для произрастания макрофитов, расположенных концентрическими поясами (рисунок 1) [Давыдов, 1955; Давыдов и др., 1973; Кудряшов, Садчиков, 2005]. Каждой зоне соответствует определенная глубина в зависимости от прозрачности воды и определенный тип донных отложений [Кудряшов, Садчиков, 2005]. В первой зоне (периодически обсыхающее мелководье; осоковый или смешанно-травяной торф) растут заросли

крупных осок, ситняга, вахты, частухи, стрелолиста, кизляка, ежеголовника, камыша озерного и др. Во второй зоне (до глубины 3 м; тростниковый, камышовый или хвощовый торф) растут высокие заросли тростника, камыша, хвоща и др. В третьей зоне (до глубины 5 м; сапропелевый торф – темный торфяной ил с остатками корневищ и других крупных частей растений) обитают растения с плавающими на поверхности воды листьями – кувшинки, кубышки, водяной орех, рдест плавающий. В четвертой зоне (пояс погруженных растений, заполняющий стеблями и листьями всю толщу воды) обитают уруть, роголистник, широколистные рдесты. В пятой зоне (подводные луга из растений, не достигающих поверхности воды) растут водоросли и некоторые узколистные рдесты. В последних зонах откладывается сапропель (гиттия).

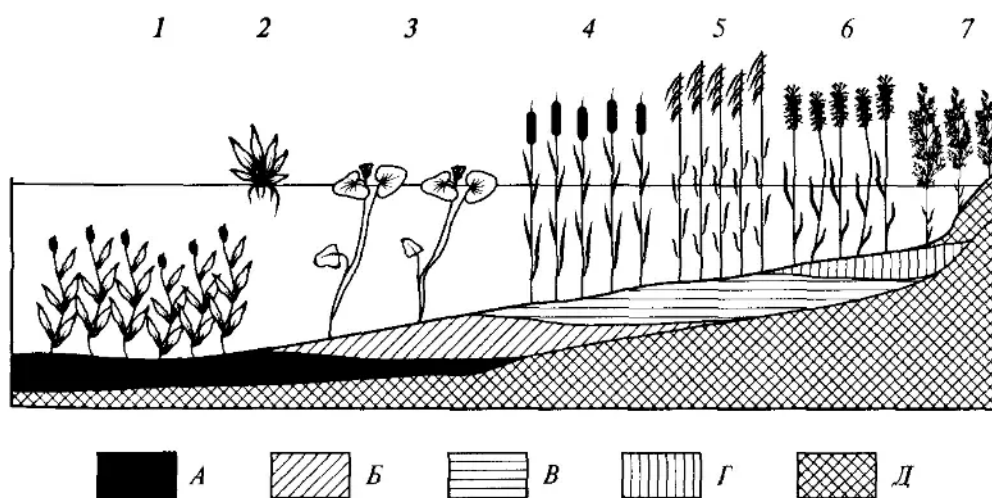


Рисунок 1 – Водная и прибрежно-водная растительность и соответствующие ей донные отложения в зарастающем озере по [Кудряшов, Садчиков, 2005]. Условные обозначения: 1 – рдесты; 2 – телорез; 3 – кувшинка белая; 4 – рогоз; 5 – тростник; 6 – осоки; 7 – вейник; А – сапропель (гиттия), Б – сапропелевый торф, В – тростниковый, хвощовый и камышовый торф, Г – осоковый и смешанно-травяной торф, Д – минеральный грунт

Отмирая, остатки растений оседают в пределах своей зоны, что способствует накоплению ила и обмелению озера [Давыдов и др., 1973; Кудряшов, Садчиков, 2005]. По мере того, как глубина зоны уменьшается, создаются неблагоприятные условия для произрастающих в ней растений. В результате одна растительная 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, когда с берега к середине водоема по поверхности воды наплывает слой мхов и сосудистых растений [Давыдов и др., 1973; Кудряшов, Садчиков, 2005]. Пионерами формирования сплавины являются сабельник, белокрыльник, вахта. В богатых питательными веществами водоёмах сплавина состоит из зелёных мхов, камыша, рогоза, вахты и других корневищных растений; в бедных

питательными веществами – в основном из сфагновых мхов [Давыдов и др., 1973]. Сплавина разрастается как в толщину, так и вглубь водоема; отмершие растительные остатки оседают на дно и постепенно заполняют котловину. Развитие сплавин характерно для озер со слабой минерализацией.

В пределах каждого водоема растительные сообщества имеют свои индивидуальные особенности, отличаясь флористическим составом, обилием, занимаемой площадью и распределением по территории. Большую роль в этом играют температурный и световой режим водоема, гидрологические, гидрохимические, морфометрические показатели водоема и другие факторы [Садчиков, Кудряшов, 2005]. Они определяют тип условий, благоприятных для существования тех или иных сообществ прибрежно-водной растительности.

Таким образом, макрофиты могут служить индикаторами определенных условий водной среды (сапробности, трофности, глубины водоема) или сигнализировать о антропогенных или естественных изменениях в водоеме (таблица 1). В таблице приводятся особенности произрастания макрофитов, пыльца которых была встречена в донных отложениях изученных островных озер. По отношению к сапробности (степени обогащения водоемов органическими веществами) у водоемов выделяют четыре зоны: поли-, α -мезо-, β -мезо- и олигосапробную, причем в одном и том же водоеме могут быть участки с разной сапробностью [Садчиков, Кудряшов, 2005]. Полисапробная зона богата органикой – она характеризуется обилием сложных биохимических соединений, отсутствием свободного кислорода и восстановительным характером биохимических процессов. Близка к полисапробной, но отличается присутствием свободного кислорода α -мезосапробная зона. Отличается от предыдущих преобладанием окислительных процессов над восстановительными β -мезосапробная зона, в летний период благодаря интенсивному фотосинтезу водных растений она бывает перенасыщена кислородом; органических веществ крайне мало. Олигосапробная зона полностью свободна от органического загрязнения и перенасыщена кислородом.

По отношению к трофности выделяют олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные и дистрофные водоемы [Садчиков, Кудряшов, 2005]. Олиготрофные водоемы характеризуются большой глубиной, высокой прозрачностью, присутствием кислорода в толще воды в течение всего года, бедностью донных отложений органическим веществом, бедным видовым составом водной растительности (преобладают водяной мох фонтиналис, полушник озерный, тростник обыкновенный и др.). Мезотрофные водоемы отличаются промежуточными между олиготрофными и эвтрофными признаками.

Таблица 1 – Особенности макрофитов по отношению к условиям среды (Примечание: *o* – олигосапробы, *β* – *β*-мезосапробы, *β-o* – *β*-мезо-олигосапробы) [Sladecsek, 1963; Кокин, 1982; Гигевич и др., 1999; 2001; Иллюстрированный определитель..., 2002; Кудряшов, Садчиков, 2005; Курочкина и др., 2013; Капитонова, Николаенко, 2021]

Макрофит	Сапробность водоема	Трофность водоема	Местообитание	Занимаемая глубина	Особенности
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	–	–	Берега водоемов, мелководья, болота, болотистые луга	Мелководье, до 50 см	Свидетельствует об антропогенном воздействии и эвтрофировании
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	<i>o</i> и <i>β</i>	Олиго- и мезотрофный	Берега зарастающих озер со стоячей и медленно текущей водой	до 300 см	Индикатор чистой воды
<i>Iris psaudacorus</i>	–	–	Берега озер, болот, рек, болотистые луга	Мелководье	–
<i>Lemna minor</i>	<i>β</i>	Мезотрофный	Водоемы со стоячей и медленно текущей водой	до 70-100 см	Индикатор эвтрофирования и сельскохозяйственного загрязнения
<i>Myriophyllum</i>	<i>o</i> / <i>β</i> (зависит от вида)	Олиго- / мезотрофный	Водоемы со стоячей и медленно текущей водой	до 200 см	<i>M. alterniflorum</i> – индикатор чистоты и олиготрофии воды. <i>M. spicatum</i> свидетельствует об антропогенном воздействии
<i>Nuphar pumila</i>	–	Олиго- и мезотрофный	Водоемы со стоячей и медленно текущей водой	до 250 см	Может говорить об органическом загрязнении
<i>Nuphar lutea</i>	<i>β-o</i>	Мезо-, эвтрофный, дистрофный	Водоемы со стоячей и медленно текущей водой	до 300 см	–
<i>Nymphaea candida</i>	<i>β-o</i>	Мезотрофный	Водоемы со стоячей и медленно текущей водой	до 250 см	Растет в богатых питательными веществами эвтрофных водоемах с илистыми или торфяно-илистыми грунтами
<i>Polygonum amphibium</i>	<i>β</i>	–	Водоемы со стоячей и медленно текущей водой	до 300 см	–

Продолжение Таблицы 1 – Особенности макрофитов по отношению к условиям среды

Макрофит	Сапробность водоема	Трофность водоема	Местообитание	Занимаемая глубина	Особенности
<i>Potamogeton</i>	$\beta / \beta-o$ (зависит от вида)	Олиго- / мезотрофный	Водоемы со стоячей и медленно текущей водой	до 400 см	<i>P. natans</i> — индикатор органического загрязнения и эвтрофирования водоёма
<i>Scirpus</i>	–	Мезо- и эвтрофный	Берега озер, мелководья	до 100 см	–
<i>Sparganium</i>	–	Мезо-, эвтрофный, дистрофный	Мелководья и глубокие места, берега озер, заводей рек, болот (зависит от вида)	20- 300 см	–
<i>Stratiotes</i>	–	Мезотрофный	Озера, реже болота	до 300 см	Свидетельствует об антропогенном воздействии
<i>Typha angustifolia</i>	–	Мезо- и эвтрофный	Берега озер, мелководья	до 150 см	–
<i>Typha latifolia</i>	–	Мезо- и эвтрофный	Берега озер, травяных болот, мелководья	до 150 см	Может указывать на эвтрофирование водоёма

Эти водоемы имеют глубину до 5-30 м, среднюю прозрачность воды (1-4 м), дефицит кислорода в придонных слоях воды, более разнообразную водную растительность (доминируют харовые водоросли, элодея, широколистные рдесты, роголистник). Эвтрофные водоемы характеризуются высокой биологической продуктивностью, небольшой глубиной, прозрачностью 0,5-2 м, обильным поступлением биогенных элементов с водосбора, частым «цветением» в летний период, кислородом в поверхностном слое воды, развитой водной и прибрежно-водной растительностью с преобладанием всех экологических групп (надводных, наводных и погруженных). В слабоэвтрофных озерах доминируют полупогруженные (тростник, рогоз, камыш) и подводные (элодея, роголистник, рдесты и др.) растения; в сильно эвтрофированных – погруженные макрофиты (в основном рдесты). Дистрофные водоемы отличаются слабой минерализацией воды, высоким содержанием гуминовых веществ, богатством органикой, низкой прозрачностью, торфянистыми или песчаными донными отложениями, широким распространением зарослей прибрежной растительности и почти полным отсутствием настоящих гидрофитов.

1.2 Использование макрофитов в палеолимнологических исследованиях

Как объекты изучения современного состояния водоемов, макрофиты имеют ряд преимуществ [Вейсберг, 1999]. Во-первых, довольно крупные размеры способствуют относительно легкой идентификации. Во-вторых, таксономическое разнообразие, степень развития, жизненность и отклонения в росте растений позволяют сделать выводы о состоянии водоема ещё при рекогносцировочном обследовании озера. В-третьих, хотя макрофитам и свойственна консервативность по отношению к кратковременным изменениям среды, направленные многолетние изменения могут свидетельствовать о трансформации озерной экосистемы. Это делает макрофиты и их пыльцу, оседающую в донных отложениях, ценным источником информации о динамике водоема в прошлом.

Большинство палинологических исследований, посвященных реконструкциям климата и растительности в голоцене, рассматривают динамику пыльцы наземных растений, так как они отражают региональные условия и имеют хорошую продуктивность и сохранность в озерных отложениях. Обитая непосредственно в водоеме, макрофиты чутко реагируют на происходящие в них изменения, а также могут служить индикаторами изменения климата. Тем не менее, 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. В имеющихся палеореконструкциях рассматривают роль макрофитов 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.

Для Ладожского озера современное распространение макрофитов много лет изучалось в Институте озероведения РАН [Ладога, 1969; Распопов, 1961; 1968; 1985; Распопов и др., 1971; 2000; 2009]. Пыльца и макроостатки макрофитов ранее использовались при изучении голоценовой истории оз. Пиэни-Хаукилампи в северном Приладожье [Miettinen et al., 2002], была выделена корреляция между активным развитием *Isoëtes* sp. и высоким содержанием питательных веществ в водной среде, при этом обычно споры полушника свидетельствуют об олиготрофных условиях в водоемах. В рамках комплексных палеолимнологических исследований на о. Риеккалансаари в Ладожском озере [Alenius et al., 2004] обнаруживается взаимосвязь между повышением содержания *Nymphaea* sp. и эвтрофикацией водоема в субатлантическом периоде голоцена.

Первые работы на о. Валаам по изучению позднеголоценовой антропогенной деятельности в отложениях оз. Никоновского [Vuorela, Saarnisto, 1997] затрагивали и динамику макрофитов. Возрастает разнообразие водных растений после изоляции малого озера от Ладоги, преобладают *Nymphaea* sp., *Myriophyllum alterniflorum*, *Typha latifolia*, *Potamogeton* sp., *Sparganium* sp. [Vuorela, 1980]. Общий рост разнообразия макрофитов говорит о повышении трофности озера [Vuorela et al., 2001].

Исследования других озер на о. Валаам [Vuorela et al., 2001] показывают динамику макрофитов в составе Ладоги и после изоляции. В отложениях ладожского периода пыльца макрофитов практически не встречается. Сразу после изоляции в Западном Игуменском озере появляется *Myriophyllum alterniflorum* и *Isoëtes* sp., а немного позднее – *Polygonum amphibium*, *Sparganium* sp., *Nuphar* sp., *Potamogeton* sp., *Alisma* sp. и водоросли *Pediastrum* sp., что отражает процесс эвтрофирования водоема. Появление в верхней части разреза *Menyanthes* sp. и *Butomus umbellatus*, наряду с *Nuphar* sp. и *Potamogeton* sp. свидетельствует о повышении поступления биогенов в озеро. *Myriophyllum* sp. и *Isoëtes* sp. являются единственными таксонами, пыльца которых встречается в отложениях Монастырской бухты в период регрессии Ладоги 3100 кал. л. н. [Saarnisto, 2012].

Если рассматривать включающие макрофиты реконструкции в других регионах, то голоценовые изменения экосистемы оз. Кипоярви, северная Финляндия, рассматриваются в рамках комплексных исследований, включающих изучение макроостатков макрофитов [Valiranta et al., 2011]. В раннем голоцене озеро представляло собой мелководный водоем

относительно богатый питательными веществами, в котором обитали виды *Potamogeton* sp., *Myriophyllum* sp., *Callitriche hamulata*, *C. hermaphroditica* и харовая водоросль *Nitella* sp. Присутствие последней свидетельствует о высокой прозрачности воды [Coops, 2002]. В среднем голоцене разнообразие макрофитов в оз. Кипоярви снизилось. Помимо сохранившихся *Potamogeton* sp. и *Myriophyllum* sp. появились нимфейные (включая *Nuphar* sp.). Состав макрофитов указывает на литоральные условия осадконакопления, а постоянное присутствие макроостатков *Equisetum* sp. свидетельствует о мелководье или о более близком расположении береговой линии по сравнению с предыдущим периодом. Снижение общего разнообразия макрофитов и смена погруженных сообществ рдестов на плавающие виды нимфейных говорит об изменении трофического статуса озера в сторону олиготрофного. В позднем голоцене озеро является олиготрофным гумифицированным водоемом с редкой водной растительностью, преимущественно нимфейными.

В рамках палеолимнологических исследований озер северо-западной Польши изучались макроостатки водных растений [Galka et al., 2012; Galka, Szncl, 2013; Galka et al., 2014]. Макроостатки *Potamogeton filiformis*, *P. alpinus*, *P. pusillus* и *Nuphar pumila* в озерных отложениях позднеледниковья свидетельствуют о прохладном климате, их современные ареалы находятся севернее [Galka, Szncl, 2013]. Присутствие *P. filiformis* также связано с высоким содержанием кальция в водоемах. Появление макроостатков *Najas marina* и *Typha* sp. в отложениях раннего голоцена свидетельствуют о потеплении климата. О дальнейшем понижении уровня озер говорит наличие *Potamogeton natans*, *Nymphaea alba* и *Typha* sp., обычно произрастающих на мелководьях. Одним из видов-индикаторов климатического оптимума голоцена в озерах северо-запада Польши является *Najas flexilis* [Galka et al., 2012]. Расселение *Potamogeton lucens*, *P. natans* and *Nymphaea alba* свидетельствует о повышении температуры и уровня водоема, появление *P. lucens* также связано с увеличением содержания кальция в озере [Galka et al., 2014].

Изучение раннеголоценовых донных отложений оз. Ячно на северо-западе Польши методом анализа макроостатков указывает на влияние макрофитов на колебания уровня воды [Galka et al., 2019]. Колонизация литоральной зоны озера *Nymphaea alba*, *Nuphar* sp. и *Schoenoplectus lacustris* вызвала повышение уровня водоема. Совместное присутствие этих макрофитов с некоторыми болотными видами (*Ranunculus lingua*, *Carex pseudocyperus*) свидетельствует о постепенном затоплении и развитии прибрежной зоны в оз. Ячно. Пионерным видом, заселившим озеро после дегляциации, стал *Ceratophyllum demersum* – индикатор более теплых условий. Другим индикатором потепления климата в раннем голоцене является *Cladium mariscus*.

Анализ макроостатков макрофитов оз. Кракенес, восточная Норвегия, дает представление о влиянии климата на сообщества водных растений [Birks, 2000]. Около 14 тыс. кал. л. н. после дегляциации пионерами были *Nitella* sp. и *Ranunculus* sect. *Batrachium*, известные своей способностью к быстрой колонизации водоемов [Bennike, 1995; Fredskild, 1992; Rørslett, 1989; Stewart, 1996; Wade, 1990]. В конце аллереда (14-12,5 тыс. кал. л. н.) сохранялся холодный климат, препятствующий развитию макрофитов, однако появились первые виды *Potamogeton*. В раннем дриасе быстрое ухудшение климата и формирование ледового покрова вызвали исчезновение *Ranunculus* sect. *Batrachium* и снижение распространения *Nitella* sp. В ледниковом периоде (12,5-11,5 тыс. кал. л. н.) озеро было покрыто льдом. Начавшаяся в голоцене дегляциация и повышение температуры воды индицируется быстрым появлением *Ranunculus* sect. *Batrachium* и *Nitella* sp., позднее – *Limosella aquatica* и *Subularia aquatica*. 11,5 тыс. кал. л. н. появился другой пионерный вид – *Myriophyllum alterniflorum*. Водоем заселяют *Isoëtes echinospora* и *Elatine hydropiper*, появились споры *Fontinalis antipyretica*. Сообщества макрофитов свидетельствуют об олиготрофно-мезотрофном статусе озера. 10,7 тыс. кал. л. н. началось снижение разнообразия макрофитов, связанное с появлением видов *Potamogeton*. 10,1 тыс. кал. л. н. расселились *Nymphaea* sp. и *Potamogeton* sp. Представители *Nymphaea* являются крайне конкурентоспособными видами [Preston & Croft, 1997], формирующими высокопродуктивную водную среду [Granéli & Solander, 1988]. Около 9800 кал. л. н. озеро заселилось *Isoëtes lacustris*, после чего сформировались стабильные сообщества макрофитов, сохранившиеся до настоящего времени.

Помимо макроостатков для палеорекоkonструкций нередко используется sedaDNA (остаточная ДНК в отложениях) макрофитов. Комплексные исследования донных отложений оз. Балыктукель на Алтае [Karachurina et al., 2023], включающие анализ sedaDNA макрофитов, позволили изучить изменение трофности водоема за последние 7000 лет. На первом этапе (6950-6000 кал. л. н.) доминантами являются *Ceratophyllum demersum* и *Myriophyllum sibiricum* – индикаторы эвтрофного или переходного к эвтрофному статусу озера [Макрофиты..., 1993; Wilmanns, 1998; Kuzmichev et al., 2009; Cheripova, Rosbakh, 2012]. Для второго этапа (6000-2600 кал. л. н.) характерно преобладание олиго-мезотрофных видов – *Potamogeton alpinus* и *Ceratophyllum demersum*. Присутствие *Ranunculus* sect. *Batrachium* может говорить о широком распространении мелководий. На третьем этапе (с 2500 кал. л. н. по настоящее время) доминируют олиго-мезотрофные виды – *Potamogeton alpinus* и *Callitriche hermaphroditica*.

Комплексные исследования с использованием sedaDNA и палинологического анализа проводились для изучения позднеледниковой и голоценовой истории развития

озер в юго-восточной Якутии [Baisheva et al., 2024]. Присутствие *Nuphar lutea* и *Pediastrum* sp. около 18,4 тыс. кал. л. н. говорит об относительной мелководности водоема. Постепенное повышение роли *Potamogeton perfoliatus* и *P. praelongus* свидетельствует о повышении уровня воды, начиная с 14,4 тыс. кал. л. н.

Другая работа с изучением пыльцы и sedaDNA макрофитов [Li et al., 2024] посвящена гидрологическим изменениям озера Эму Ко, запад Тибетского плато, в голоцене и его реакциям на климатические факторы. На первом этапе (12,6-9,7 тыс. кал. л. н.) в озере обитали солоноводные виды – вначале *Stuckenia pectinata* и *Stuckenia filiformis*, позднее расселился менее толерантный к высокой солености вид *Myriophyllum sibiricum*. В период 9700-5000 кал. л. н. начинают преобладать пресноводные виды, преимущественно рдесты, свидетельствующие о повышении уровня питательных веществ в водоеме [Spence, 1967; Duigan et al., 2007]. Присутствие *Callitriche hermaphroditica* свидетельствует о теплом климате. После 5000 кал. л. н. произошло понижение уровня Эму Ко, о чем свидетельствуют снижение разнообразия макрофитов и количества sedaDNA, широкое распространение осок, повышение концентрации *Pediastrum* sp. [Jiang et al., 2013; Wu et al., 2015]. Повышение содержания пыльцы *Potamogeton* sp. в период с 4100 по 1000 кал. л. н. индицирует улучшение условий обитания в озере. Позднее резко возросло содержание обитающих в богатой питательными веществами среде таксонов (*Potamogeton crispus*).

Исследования современного распространения макрофитов позволяют устанавливать трофический статус и степень антропогенной нагрузки на водоемы. Исследование Щучьего залива Ладожского озера показало зарастание макрофитами по мере снижения концентрации загрязняющих веществ после прекращения деятельности целлюлозно-бумажного комбината [Андроникова, Распопов, 2007]. Пионерными видами после прекращения сбросов сточных вод комбината стали устойчивые к воздействию поллютантов *Typha latifolia*, *Cicuta virosa* и *Bidens tripartite*. Постепенное улучшение экологической обстановки в заливе фиксируется по увеличению видового разнообразия плавающих макрофитов (*Polygonum amphibium*, *Sagittaria sagittifolia*). Последними, по мере вымывания загрязняющих веществ, сформировались сообщества погруженных макрофитов (*Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum* и *Elodea canadensis*).

Многолетние исследования датских озер [Søndergaard et al., 2009] свидетельствуют о том, что *Lobelia* sp., *Isoëtes* sp., *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton alpinus* и *Potamogeton filiformis* могут являться индикаторами недостатка питательных веществ.

Ассоциации *Phragmitetum communis* служат индикаторами трофности водоемов, а также содержания биогенных веществ [Pełechaty, 1999]. *Typha angustifolia* является типичным видом для эвтрофных и мезотрофных озер, также он может обитать в

солончатой воде [Grace, Harisson, 1986; Hansen et al., 1988]. В водоемах, где обитают совместно *Typha angustifolia* и *Typha latifolia*, первый обычно заселяет более глубокие участки (80 см и глубже) [Grace, Wetzel, 1982]. Присутствие *Sparganium erectum* может служить индикатором озер, богатых питательными веществами [Robiansyah et al., 2010].

Комплексные исследования оз. Тайху в восточном Китае, включающие палинологический и ботанический анализы, направлены на изучение долгосрочной динамики макрофитов в период с 1900 года [Zhang et al., 2022]. Первый период (до 1960-го года) характеризуется низкой концентрацией питательных веществ, сильным воздействием волн и естественными колебаниями уровня воды. В водоеме обитали *Potamogeton malaianus*, *Vallisneria natans*, *Hydrilla verticillata* и *Myriophyllum spicatum*, индицирующие олиготрофно-мезотрофные условия. Во втором периоде (1960-1998 гг.) значительно увеличилась антропогенная нагрузка на озеро, существенно возросло поступление биогенов, однако видовой состав растительности свидетельствует о их невысокой концентрации. Уровень воды начал снижаться, что вызвало увеличение разнообразия макрофитов и расселение *Chara* sp. и *Nitella* sp. В третьем периоде (после 1998 года) оз. Тайху сильно эвтрофировалось, о чем помимо прочего свидетельствует активное разрастание водорослей *Pediastrum* sp., предпочитающих эвтрофные стоячие водоемы. Роль харовых водорослей снизилась, возросла доля плавающих макрофитов (нимфейных и *Trapa* sp.) и толерантных к повышенной трофности погруженных макрофитов (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum* и *Potamogeton crispus*).

Долгосрочная динамика макрофитов в оз. Фелбригг, юго-восточная Англия, за последние 250 лет изучена в рамках комплексных работ [Sayer et al., 2010] палинологическим и ботаническим методами. Была установлена закономерная смена макрофитов с *Myriophyllum–Chara–Potamogeton* (до 1900 г.) на *Ceratophyllum–Chara–Potamogeton* (1900-1960 гг.) и наконец на *Zannichellia–Potamogeton* (после 1960 г.) сообщества. Данная динамика свидетельствует в частности об эвтрофикации водоема. Появление *Ceratophyllum demersum*, растущего в эвтрофных мелководных водоемах [Mjelde & Faafeng, 1997; Kennison, Dunsford & Schutten, 1998], вероятно индицирует увеличение поступления питательных веществ.

По материалам существующих исследований, можно построить таблицу, отражающую индикаторные свойства макрофитов (таблица 2), некоторые из них встречаются и в отложениях на островах Валаам и Лункулансаари в Ладожском озере. Оценивать колебания климата или динамику водоема только по одному таксону некорректно, однако совокупность видов может более достоверно свидетельствовать об изменениях в прошлом.

Таблица 2 – Сводная таблица индикаторного значения макрофитов для палеореконструкций

Таксон	Характеристика	Территория исследования	Источник
<i>Nitella</i> sp.	Пионерный вид при заселении водоема	Восточная Норвегия	[Birks, 2000]
	Высокая прозрачность воды	Северная Финляндия	[Valiranta et al., 2011]
<i>Ranunculus</i> sect. <i>Batrachium</i>	Пионерный вид при заселении водоема	Восточная Норвегия	[Birks, 2000]
	Широкое распространение мелководий	Алтай	[Karachurina et al., 2023]
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	Пионерный вид при заселении водоема	Восточная Норвегия	[Birks, 2000]
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Потепление климата	СЗ Польша	[Galka et al., 2019]
	Эвтрофный статус водоема	Алтай	[Karachurina et al., 2023]
<i>Myriophyllum sibiricum</i>	Эвтрофный статус водоема	Алтай	[Karachurina et al., 2023]
<i>Cladium mariscus</i>	Потепление климата (в раннем голоцене)	СЗ Польша	[Galka et al., 2019]
<i>Potamogeton alpinus</i>	Олиго-мезотрофный статус водоема	Алтай	[Karachurina et al., 2023]
	Олиготрофный статус водоема	Дания	[Søndergaard et al., 2009]
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Олиго-мезотрофный статус водоема	Алтай	[Karachurina et al., 2023]
		ЮВ Англия	[Sayer et al., 2010]
<i>Callitriche hermaphroditica</i>	Олиго-мезотрофный статус водоема	Алтай	[Karachurina et al., 2023]
	Теплый климат	Запад Тибетского плато	[Li et al., 2024]
<i>Nuphar lutea</i>	Мелководность водоема	ЮВ Якутия	[Baisheva et al., 2024]
<i>Pediastrum</i> sp.	Мелководность водоема	ЮВ Якутия	[Baisheva et al., 2024]
	Эвтрофный статус водоема	Восточный Китай	[Zhang et al., 2022]
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Расселение – повышение уровня водоема	ЮВ Якутия	[Baisheva et al., 2024]
<i>Potamogeton praelongus</i>	Расселение – повышение уровня водоема	ЮВ Якутия	[Baisheva et al., 2024]
<i>Potamogeton crispus</i>	Эвтрофный статус водоема	Запад Тибетского плато	[Li et al., 2024]
<i>Isoëtes</i> sp.	Олиготрофный статус водоема	Дания	[Søndergaard et al., 2009]
<i>Cladium</i> sp.	Расселение – пожарная и иная антропогенная активность	Пиренейский полуостров	[Scussolini et al., 2011]

Продолжение Таблицы 2 – Сводная таблица индикаторного значения макрофитов для палеореконструкций

Таксон	Характеристика	Территория исследования	Источник
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Олиго-мезотрофный статус водоема	Восточный Китай	[Zhang et al., 2022]
<i>Potamogeton filiformis</i>	Высокое содержание Са в водоеме	СЗ Польша	[Galka, Szncl, 2013]
	Олиготрофный статус водоема	Дания	[Søndergaard et al., 2009]
<i>Potamogeton natans</i>	Мелководность водоема	СЗ Польша	[Galka, Szncl, 2013]
<i>Nymphaea alba</i>	Мелководность водоема	СЗ Польша	[Galka, Szncl, 2013]
<i>Typha</i> sp.	Мелководность водоема	СЗ Польша	[Galka, Szncl, 2013]
	Потепление климата [в раннем голоцене]	СЗ Польша	[Galka, Szncl, 2013]
<i>Najas flexilis</i>	Индикатор климатического оптимума голоцена	СЗ Польша	[Galka, Szncl, 2013]
<i>Potamogeton lucens</i>	Высокое содержание Са в водоеме	СЗ Польша	[Galka, Szncl, 2013]
<i>Potamogeton gramineus</i>	Олиготрофный статус водоема	Дания	[Søndergaard et al., 2009]
<i>Sparganium erectum</i>	Мезо- и эвтрофный статус водоема	Западная Польша	[Robiansyah et al., 2010]

1.3 Ладожская трансгрессия

Формирование и развитие Ладожского озера связано с чередующимися фазами трансгрессии и регрессии, за свою историю водоем неоднократно претерпевал существенные колебания уровня воды (таблица 3).

Таблица 3 – Этапы развития Ладожского озера в голоцене и плейстоцене [Ладога, 2013]

Возраст, лет назад	Период голоцена	Состояние Ладожского озера
0 – 2500	Современный - Субатлантический	Изолированный водоем
2500 – 5000	Суббореальный	
5000 – 8000	Атлантический	
8000 – 9000	Бореальный	Залив Анцилового озера
9000 – 10000	Пребореальный	Изолированный водоем
10000 – 11000	Поздний дриас	Залив Балтийского ледникового озера
11000 – 12500	Аллерёд и средний дриас	Плес приледникового озера Рамсея
12500 – 13000	Бёллинг	Ледник

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. Предположение о последней впервые высказал А.А. Иностранцев [1882], затем шведский ученый Де Геер [De Geer, 1893] и позднее обосновал Ю. Айлио [Ailio, 1915]. В дальнейшем Ладожскую трансгрессию изучали иностранные [Нуурра, 1943; Saarnisto, Gronlund, 1996] и отечественные [Марков, 1949; Квасов, 1990; Кошечкин, Экман, 1993; Малаховский и др., 1993, Верзилин, Клейменова, 2006; Шитов, 2007; Александровский и др., 2009; Субетто, 2009; Амантов и др., 2016; Сапелко и др., 2018; 2019 и др.]. Трансгрессия длилась около 2000 лет и завершилась постепенным снижением уровня Ладоги до современной отметки около 5 метров над уровнем моря [Субетто, 2009], которое сопровождалось изоляцией изучаемых 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].

Была установлена сложная природа трансгрессии – помимо гидрологических и климатических 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; современные высоты островных озер также существенно отличаются от высот на момент изоляции (рисунок 2) [Сапелко и др., 2018].

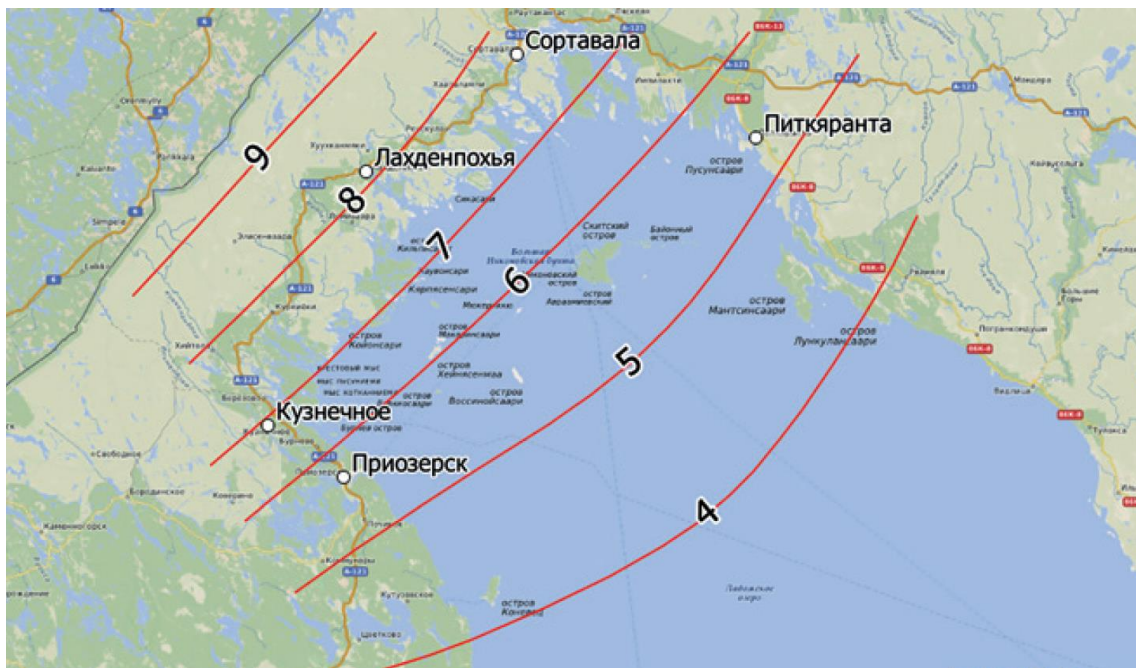


Рисунок 2 – Карта-схема датированных обособлений озёр в ходе последней регрессии Ладожского озера (цифрами обозначено суммарное поднятие в метрах по результатам моделирования)

1.4 Палинологическая изученность Ладожского озера, островных озер в его акватории и северного Приладожья

Акватория Ладожского озера.

Донные отложения Ладоги изучались неоднократно. По результатам первой экспедиции, состоявшейся в 1959 г. [Семенович, 1966], впервые была дана

биостратиграфия донных отложений Ладожского озера по данным палинологического и диатомового анализов [Абрамова, Давыдова, 1966; Абрамова и др., 1967; Давыдова, 1961]. С тех пор изучение отложений с помощью спорово-пыльцевого анализа продолжалось почти непрерывно такими исследователями как Е. А. Ананова (1956–1960-е гг.), С. А. Абрамова (1960–70-е гг.), И. В. Делюсиной (1980–90-е гг.), В. И. Хомутовой (1990-е гг.), Т. В. Сапелко (1990-е – по настоящее время), А. А. Андреев и Л. А. Савельева (с 2000-х годов) [Современное состояние..., 2021]. В XXI веке начались работы по изучение донных отложений малых озер на островах Ладожского озера – Путсаари, Лункулансаари, Валаам [Лудикова и др., 2005; Сапелко и др., 2014; Сапелко, Корнеенкова, 2017; Sapelko et al., 2020; Газизова, Сапелко, 2020; Сапелко и др., 2023; Gazizova, Sapelko, 2024; Сапелко и др., 2026].

В рамках недавних комплексных лимнологических работ Института озероведения РАН были изучены четыре колонки донных отложений в центральной и северной частях Ладоги [Sapelko et al., 2019; 2024]. В позднеледниковье состав пыльцы и ее низкая концентрация свидетельствуют о сухих холодных условиях. Были развиты тундрово-степные сообщества. Доминировала пыльца ксерофитов – полыни и маревых; среди деревьев преобладала пыльца березы, среди спор – пыльца сфагнумом и многоножковых. Ранний голоцен (до 9000 лет назад) связан с потеплением климата, падением уровня Ладоги и переходом растительности от перигляциальной к лесной. Сокращается доля открытых ландшафтов, увеличивается роль пыльцы сосны (до 40%), появляются водные растения и зеленые водоросли. Позднее расширяются площади, занятые сосновыми и березовыми лесами, возрастает роль ольхи и широколиственных пород. В следующем периоде (9000-4700 кал. л. н.) наблюдался теплый климат, приведший к трансформации растительности и повышению продуктивности Ладожского озера. Развиваются смешанные хвойные широколиственные леса, доминируют сосна и ель; в отдельные периоды отмечено высокое содержание пыльцы сфагновых мхов (до 30%). В третьем периоде (4700-2800 кал. л. н.) климат становится прохладнее, распространяются еловые леса, однако содержание пыльцы сосны в отложениях по-прежнему остается высоким. Дальнейшее похолодание климата в период 2800-1000 кал. л. н. приводит к сокращению ельников, развитию сосновых лесов и сокращению пыльцы широколиственных пород. Преобладает пыльца злаков среди травянистых растений; высока роль рудеральных видов, свидетельствующих о повышении антропогенной нагрузки. Последний период (1000 кал. л. н. – настоящее время) характеризуется доминированием сосновых и березово-сосновых лесов.

Изучение колонок донных отложений Ладожского озера палинологическим методом [Верзилин, Клейменова, 2006] показывает смены растительности во второй половине голоцена. В атлантическом периоде доминирует пыльца сосны (40-55%). Роль пыльцы ольхи постепенно возрастает (от 10-15 до 25%). Содержание пыльцы березы составляет до 20%, ели – до 6%. Роль пыльцы широколиственных пород относительно велика (4-7%). Пыльца трав встречается единично. Максимумы пыльцы широколиственных пород и увеличение роли пыльцы ольхи являются характерными чертами для климатического оптимума атлантического периода. В отложениях суббореального периода возрастает роль пыльцы ели (40-50%), содержание пыльцы сосны также составляет 40-50%. Роль пыльцы мелколиственных и широколиственных пород снижается. В субатлантическом периоде доминирует пыльца сосны (60-80%). Содержание пыльцы ели составляет 10-20%, березы – 5-15%, ольхи – от единичных зерен до 20%. Встречается пыльца широколиственных деревьев (граб, дуб, липа, вяз). Среди трав и споровых растений преобладают злаки, осоковые, луговое разнотравье и сфагновые мхи. Общей тенденцией для субатлантика является абсолютное доминирование пыльцы сосны и сокращение роли остальных пород.

Похожая динамика описывается для колонки в северо-западной части Ладожского озера [Savelieva et al., 2019]. В атлантическом периоде существовали наиболее благоприятные климатические условия для произрастания широколиственных пород. В слое, датированном 8572 кал. л. н., резко увеличивается доля ольхи. Отмечается уменьшение числа таксонов древесной пыльцы (особенно ели) и увеличение числа трав (в частности, злаковых), что вероятно вызвано деятельностью человека в последние 2225 кал. л. н. В это время начинают преобладать сосновые леса. Пыльца *Secale* и других посевных культур, а также рудеральные травы постоянно встречаются, начиная с 706 кал. л. н.

Отложения колонок южной и северной частей Ладожского озера [Делюсина, 1988] также охватывают вторую половину голоцена. В атлантическом периоде доминирует пыльца сосны, наблюдается максимум концентрации пыльцы ольхи (20-25%). Содержание ели составляет 10-12%, березы – 10%. Роль пыльцы широколиственных пород довольно высока (5%). Повышается роль сфагновых и бриевых мхов. На побережьях широкое распространение приобретают леса из сосны, ольхи, березы, ели и широколиственных пород (главным образом, вяза и липы). Развита богатая водная и прибрежно-водная растительность. По мере наступления Ладожской трансгрессии на побережьях разрастаются березняки, а на сухих возвышенностях – сосновые леса с примесью ели. На протяжении атлантика периоды потепления и похолодания климата неоднократно сменяли друг друга. Суббореальный период, начавшийся с резкого

похолодания, выделяется по пику пыльцы ели (45%) и сокращению роли пыльцы сосны (25-40%). Содержание березы и ольхи (5-10%) и широколиственных пород (2-3%) постоянно. Среди последних преобладает вяз. Для границы между суббореалом и субатлантиком характерно повышение концентрации пыльцы березы. В результате Ладожской регрессии на побережьях широко разрастаются ельники, наибольшее их распространение приходится на середину-конец периода. На сухих участках доминируют мохово-травяные сосняки. На границе суббореала и субатлантика происходит похолодание климата. Субатлантический период характеризуется преобладанием пыльцы сосны (60-70%), роль ели заметно снижается (20%), как и роль ольхи и широколиственных пород. Среди трав доминируют осоки и злаки, среди споровых растений – многоножки и сфагновые мхи. В составе древесной растительности становится меньше теплолюбивых пород, практически исчезает вяз. Единолично господствуют сосновые леса; ельники остаются лишь на севере, исчезая с остальной территории Приладожья.

Островные озера в акватории Ладожского озера.

По мере регрессии Ладожского озера происходила изоляция водоемов в его акватории. Изучение островных озер, находящихся на разных абсолютных высотных отметках, является одним из основных способов изучения изменения уровня более крупного водоема. В северной части Ладожского озера находится несколько крупных островов, донные отложения расположенных на них озер изучались методом палинологического анализа с целью реконструкции растительности, климата и изменений уровня Ладоги в голоцене.

Остров Валаам. Во время последней трансгрессии Ладоги о. Валаам представлял собой архипелаг, состоящий из десятка скалистых островков [Vuorela, Saarnisto, 1997; Vuorela et al., 2001]. Уровень Ладожского озера в то время составлял 21 м над уровнем моря. Около 3100 лет назад [Saarnisto, 2012], практически одновременно с прорывом реки Невы – современного стока Ладоги [Vuorela, Saarnisto, 1997; Vuorela et al., 2001], территория острова начала освобождаться от вод Ладоги.

Западное Игуменское озеро расположено на высоте 7,5 м над уровнем моря, имеет площадь 1,75 га. Оно является одним из двух Игуменских озер, расположенных в северо-восточной части острова Валаам и окруженных сосновым лесом. Озера соединены двадцатиметровым проливом и имеют одинаковый уровень воды. Колонка донных отложений Западного Игуменского озера представлена глинами, песком, глинистыми и органогенными гиттиями [Vuorela et al., 2001; Saarnisto, 2012]. Верхняя часть разреза, сложенная грубым органическим детритом и минеральными включениями, относится ко

времени обособленного существования озера. В колонке наблюдаются глинистые прослойки в слоях гиттии, датируемые временем после изоляции озера от Ладоги – 2695 и 2606 кал. л. н. [Saarnisto, 2012], что может быть связано с медленным процессом обособления в связи с лагунным, более защищенным положением озера (здесь и далее оригинальные радиоуглеродные даты откалиброваны по шкале IntCal20 в программе OxCal v.4.4). Похожая динамика наблюдается в отложениях Скитского залива [Vuorela et al., 2001].

Колонка донных отложений Западного Игуменского озера была изучена методом палинологического анализа с целью реконструкции растительности и изучения антропогенной деятельности на окружающей территории в позднем голоцене [Vuorela et al., 2001]. На этапе существования на изучаемой территории Ладожского озера роль пыльцы ели была невелика (10%). Во время изоляции ее содержание заметно возрастает (до 35% от общего содержания пыльцы AP/NAP), что является, вероятно, результатом накопления пыльцы в более закрытом бассейне, а также инвазия ели на освободившихся от воды территорий. После изоляции преобладающими древесными породами являлись сосна (55%), береза (30%) и ольха (20%), а среди кустарников – можжевельник. В дальнейшем соотношение между породами отражает влияние человека – повышение роли сосны и березы, снижение роли ели и ольхи. Увеличение роли пыльцы дуба (в результате искусственных посадок) и пыльцы ели (занимающей оставленные поля) также отражает антропогенную деятельность. Также возрастает роль ивы и бузины, появляется пыльца крушины ломкой и жимолости. Пик землепользования сопровождается снижением роли ольхи и можжевельника.

Среди травянистых растений преобладающими таксонами являются злаковые, осоковые и полыни. Содержание этих таксонов достигает максимальных значений в отложениях, датированных 1450-1800 кал. л. н. Содержание трав в глинистом горизонте нижней части колонки возрастает по мере изоляции Западного Игуменского озера, встречаются лютиковые, зонтичные, норичниковые, подмаренники; позднее появляются бобовые и лапчатка.

В глинистом горизонте, относящемся к периоду существования на изучаемой территории Ладожского озера, пыльца макрофитов не встречается, что может быть связано с большой глубиной водоема [Vuorela et al., 2001] или турбациями. Сразу после изоляции Западного Игуменского озера появляется пыльца урути очередноцветковой и полушника, а затем в слое гиттии – пыльца горца земноводного, ежеголовника, кубышки, рдеста, частухи и зеленых водорослей (*Pediastrum* sp.). В ходе сукцессии трофность озера увеличивалась, что индицируется заметным повышением роли урути очередноцветковой и исчезновением полушника, горца земноводного, ежеголовника и *Pediastrum* sp.

Появление пыльцы кувшинки и ириса датируется периодом 1500-1600 кал. л. н. В верхней части колонки появляется пыльца вахты и сусака зонтичного вместе с кубышкой и рдестом, что свидетельствует о продолжающемся эвтрофировании озера.

Среди споровых растений в нижнем слое отложений Западного Игуменского озера встречены споры сфагновых мхов, хвощей и многоножковых; содержание спор немного снижается в связи с изоляцией водоема. Спорадически отмечаются споры орляка, плаунов, многоножки обыкновенной, гроздовника и споры грибов (головни). В связи с деятельностью человека возрастает роль сфагновых мхов и многоножковых.

Первое появление пыльцы культурных злаков (*Cerealia*) в отложениях Западного Игуменского озера [Vuorela et al., 2001] датируется периодом 2695 кал. л. н. и сопровождается повышением роли можжевельника и снижением роли ели. Первые пыльцевые зерна ржи (*Secale*) встречены около 1350 кал. л. н., непосредственно над слоем глинистой гиттии. Около 800 кал. л. н., отмечается период широкого расселения культурных злаков, начало кривой щавеля и присутствие индикаторов поселений человека (пыльца цикориевых, крестоцветных, яснотковых).

Восточное Игуменское озеро также расположено на высоте 7,5 м в 60 м от современного восточного берега острова Валаам. Его площадь составляет 0,8 га, глубина озера достигает 6 м. Как и соседнее Западное, Восточное Игуменское озеро находилось в границах защищенного архипелага во время максимума Ладожской трансгрессии, однако ладожские отложения в колонке не представлены [Saarnisto, 2012]. Колонка сложена илистой гиттией с включениями органики и детритной органической гиттией. Нечеткая, но все же заметная граница между слоями гиттиями индицирует медленный процесс изоляции – снижение уровня Ладоги было не таким заметным, как в других водоемах, благодаря более защищенному положению и большей глубине самого озера. Для времени изоляции озера от Ладоги приводятся две даты – 2545 и 2175 кал. л. н. [Saarnisto, 2012].

Озеро Никоновское находится в восточной части о. Валаам на высоте 8,1 м над уровнем моря. Его площадь составляет 0,5 га, глубина достигает 3,7 м. Озеро окружено старовозрастными соснами и елями. Колонка донных отложений озера сложена глинами, песками, глинистыми и органогенными гиттиями [Vuorela, Saarnisto, 1997; Saarnisto, 2012]. Нижняя часть колонки, представленная голубовато-серой глиной, аккумуляровалась во время вхождения озера Никоновское в состав Ладожского озера. Вышележащий песчаный горизонт был сформирован в процессе резкого снижения уровня Ладоги (3358 кал. л. н. [Saarnisto, 2012]), а следующий за ним горизонт глинистой гиттии – во время лагунных условий осадконакопления, когда Никоновское являлось мелководным

заливом Ладоги. Горизонты выше относятся ко времени обособленного существования водоема.

Первые следы деятельности человека в колонке донных отложений оз. Никоновского [Vuorela, Saarnisto, 1997; Vuorela et al., 2001] относятся к периоду до железного века, при этом наиболее очевидные индикаторы увеличения доли открытых сообществ (свидетельствующие, вероятно, о выпасе скота) появляются только 1127 кал. л. н. О начале выпаса скота говорит также повышение роли можжевельника. В тонком слое глины, датированном возрастом около 1350 кал. л. н., отмечается краткосрочное повышение роли ольхи и березы и снижение роли ивы. Дальнейшие колебания этих индикаторов антропогенной деятельности наблюдаются вплоть до верхнего горизонта. В связи с вырубкой лесов снижается роль пыльцы ели и появляется пыльца осин. Присутствие клена отражает наличие открытых ландшафтов, а пыльца лиственницы может свидетельствовать об искусственных посадках.

Наибольшее содержание травянистых растений (до 10% от общего содержания пыльцы AP/NAP) наблюдается в доаграрном периоде. Соотношение и разнообразие пыльцы в отложениях оз. Никоновского схоже с Западным Игуменским озером. Среди трав помимо «общих» таксонов встречаются подорожник, вех ядовитый, лилейные, колокольчиковые, василистник, камнеломки. В середине разреза наблюдается общее снижение содержания и разнообразия трав, которое может быть связано с интенсивным выпасом овец, препятствующим оседанию пыльцы.

Кроме встреченных в Западном Игуменском озере макрофитов, в оз. Никоновском также отмечена пыльца повойничка, урути колосистой, рогоза и руппии. Максимальное содержание пыльцы урути очередноцветковой относится к ранней стадии только что изолированного водоема, а в горизонте глин начинает снижаться вплоть до полного исчезновения в связи с повышением трофности озера. Одновременно с этим происходит увеличение роли других макрофитов. Данный слой относится примерно к 14 веку нашей эры. Содержания споровых растений аналогично спектрам Западного Игуменского озера, также спорадически встречаются споры щитовника.

Среди культурных и рудеральных растений наблюдается максимальное содержание пыльцы ржи в отложениях, датированных 712 кал. л. н. Позднее появляются первые пыльцевые зерна ячменя. В разных частях колонки оз. Никоновского встречается пыльца овса и пшеницы. Роль пыльцы щавеля возрастает в связи с окультуриванием почв. Спорадически встречающаяся пыльца подорожника большого индицирует локальные поселения. В верхней части колонки доминирующую роль среди культурных злаков занимает ячмень, среди сорняков – маревые. После второй мировой войны культивация

злаковых растений на острове прекратилась, что подтверждается почти полным исчезновением их пыльцы из отложений того времени. На месте бывших полей производился выпас скота.

Озеро Крестовое находится на высоте 8,3 м над уровнем моря в скалистой впадине, окруженной отвесными обрывами, в открытой южной прибережной зоне Ладожского озера. Площадь озера составляет 1,25 га, глубина достигает 2,2 м. Озеро отделено от Ладоги искусственно углубленным порогом. Колонка донных отложений оз. Крестового довольно мощная (более 2 м), сложена илистой и органогенной гиттиями [Saarnisto, 2012]. В нижней части илистой гиттии находятся включения слюды, песка и глины, что свидетельствует о «ладожском» возрасте отложений. В ходе своего развития озеро сформировало своего рода защищенный бассейн внутри Ладоги, который объясняет накопление большего количества органического материала в сравнении другими озерами. Резкое снижение органики индицирует период изоляции оз. Крестового от Ладоги.

В рамках палеолимнологических исследований на о. Валаам изучались не только озерные колонки, но и отложения заливов, до сих пор сохраняющих связь с Ладожским озером [Vuorela et al., 2001]. Скитский залив, протяженностью около 1 км с юга на север, находится в северо-восточной части о. Валаам. Залив окружен похожим старовозрастными дубами и соснами. Монастырская бухта расположена в северной части острова, ее западный берег имеет протяженность 2 км и характеризуется крутыми скалистыми обрывами, на вершинах которых находится Валаамский монастырь. Восточный берег более пологий, покрыт смешанным лесом. Колонка отложений, отобранная недалеко от восточного берега Монастырской бухты, представлена глинистыми и органогенными сульфидными гиттиями [Vuorela et al., 2001].

Отложения Скитского залива и Монастырской бухты очень похожи между собой и заметно отличаются от отложений изученных озер на о. Валаам [Vuorela, Saarnisto, 1997; Vuorela et al., 2001; Saarnisto, 2012]. В колонках отражено повышение роли ели, березы, можжевельника, связанное с антропогенной деятельностью, и снижение роли сосны [Vuorela et al., 2001]. В определенный период активное землепользование индицируется увеличением роли сосны и щавеля. Посадка древесных насаждений на острове в 1800-х годах отражена в спектрах повышением содержания пыльцы березы и других листопадных деревьев (дуб, бук, лиственница). Состав травянистой растительности минеральных почв заливов также очень схож. На протяжении всей колонки встречается пыльца злаковых, осоковых, полыни, подмаренника, василистника. В нижней части разрезов отмечается пыльца зонтичных, норичниковых, марьянника, лилейных, лютиковых, бобовых.

Среди макрофитов в отложениях Монастырской бухты встречается пыльца ежеголовника, частухи, рдеста, кубышки, рогоза, повойничка и вахты. Пыльца урути очередноцветковой и полушника отмечена единично около 3100 лет назад, что наряду со спорадическим присутствием других таксонов свидетельствует об отсутствии серьезных экологических и структурных изменений во время осадконакопления. Среди споровых растений в отложениях Монастырской бухты отмечено равное количество спор сфагновых мхов, хвощей, плаунов, головни, орляка; роль спор многоножковых выше в связи с антропогенной деятельностью. Единично встречены споры щитовника, баранца и многоножки обыкновенной. Увеличение антропогенной нагрузки назад индицируется максимальным содержанием пыльцы злаковых около 1200 кал. л. н.; также это время начала культивации ржи. Роль растений-индикаторов поселений человека возрастает ко времени позднего Железного века и Средневековью (цикориевых, щавеля, лютика едкого, крапивы, маревых, тысячелистника и др.).

В отложениях Скитского залив в период Ладожской трансгрессии среди макрофитов спорадически встречается пыльца горца земноводного, рогоза, урути очередноцветковой, повойничка, ежеголовника, споры полушника озерного и *Pediastrum* sp. Во время регрессии Ладоги пыльца и споры временно исчезают из отложений. После изоляции залив начинает постепенно заселяться водными растениями. Пионерным видом становится полушник колючеспоровый, позднее появляется кубышка, индицирующая увеличение трофности водоема. Начавшаяся около 1408 кал. л. н. и связанная с антропогенной деятельностью эвтрофикация сопровождалась повышением разнообразия макрофитов в заливе и по берегам – встречались уруть колосистая, вахта, кувшинка, частуха, ежеголовник. Среди споровых растений в отложениях Скитского залива преобладают сфагновые мхи и многоножковые, однако их роль снижается в связи с регрессией Ладоги. На протяжении всего разреза отмечаются споры хвощей. В слое гиттии немного возрастает роль орляка, что может быть связано с деятельностью человека. В слое отложений залива, датированном 1408 кал. л. н., отмечено начало кривой щавеля и заметное снижение роли ели. В вышележащем слое возрастом 985 кал. л. н. впервые встречена пыльца зерновых злаков, индицирующих земледелие. Пыльца растений-индикаторов поселений встречается спорадически, однако ее присутствие подтверждает интенсивное заселение территорий около 500-600 лет назад и культивацию культурных растений, начиная с 10 века н.э.

Остров Риеккалансаари. Территориально остров относится к Республике Карелия, имеет площадь 75 км² и является самым большим островом в составе Северного Ладожского архипелага. Архипелаг и прилегающие территории сложены различными

грубообломочными породами вследствие трещиноватости, вызванной континентальным оледенением и большими перепадами высот в северной части Ладоги. На Риеккалансаари была отобрана колонка донных отложений оз. Кирьявалампи [Alenius et al., 2004], расположенного в северной части острова на высоте 17 м над уровнем моря. Площадь озера составляет 2,4 га, наибольшая глубина достигает 4 м. С юга и севера находятся сенокосные поля и пастбища для выпаса крупного рогатого скота, западный берег представлен обнажениями скальных пород. Озеро окружено сосновым лесом, растущим на сухих почвах. В северо-восточной части встречается пышная неморальная растительность. По берегам находятся заросли ольхи и ивы, литоральная зона озера занята поясом тростника обыкновенного. Колонка донных отложений оз. Кирьявалампи сложена глинами и опесчаненными глинами, глинистыми и органогенными гиттиями.

Нижняя часть разреза относится к периоду максимума Ладожской трансгрессии и характеризуется высоким содержанием недревесной пыльцы (до 50%). Среди кустарников доминирует пыльца ивы и облепихи крушиновидной. Среди трав и кустарничков преобладает пыльца вересковых, полыней, маревых, злаковых, также встречается пыльца гвоздичных, щавеля, розоцветных, зонтичных, мареновых, сложноцветных и цикориевых. Споровые растения представлены преимущественно сфагновыми мхами, хвощами и многоножковыми.

В период изоляции наблюдается последовательная сукцессионная смена растительности, связанная с освобождением территорий от воды и их последующим зарастание и облесением. В отложениях встречается пыльца ивы, ольхи, березы, широколиственных пород, злаковых.

После окончательной изоляции оз. Кирьявалампи (от 3256 до 2016 кал. л. н.) на окружающей территории доминируют бореальные леса (пыльца деревьев составляет 92% от общего содержания AP/NAP). Роль ели возрастает, а широколиственных пород – снижается. В период с 2016 до 1350 кал. л. н. снижается доля ели, роль широколиственных пород продолжает падать. В период с 1350 до 750 кал. л. н. встречается пыльца ивы, лютиковых, таволги, марьянника, хвощей и многоножковых. В период с 750 кал. л. н. до 18 века в связи с активным землепользованием вновь возрастает роль пыльцы не-древесных растений (10-20%). Увеличивается роль пыльцы ивы, можжевельника, таволги, злаковых, лютиковых, сложноцветных, цикориевых, кувшинок, осоковых, спор орляка и хвоща. Появляется пыльца щавеля, колокольчика, подорожника, бобовых и капустных. В периоде с 18 до 20 века роль деревьев снижается, наиболее распространённым видом становится береза. Содержание пыльцы не-древесных растений достигает 35%. Существенно возрастает роль можжевельника, злаковых, ивы, хвощей и

осок. В верхней части колонки (20 век) роль пыльцы не-древесных растений падает. Роль ели остается на невысоком уровне, а березы и сосны начинают возвращаться к доаграрному периоду.

Первые свидетельства антропогенной деятельности на о. Риеккалансаари относятся к раннему железному веку (1950-1750 кал. л. н.) [Alenius et al., 2004]. Впервые пыльца ржи посевной встречена в нижней части разреза оз. Кирьявалампи (около 1350 кал. л. н.). В то же время отмечена пыльца типа каннабис-хмель, индицирующая поселения человека. В период с 750 кал. л. н. до 18 века содержание пыльцы типа каннабис-хмель и ржи снижается. Повышается роль пыльцы таволги, лютиковых, цикориевых, также являющихся индикаторами жилищ человека. Появляется пыльца рудеральных видов (щавеля, подорожника). В период с 18 по 20 век в отложениях встречается наибольшее по разрезу количество пыльцы апофитных (искусственно культивируемых человеком, не свойственных данной территории) и антропохорных (занесенных человеком) растений. Возрастает роль культурных злаков и щавеля. На о. Риеккалансаари активно используется подсечно-огневое земледелие. В верхней части колонки (20 век) землепользование сокращается, роль пыльцы типа каннабис-хмель, щавеля и культурных злаков снижается. Роль пыльцы других растений-индикаторов культивации остается на высоком уровне (таволга, лапчатка, рябина, бобовые, сложноцветные, цикориевые, лютиковые).

Остров Кильпола. Остров площадью 32,1 км² находится в северо-восточной части Ладожского озера, в подзоне южной тайги. Долгое время на значительной части территории о. Кильпола применялось подсечно-огневое земледелие, однако к началу 19 века эта практика резко сократилась. В конце XIX века площадь лесов на острове существенно снизилась в результате сельскохозяйственной деятельности человека [Taavitsainen et al., 1994]. Доминантными породами в составе широколиственного леса были береза и ольха, сосны росли спорадически. Ель практически отсутствовала, однако в начале XX века еловые леса были высажены искусственно. В настоящее время территория острова покрыта невысоким сосновым лесом на вершинах холмов, на нижележащих участках растут сосновые, лиственные и смешанные леса. Прибрежья заняты аллювиальными полями, встречаются занятые пастбищами древние поля. С момента изоляции острова от более древнего водоема, Анцилового озера, около 9000 лет назад до регрессии Ладоги около 3000 лет назад воды Ладожского озера достигали значений около 20 м на территории о. Кильпола, большая часть окультуренных земель в настоящее время находится ниже этого уровня.

Озеро Суури-Кокколампи находится на о. Монтоссаари (в настоящее время выделен в качестве самостоятельного острова в составе архипелага Кильпола, описанного

у [Taavitsainen et al., 1994]) на высоте 8 м над уровнем моря. Это небольшой водоем площадью 1,2 га и глубиной до 4 м, окруженный древними окультуренными полями [Taavitsainen et al., 1994]. Колонка донных отложений оз. Суури-Кокколампи сложена глиной, глинистыми и органогенными гиттиями. Постепенное уменьшение минеральной составляющей осадка к верхней части колонки, а также данные проведенных анализов (диатомового и потерь при прокаливании) отражают медленный процесс изоляции озера от Ладоги.

Таксономический состав пыльцы в колонке отложений оз. Суури-Кокколампи обусловлен больше локальными условиями. Отражением региональных условий можно назвать доминирование пыльцы сосны в нижней части разреза (около 40%). По мере изоляции озера и обособления его бассейна роль сосны постепенно снижается, как и другой заносной региональной пыльцы. В середине разреза выражена роль локальных таксонов – лиственных пород, в частности березы и ольхи; также встречается пыльца тополя, клена, липы, вяза, лещины. Присутствие пыльцы граба, дуба и ясеня носит заносный характер. На месте освободившихся от вод Ладоги территорий формируются аллювиальные почвы, являющиеся хорошим субстратом для ив и ольхи. Среди прибрежных трав встречается пыльца злаков, осоковых, таволги, лютиковых, калужницы, вербейника кистецветного и др. Водная растительность представлена урутью, кубышкой, кувшинкой, горцом земноводным, болотником и рдестами. В верхней части разреза (начиная с 1700 кал. л. н.) происходят изменения в составе древесных пород и увеличивается роль орляка, что свидетельствует о сведении лесов путем вырубок и пожаров. Снижается роль ели, ольхи и вяза, в то время как доля пыльцы березы и тополя возрастает. В то же время, сразу после изоляции озера от Ладоги, впервые отмечена пыльца культурных злаков. Позднее появляется пыльца ржи. Пыльца других растений-индикаторов антропогенной деятельности (можжевельник, подорожник ланцетолистный, щавель кислый, вереск и др.) также появляется после изоляции.

Озеро Ревонлампи площадью 2,15 га расположено в южной части о. Кильпола на высоте 18 м над уровнем моря, его глубина достигает 2 м [Saarnisto, Grönlund, 1996]. Озеро частично окружено моренами, являвшимися обособленными заливами Ладоги во время Ладожской трансгрессии; условия осадконакопления в них тогда и сейчас довольно схожи. Колонка донных отложений сложена глинистыми и органогенными гиттиями, граница между которыми индицирует время изоляции озера от Ладоги.

Озеро Витсалампи площадью 9,8 га находится на высоте 15 м над уровнем моря, его глубина составляет более 5 м [Saarnisto, Grönlund, 1996]. Озеро окружено обезлесенными скалистыми холмами. Колонка донных отложений представлена грубо- и

мелкозернистым песком с включениями органики, глинистыми, опесчаненными и органогенными гиттиями. Время изоляции от Ладоги оценивается возрастом 3188 или 3416 кал. л. н.

Остров Мантсинсаари. Остров расположен на северо-западном берегу Ладожского озера, имеет длину 14 км и ширину 4 км. Территория представляет собой низковисотную равнину, за исключением нескольких мест, которые достигают высоты 21-22 м над уровнем моря (равно как и соседний о. Лункулансаари) и являются продолжением докембрийских валов, отраженных в рельефе берегов острова [Delusin, Donner, 1995]. Мантсинсаари освободился от ледника около 11000 лет назад во время существования Балтийского Ледникового озера, что отражают отложения варвовых глин в нижних частях острова. Более молодые голоценовые осадки представлены преимущественно органическими отложениями болот и песчаников на верхушках болот. Наиболее приметными морфологическими образованиями являются пляжные хребты (береговые валы), две колонки отложений которых были изучены в рамках русско-финского сотрудничества [Delusin, Donner, 1995].

Первая колонка сложена спрессованным торфом, илистым песком и песком с включением плоской хорошо окатанной гальки. Отложения относятся ко времени трансгрессивной фазы Ладоги. Формирование слоев торфа прекратилось после перекрытия болот сносимым Ладожской трансгрессией материалом с береговых валов. Для слоя илистой глины получена дата 3055 кал. л. н., отражающая максимум Ладожской трансгрессии на о. Мантсинсаари, сформировавшей береговые валы. Вторая колонка была отобрана из базальных отложений на краю болота с подветренной стороны пляжного хребта; она сложена глиной, илом и торфом. По данным палинологического анализа слой базальной глины относится к атлантическому периоду голоцена (менее 8000 лет). Таким образом, органические отложения болота сформировались в начале фландрианского климатического оптимума, а прирост болота начался около 5000 лет назад. В отложениях суббореального периода голоцена отмечен рост кривой ели. В начале субатлантика снижается содержания пыльцы широколиственных пород (лещина, вяз, дуб, липа).

Остров Путсаари. Остров расположен в северной части Ладожского озера. Оз. Вуоренлампи площадью 4000 м² находится в центральной части острова на высоте 49,4 м над уровнем моря [Сапелко и др., 2014]. Донные отложения в нижней части колонки представлены ленточными глинами, относящимися ко времени существования Балтийского ледникового озера. В настоящее время озера на Путсаари сильно заболочены, донные илы насыщены макроостатками, поэтому, помимо палинологического анализа, озеро изучалось методом ботанического анализа торфа [Сапелко, Корнеенкова, 2017].

Ленточные глины сформировались в условиях холодного сухого климата позднего дриаса. В это время доминировала пыльца трав, в частности полыни (40%), злаковых, осоковых и маревых [Сапелко, Корнеенкова, 2017]. Среди деревьев преобладала пыльца березы. С наступлением пребореального периода климатическая обстановка улучшается; начинает формироваться тонкодетритовая гиттия [Сапелко, Корнеенкова, 2017]. Содержание пыльцы трав резко сокращается, широко распространяются березняки, концентрации створок диатомей заметно увеличивается [Сапелко, Корнеенкова, 2017]. На этом этапе предполагается регрессия приледникового озера и изоляция оз. Вуоренлампи. В конце пребореального периода существовало палеосообщество сфагновых эвтрофных топей [Сапелко, Корнеенкова, 2017]. Сокращение роли пыльцы березы и резкий рост кривой пыльцы сосны сигнализирует начало бореального периода. В бореальном периоде были распространены елово-березово-сосновые осоково-сфагновые эвтрофные сообщества, под которыми формировался низинный торф. Затем в условиях развития хвощево-осоково-гипновых эвтрофных топей древесно-сфагновые торфы сменились вначале вахтово-гипновыми, а затем – гипновыми, свидетельствующими об установлении более влажных и теплых условий. На их смену пришли березово-елово-сосновые гипново-травяные эвтрофные сообщества, сформированные вначале древесным низинным, затем древесно-гипновым низинным, потом древесно-травяным и, наконец, древесно-сфагновыми торфами. Верхнюю часть залежи слагают низинные сфагновые, осоково-сфагновые, травяно-сфагновые, осоковые и сфагново-осоковые торфа, образовавшиеся под осоково-сфагновыми мезотрофно-эвтрофными сообществами.

Северное Приладожье.

Палинологические реконструкции разрезов в северном Приладожье позволяют скоррелировать полученные в ходе изучения островных озер на Лункулансаари и Валааме палеоданные о динамике растительного покрова.

Залив Марьялахти. Залив находится в северо-западной части Ладожского озера. Колонка донных отложений сложена глинами и мелкозернистым песком [Бискэ, 1959; Бискэ и др., 1959]. В горизонте глин отмечается высокое содержание пыльцы сосны (до 80%). Роль ели низкая (5%). Содержание пыльцы березы составляет 20%, встречается пыльца широколиственных пород. В песчаных отложениях роль пыльцы ели резко возрастает (до 40%), содержание пыльцы также составляет 40%. Подобные изменения свидетельствуют о похолодании климата. Толща глин относится к атлантическому периоду, а вышележащие горизонты – к суббореальному и субатлантическому периодам.

Куркиёки. Территория Куркиёки (северное Приладожье) сложена типично для послеледниковых низковисотных участков Фенноскандийского щита – трещиноватые

гранитно-гнейсовые скалы, различающиеся по профилю из-за действий ледника и поздние и послеледниковых высоких уровней воды Балтийского моря и Ладожского озера [Miettinen et al., 2002]. Скальные породы покрыты преимущественно моренными отложениями. На более низких отметках встречаются глины и илы – самые молодые из них относятся ко времени трансгрессивной фазы Ладожского озера.

Озеро Пиени-Кууппаланлампи [Miettinen et al., 2002] расположено восточнее поселка Куркиёки на высоте 27 м над уровнем моря. Озеро имеет площадь 40000 м², глубина достигает 12 м. Площадь водосбора составляет всего 0,18 км², охватывая главным образом обнаженные или едва покрытые отложениями скалы с сухими сосновыми лесами. В окрестностях озера также произрастают еловые и смешанные леса. Колонка донных отложений оз. Пиени-Кууппаланлампи сложена глиной и органогенной гиттией.

Нижняя часть разреза относится к раннему голоцену, когда озеро являлось частью Иольдиевого и Анцилового морей. На окружающей территории росла тундроподобная растительность, состоявшая главным образом из карликовой березы, злаковых и боярышника. Оз. Пиени-Кууппаланлампи изолировалось 9785 кал. лет назад в результате регрессии Иольдиевого моря. 8500-9500 лет назад на территории доминировали сосновые леса. Начиная с 8500 лет назад, в отложениях появилась пыльца ольхи. К концу периода содержание пыльцы широколиственных пород (вяз, липа, дуб, лещина, ясень) достигло максимальных значений. Высока роль орляка обыкновенного. Выше по разрезу роль пыльцы ели возросла. Около 5500 лет назад распространились еловые леса, однако немногим позже роль ели снизилась. Роль папоротников продолжила расти. Позднее отмечается ненарушенная лесная растительность – доля сосны, ели, ольхи и березы составляет более 90%, а пыльца недревесных растений встречается значительно реже. В Железном веке (1940-1530 лет назад) вблизи оз. Пиени-Кууппаланлампи отмечается слабоинтенсивная сельскохозяйственная деятельность. Редкая пыльца ржи и других культурных злаков наряду с высоким содержанием пыльцы папоротников и повышением роли пыльцы злаковых свидетельствуют о применении подсечно-огневого земледелия. Верхняя часть колонки относится ко времени устойчивого антропогенного воздействия; происходит переход от подсечно-огневого земледелия к пахотному.

Болото Суо. Болото находится в северной части Приладожья, южнее оз. Суури (Призерский район, Ленинградская область). Колонка болотных отложений охватывает большую часть голоцена, возраст болота составляет около 12546 кал. лет [Чернова и др., 1997]. Разрез торфяной залежи четко показывают закономерную смену развития болота в течение голоцена. Вначале озерная стадия с накоплением торфянистого сапропеля. Затем стадия эвтрофного низинного болота с накоплением гипновых, гипново-вахтовых,

гипново-осоковых и других торфов. И наконец, стадия мезотрофного болота с накоплением гипнового торфа и стадия олиготрофного верхового болота с накоплением пушицево-сфагнового, магелланикум- и фускум-торфа и комплексных торфов. Изменение общего состава и кривых пыльцы отдельных растений имеет пилообразный характер, вероятно связанный с климатическими колебаниями в голоцене. Это отражается в смене растительности территории: в начале голоцена на территории произрастают березовые редколесья, вероятно близкие к лесотундрам; во время климатического оптимума распространены южнотаежные леса; в настоящее время растительность представлена среднетаежными лесами с сохранившимися неморальными элементами.

Болото Скополиное. Болото находится в северном Приладожье на территории заказника «Толвоярви», юго-восточная Карелия. В результате изучения торфяной залежи был составлен сукцессионный ряд зонально обусловленной растительности, начиная с атлантического периода голоцена [Филимонова, 2014]. Для южной тайги, леса которой покрывали территорию в начале-середине атлантического периода (8000-6000 кал. л. н.), характерны сосновые, сосново-березовые и черноольховые леса с елью, широколиственными породами и лещиной. В конце атлантика (6000-4700 кал. л. н.) они сменились елово-сосновыми, сосново-еловыми и сосново-березовыми лесами с широколиственными породами и лещиной, елово-черноольховыми с вязом лесами. На протяжении всего суббореального периода (4700-2500 кал. л. н.) территорию покрывали леса южного варианта средней тайги: еловые и сосновые с березой, широколиственными породами и черной ольхой. В начале-середине субатлантического периода (2500-1400 кал. л. н.) они уступили место среднетаежным елово-сосновым и сосново-еловым с березой лесам. С середины субатлантика (1400 кал. л. н.) по настоящее время территорию северо-восточной части Карелии занимают сосновые леса с примесью ели и березы.

Смены типов леса в позднеледниковье-голоцене в Приладожье рассмотрены по результатам комплексного анализа донных отложений оз. Южное Хаугилампи, центральная Карелия [Шелехова и др., 2021]. В позднеледниковье на изучаемой территории была развита перигляциальная растительность (с доминированием *Artemisia* и *Chenopodiaceae*), тундровые и лесотундровые березовые сообщества. В пребореальном периоде развивались березовые редколесья. В бореальном периоде доминировали сосновые среднетаежные леса, нередко с участием березы. В атлантическом периоде они сменились южнотаежными сосновыми и еловыми лесами с широколиственными породами. В суббореале и субатлантике леса начали приобретать среднетаежный облик.

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОВОВ В АКВАТОРИИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Ладожское озеро является первым по величине озером Европы. Его площадь составляет 18 329 км², из которых 457 км² приходится на острова [Ладожское озеро..., 2015]. Длина береговой линии Ладоги без учета длины береговой линии островов составляет 1570 км. Максимальная глубина отмечена в северо-западной части озера (230 м). Средняя глубина составляет 48,3 м [Науменко, 2013]. Ладожское озеро образовалось после отступления последнего валдайского оледенения. По результатам комплексных исследований, считается, что это произошло в интервале 14000-12500 календарных лет [Субетто, 2009].

В рамках настоящей диссертации были изучены малые озера на островах Лункулансаари и Валаам в северной части Ладожского озера (рисунок 3).

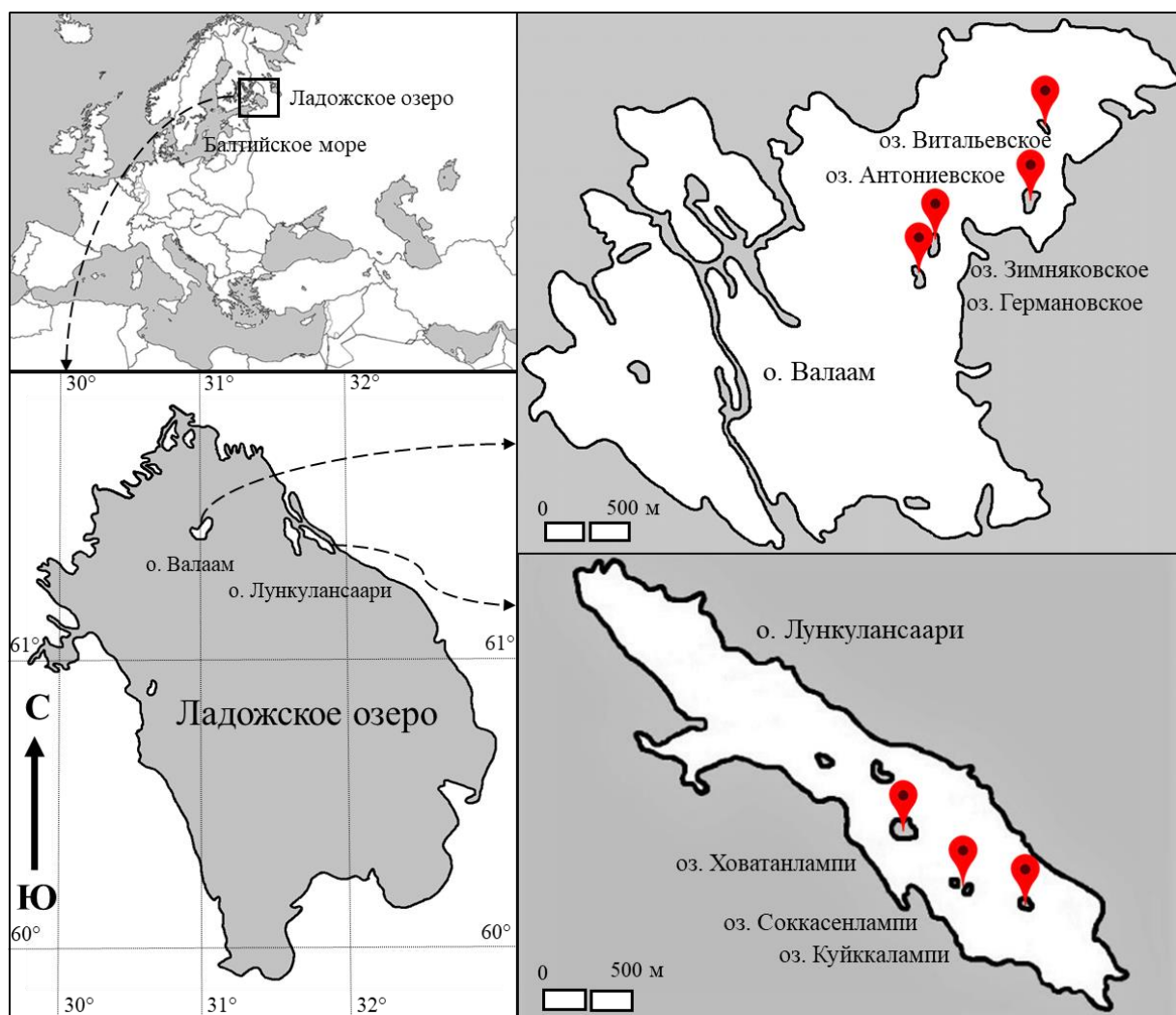


Рисунок 3 – Расположение объектов исследования

2.1 Остров Лункулансаари

Остров Лункулансаари находится в северо-восточной части Ладожского озера, территориально относится к Питкярантскому району Республики Карелия. Точная площадь острова неизвестна, он вытянут в направлении с северо-запад на юго-восток на 17,2 км, протяженность самой широкой части составляет 4,1 км. К западу расположен еще один крупный остров – Мантсинсаари, отделенный узким Мантсинсаарским проливом, а от материка Лункулансаари отделен проливом Перьямансалми. Детального изучения физико-географических характеристик, включая изучения растительности и озер, на о. Лункулансаари ранее не проводилось, поэтому большая часть данных относится в целом для северной части Приладожья.

Геологическое строение и рельеф. Как и вся северная часть Ладожского озера, о. Лункулансаари лежит на Балтийском кристаллическом щите [Калесник, 1968]. Древние породы, слагающие щит, выходят на дневную поверхность, и перекрываются тонким (несколько метров) слоем рыхлых четвертичных осадков. Группа островов Мантсинсаари и Лункулансаари сложена оливиновыми диабазами. Согласно геоморфологическому районированию Карелии, о. Лункулансаари относится к Южно-Карельскому геоморфологическому району [Елина, 2005]. В районе расположены крупные глубокие котловины Ладожского и Онежского озер и разделяющих их значительно приподнятые – Ладожско-Онежский и Онежско-Беломорский водоразделы. Отличительной особенностью Южно-Карельского геоморфологического района является наличие межлопастных аккумулятивных возвышенностей, сопряженных с краевыми ледниковыми образованиями. Возвышенности представляют собой приподнятые массивы с относительными превышениями до 120 м, сложенные ледниковыми и водно-ледниковыми отложениями мощностью до 80–100 м. Также представлены другие формы аккумулятивного рельефа – моренные и водно-ледниковые равнины, пояса конечных моренных гряд и озово-дельтовые комплексы.

Климат. Климат характеризуется значительными колебаниями температуры воздуха, высокой относительной влажностью, облачностью и большим количеством осадков. Зима умеренно холодная и продолжительная, самым холодным месяцем является январь. Лето умеренно теплое, самый теплый месяц – июль. Среднегодовая температура на островах северной части Ладожского озера составляет около +3,6°C [Степанова и др., 2021]. Средняя зимняя температура воздуха здесь колеблется от –6,5 до –10°C, летняя – 16–18,5°C. Среднегодовое количество осадков составляет от 600 до 850 мм в год. Образование устойчивого снежного покрова происходит обычно в начале декабря, а

окончательный сход – в первой половине апреля [Ладожское озеро..., 2015]. Обилие осадков в акватории Ладоги распределено неравномерно и колеблется от 380 мм в год на северо-западном побережье до 630 мм в год на островах в южной части озера. Число дней с осадками в году достигает 200. В период с ноября по февраль их частота значительно выше, чем в весенне-летний период.

Формирование климата северной части Ладожского озера происходит в основном под воздействием морских атлантических воздушных масс средних (умеренных широт). Воздушные массы арктического происхождения, вызывающие резкое похолодание, встречаются в виде отдельных вторжений только зимой и в переходные сезоны года. Изредка летом наблюдаются тропические воздушные массы, резко повышающие температуру воздуха. На севере Ладоги в осеннее и зимнее время доминируют юго-западные, южные и юго-восточные ветры. Для весны и лета северные и южные ветры повторяются почти одинаково, закономерно сменяя друг друга. Ладожские ветра неустойчивы и в течение суток могут несколько раз менять направление и скорость [Ладожское озеро..., 2015].

Гидрология. Водная сеть на о. Лункулансаари представлена преимущественно малыми озерами и заболоченными территориями. В центральной и юго-восточной частях острова находятся несколько небольших озер – Кареслампи, Ликолампи, Ховатанлампи, Куйккалампи, Соккасенлампи. Озера окружены сплавиной, в них происходят интенсивные процессы зарастания и заболачивания. На северо-западе острова расположен болотный массив Лайсинлухта, отдельные заболоченные участки встречаются также в центральной части. Согласно районированию болот Карелии, Лункулансаари относится к округу травяно-сфагновых мезотрофных и травяно-сфагновых грядово-мочажинных мезотрофных болот Западно-Карельской возвышенности, к району травяно-сфагновых мезотрофных болот Олонецкой равнины, к подрайону с заболоченностью 30–50% [Елина, 1984].

Почвы и растительность. Почвы острова преимущественно представлены различными вариантами подзолистых почв [Калесник, 1968]. Лункулансаари относится к подзоне средней тайги. Для коренной средней тайги характерны ельники-черничники без подлеска, с сомкнутым древостоем и сплошным покровом блестящих зеленых мхов [Калесник, 1968]. Основными лесообразующими породами на острове являются сосна обыкновенная и ель европейская и сибирская; широко распространена береза пушистая и повислая.

Согласно геоботаническому районированию Ладожского озера, Лункулансаари относится к восточному району открытых берегов [Распопов, 1968]. На восточном

побережье встречаются 17 ассоциаций макрофитов, включая открытую группировку зарастания освободившихся от воды участков дна. Доминантами этих ассоциаций являются осоки острая и вздутая, тростник, рдесты разнолистный и пронзеннолистный, кубышки, камыш озерный, частуха, хвощи, болотница игольчатая, ежеголовник, горец земноводный. Встречаются чистые ассоциации тростника. Группировки рогозов (*Typha latifolia*, *T. angustifolia*) не характерны, их появление вызвано повышением биогенной нагрузки на Ладожское озеро. Видовой состав восточного побережья Ладоги представлен следующими высшими водными и прибрежно-водными растениями: *Fontinalis antipuretica*, *Calliergon giganteum*, *drepanocladus aduncus*, *Isoetes lacustris*, *Equisetum fluviatile*, *Sparganium angustifolium*, *S. emersum*, *S. minimum*, *Potamogeton compressus*, *P. gramineus*, *P. natans*, *P. perfoliatus*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *Butomus umbellatus*, *Elodea canadensis*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Stratiotes aloides*, *Carex acuta*, *C. aquatilis*, *C. lasiocarpa*, *C. nigra*, *C. pseudocyperus*, *C. rostrata*, *C. vesicaria*, *Eleocharis acicularis*, *E. palustris*, *Scirpus lacustris*, *S. sylvaticus*, *Lemna minor*, *Juncus articulatus*, *J. bifonius*, *Iris pseudacorus*, *Nuphar lutea*, *Nuphar pumila*, *Numphaea candida*, *Comarum palustre*, *Epilobium palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *Naumburgia thyrsiflora*. Берега Лункулансаари низкие, аккумулятивные. Северо-восточное окончание острова представлено песчаной косой шириной 3-5 м, которая затапливается при повышении уровня Ладоги [Современное состояние..., 2021]. Заросли тростника в этом месте формируют пояс шириной до 100 м.

2.2 Остров Валаам

Валаам является самым большим островом (27,8 км²) из более чем 50 островов Валаамского архипелага (36,0 км²), расположенного в северной части Ладожского озера [Экосистемы, 2016].

Геологическое строение и рельеф. С геологической точки зрения, остров можно рассматривать как географический центр Ладожского озера [Экосистемы, 2016]. Архипелаг образовался в результате глыбово-блоковых движений кристаллического фундамента Ладожской котловины в рифейскую эпоху. В разломах, образовавшихся в фундаменте Восточно-Европейской платформы и заполнившихся магмой, образовались интрузивные тела. Наиболее выраженным являлся Валаамский силл – пластовое интрузивное тело мощностью до 200 м, залегающее между осадочными и эффузивно-осадочными рифейскими отложениями [Свириденко, Светов, 2008]. В ходе геологической истории силл неоднократно подвергался тектоническим преобразованиям, в результате

которых в самой глубокой части Ладожского озера образовался Валаамский архипелаг. В отличие от северного побережья Ладоги, представленного гранитами и гнейсами, архипелаг сложен магматическими породами щелочного происхождения – габбродолеритами, феррогаббрами и монцититоидами с аплитовыми жилами [Шешукова и др., 2005].

На Валааме находится крупнейшая и единственная на северо-западе России области выхода на поверхность массивно-кристаллических пород [Экосистемы, 2016]. На острове находятся маломощные четвертичные отложения, представленные супесчаными ледниковыми отложениями валдайского оледенения и ледниково-озёрными и озёрными отложениями, которые формировались в ходе трансгрессивно-регрессивных стадий Балтийско-Ладожских палеобассейнов [Матинян, Урусевская, 1999]. Ледниково-озёрные отложения представлены ленточными глинами, перекрытыми озёрными пески, супесями и суглинками. Также на Валааме распространены элювиальные, элювиально-делювиальные отложения, коллювиальные и торфяно-болотные отложения.

Рельеф острова главным образом денудационно-тектонический [Экосистемы, 2016]. К тектоническим разломам и трещинам приурочены скалистые гряды и крупные приподнятые массивы, расчлененные системой депрессий (лощин, заливов, озер). Рельеф острова крайне сложен, в нем выделяется около 400 типов ландшафтных фаций. В качестве основных почвообразующих пород выступают магматические, представленные габбро-диабазами, ферро-габбрами и моноцитами, отличающимися повышенным содержанием оксидов фосфора, титана, щелочей, бария, кальция, железа и пониженным содержанием кремнезема [Матинян, Урусевская, 1999; Экосистемы, 2016].

Климат. Как и на о. Лункулансаари и других островах в северной части Ладоги, среднегодовая температура воздуха на о. Валаам составляет $+3,6^{\circ}\text{C}$ [Степанова и др., 2021]. Средняя температура самого холодного месяца составляет $-6,5$ – -10°C (январь), средняя температура самого теплого месяца – 16 – $18,5^{\circ}\text{C}$ (июль). Среднегодовое количество осадков колеблется от 600 до 850 мм. Валаам находится под сильным влиянием Ладожского озера. Проходя над озером, континентальные воздушные массы приобретают черты, свойственные морским воздушным массам [Экосистемы, 2016]. Расположение острова в акватории Ладоги обеспечивает высокую относительную влажность воздуха (81-83%), большое количество осадков (600 мм в год) и частые туманы [Матинян, Урусевская, 1999].

Гидрология. Водная система Валаама образована главным образом озерами и заливами, приуроченным к тектоническим разломам и трещинам [Экосистемы, 2016]. На острове находится 9 изолированных озер – Германовское, Зимняковское, Антониевское,

Витальевское, Никоновское, Крестовое, Осиево, Черное и Игуменское. Два самых крупных озера – Сисяярви и Лещевое – до сих пор связаны с Ладожским озером и являются слабопроточными. Все озера расположены в межсельговых понижениях. Наиболее глубокими являются озера Осиево и Игуменские (до 9 м). Для всех озер характерны высокая цветность воды и низкая прозрачность, обусловленные высоким общим содержанием гумусовых веществ (выше 18 мгО/л), что является типичным для малых лесных озер Карелии.

Почвы и растительность. Почвы на острове маломощны, но отличаются многообразием и богатством минералогического состава. Они представлены примитивными почвами, подбурами, буроземами, подзолистыми, болотно-подзолистыми, дерново-глеевыми, болотными и антропогенными [Морозова, Лазарева, 2002]. Примитивные почвы развиваются на выходах коренных пород [Матинян, Урусевская, 1999]. Подбуры и буроземы связаны с магматическими подстилающими породами, обогащенными кальцием и магнием, препятствующими развитию типичного для средней тайги оподзоливания почв. Эти почвы распространены на склонах сельг и плоских вершинах. Подзолистые почвы формируются на моренных или озёрных и озёрно-ледниковых отложениях в понижениях между сельгами низинах. Болотно-подзолистые и дерново-глеевые почвы также образуются в понижениях и нижних частях склонов при близком залегании коренных пород или ленточных глин. Для центральной и северной частей Валаама, испытывающих повышенную антропогенную трансформацию, характерны антропогенно-преобразованные почвы с повышенным содержанием биогенных элементов и изменённым водным режимом.

Из-за магматических подстилающих пород все почвы острова характеризуются высоким содержанием железа (3 495-11 949 мг/кг в верхних горизонтах, до 12 369 мг/кг в нижних горизонтах) [Экосистемы, 2016]. Для луговых почв характерно повышенное содержание никеля и меди, связанное с их миграцией в кислой среде и способностью сорбироваться глинистыми фракциями. Также велико содержание свинца, связанное с близостью дорог и возрастающей из года в год транспортной нагрузкой.

Остров Валаам находится на границе южной и средней тайги, основными лесообразующими породами являются сосна и ель. На острове доминируют среднетаежные сосновые и елово-сосновые леса с участием неморальных элементов [Кучко, 1983]. Распространены клен остролистный, липа мелколистная, вяз шершавый, находящиеся на северной границе своего ареала [Валаам..., 1988]. В восточной части Валаама распространены сосновые леса различных формаций (беломошные, вересковые, брусничные, черничные, травяные, скальные) [Валаам..., 1988; Матинян, Урусевская,

1999]. Небольшую часть острова (около 5%) занимают березовые леса [Кучко, 1983]. Также в составе других типов леса встречаются осина и ольха, по берегам озер активно произрастает ольха черная [Валаам..., 1988]. В подлеске встречаются рябина, ивы, можжевельник, реже калина, черёмуха, красная смородина. На небольших участках встречаются осинники, а также посадки интродуцентов – лиственницы сибирской, дуба черешчатого, пихты сибирской, сосны Муррея, туи западной и других видов. Характерной особенностью лесов является старовозрастность (200-300 лет) [Экосистемы, 2016].

В травяно-кустарничков ярусе соседствуют неморальные, арктические, арктоальпийские и сибирские виды, что связано с климатическими колебаниями в голоцене и смещением границ природных зон [Валаам..., 1988]. Географическое положение острова на границе южной и средней тайги, довольно благоприятный климат и многообразие почвенного покрова сформировали богатую флору и растительность. На Валааме произрастают 530 видов сосудистых растений (без учета культивируемых растений и интродуцентов) [Экосистемы, 2016]. Площадь, занятая болотами, невелика и составляет около 1% [Кучко, 1983].

Территориально Валаам относится к шхерному району. Ранее комплексные исследования водной растительности здесь также проводились Институтом озероведения РАН под руководством И.М. Распопова [Распопов, 1961; 1968; 1985; 2009; Распопов и др., 1969; 2000; Распопов, Рычкова, 1971]. В шхерном районе широко распространены ассоциации тростника (*Phragmitetum australis subpurum*), тростника с водными растениями (*Phragmitetum australis aqui herbosum*), рдеста пронзеннолистного (*Potametum perfoliati subpurum*), рдеста пронзеннолистного с водными растениями (*Potametum perfoliati aqui-herbosum*), рдеста травяного с водными растениями (*Potametum graminei aqui-herbosum*), тростника с хвощом (*Phragmitetum australis equisetosum*) и тростника с камышом (*Phragmitetum australis scirposum*). В настоящее время макрофиты заливов Валаамского архипелага и внутренних озер изучаются сотрудниками Института озероведения и учебно-научной станцией РГГМУ «Валаам». Изучено современное распространение макрофитов в заливах северо-западной и юго-восточной частей Валаамского архипелага – Невод, Мельничный, залив Естественной протоки, Дивная и Малая Никоновская бухты [Зуева и др., 2015]. Таксономический состав данных заливов представлен 55 видами макрофитов, аиболее распространенными являются *Caltha palustris*, *Carex acuta*, *Eleocharis palustris*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Myosotis palustris*, *Phalaroides arundinacea*, *Persicaria amphibia*, *Potamogeton gramineus* и *Potamogeton perfoliatus*.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках многолетних комплексных палеолимнологических исследований Института озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН автором были изучены методом палинологического анализа колонки донных отложений малых островных озер в акватории Ладожского озера. Особое внимание при изучении колонок уделялось высшим водным растениям – макрофитам. Многолетние исследования позволили сформировать и апробировать новую методику изучения колебания уровня островных озер в голоцене по данным динамики пыльцы макрофитов [Gazizova et al., 2019; Газизова, Сапелко, 2020; Gazizova et al., 2022; Сапелко и др., 2023; Gazizova, Sapelko, 2024; Сапелко и др., 2026].

Материалы для представленного исследования получены в рамках нескольких палеолимнологических экспедиций. В июле 2017 года были отобраны поверхностные пробы и керны донных отложений трех озер на о. Лункулансаари – Ховатанлампи, Соккасенлампи и Куйккалампи (рисунок 3, таблица 4). Полевые работы на о. Валаам в 2019 и 2021 годах позволили отобрать поверхностные пробы и колонки донных отложений четырех озер – Германовское, Зимняковское, Антониевское и Витальевское (рисунок 3, таблица 3). Отбор поверхностных проб осуществлялся с помощью лота Воронкова [Волкова, 2021] из нескольких точек озера (таблица 5). В рамках полевых работ также изучалась современная водная и наземная растительность.

Таблица 4 – 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

Отбор кернов донных отложений осуществлялся при помощи Русского бура длиной 1 м и диаметром 5 см в летний период с плота на основе катамарана или со сплавин, окружающих озера. Керны отбирались с небольшим перекрытием, чтобы в дальнейшем получить непрерывную колонку донных отложений. Подробная литостратиграфия кернов и колонок приведена в таблице 6 и на рисунке 4. В целом, мощность вскрытых отложений составляет 0,5-2 м. Верхняя часть колонок представлена

гиттиями, нижняя – глинами, песком, опесчаненными алевритами, между ними отмечаются переходные опесчаненные или глинистые горизонты. Подстилающие породы имеют предположительно моренное происхождение; они содержат большое количество грубообломочного материала, не позволяющего пробурить нижележащие отложения.

Таблица 5 – Точки отбора поверхностных проб на островных озерах

Остров	Озеро	Глубина ПП, м	Координаты
Лункулансаари	Куйккалампи	2,5	61.303916; 31.864050
		2,8	61.303050; 31.866766
	Соккасенлампи	1,8	61.307500; 31.836100
	Ховатанлампи	1,8	61.320583; 31.814333
		2,1	61.321116; 31.815050
Валаам	Германовское	2,6	61.378010; 30.968450
		3,0	61.378710; 30.968380
		3,5	61.377640; 30.969230
	Зимняковское	1,4	61.382080; 30.974460
		2,2	61.382560; 30.974000
		2,8	61.381700; 30.975080
	Антониевское	2,7	61.387151; 30.996192
		2,9	61.387164; 30.996972
		3,7	61.388931; 30.995562
	Витальевское	1,9	61.399281; 30.999912

Отобранные керны донных отложений упаковывались в транспортировочную пленку и специальные чехлы. Разбор кернов на анализы проводился в лаборатории палеолимнологии Института озераедения РАН – СПб ФИЦ РАН послойно снизу-вверх с частотой 2 сантиметра. При наличии четко различающегося по цвету или структуре донного материала частота отбора образцов увеличивалась до 1 см. Полученные материалы подготавливались для изучения методами палинологического анализа и радиоуглеродного датирования.

Палинологический анализ. Методом палинологического анализа изучались поверхностные пробы и колонки донных отложений всех озер. Всего было проанализировано 425 проб донных отложений и 18 поверхностных проб. Обработка материалов проводилась по сепарационной методике В.П. Гричука [1940], усовершенствованной в Институте озераедения.

Таблица 6 – Литологическое строение кернов донных отложений озер

Озеро	№ точки	№ керна	Горизонт, м	Литологическое строение
Ховатанлампи	1	1	2,92-3,40	2,92-3,25 м – плотная черная гиттия
				3,25-3,40 м – плотная коричневая гиттия
	1	2	2,51-3,00	2,51-2,76 м – плотная черная гиттия
				2,76-2,90 м – бурая гиттия
				2,90-3,00 м – светло-коричневая опесчаненная гиттия
	2	3	2,08-2,57	2,08-2,43 м – черная гиттия
				2,43-2,53 м – бурая гиттия
				2,53-2,57 м – серая опесчаненная глина
	2	4	2,08-2,58	2,08-2,46 м – черная жидкая гиттия
				2,46-2,54 м – бурая гиттия
				2,54-2,57 м – серая опесчаненная глина
				2,57-2,58 м – среднезернистый песок с гравием
Куйккалампи	1	1	2,30-3,30	2,30-2,80 м – верхняя часть, размыта
				2,80-3,23 м – темно-бурая гиттия
				3,23-3,28 м – зеленовато-бурая гиттия
				3,28-3,30 м – серая опесчаненная глина с гравием
Соккасенлампи	2	1	1,98-2,46	1,98-2,45 м – темно-бурая гиттия
				2,45-2,46 м – серая глина
	3	3	1,45-1,95	1,45-1,47 м – неразложившийся торф
				1,47-1,58 м – торфянистая гиттия с макроостатками
				1,58-1,95 м – черная гиттия
	3	4	0,80-1,80	0,80-1,15 м – неразложившийся торф
1,15-1,45 м – гиттия с макроостатками				
1,45-1,80 м – черная гиттия				
Германовское	6	8	1,30-2,30	1,30-2,30 м – черная торфянистая гиттия
	13	20	2,13-3,00	2,13-3,00 м – черная гиттия с макроостатками

Продолжение Таблицы 6 – Литологическое строение кернов донных отложений озер

Озеро	№ точки	№ керна	Горизонт, м	Литологическое строение
Зимняковское	2	2	2,73-3,73	2,73-3,73 м – черная гиттия
	2	4	2,68-3,68	2,68-3,54 м – черная гиттия 3,54-3,68 м – песок
Антониевское	2	4	3,67-4,63	3,67-4,42 м – темно-бурая гиттия
				4,42-4,48 м – зеленовато-бурая опесчаненная гиттия
				4,48-4,63 м – серая глина
Витальевское		2	1,90-2,90	1,90-2,05 м – черный наиллок
				2,05-2,90 м – однородная гиттия
		3	2,70-3,70	2,70-3,00 м – темно-бурая гиттия
				3,00-3,25 м – бурая гиттия с макроостатками
				3,18-3,70 м – бурая алевритовая гиттия
		5	3,20-4,20	3,20-3,31 м – темно-бурая гиттия
				3,31-3,73 м – бурая гиттия с прослоями детрита
				3,73-3,94 м – коричневый опесчаненный алеврит
				3,97-4,20 м – серо-бурый крупный песок
		6	2,97-3,97	2,97-3,28 м – темно-бурая гиттия
				3,28-3,69 м – бурая алевритовая гиттия с прослоями детрита
				3,69-3,93 м – серый опесчаненный алеврит
3,93-3,97 м – темно-серый крупный песок				

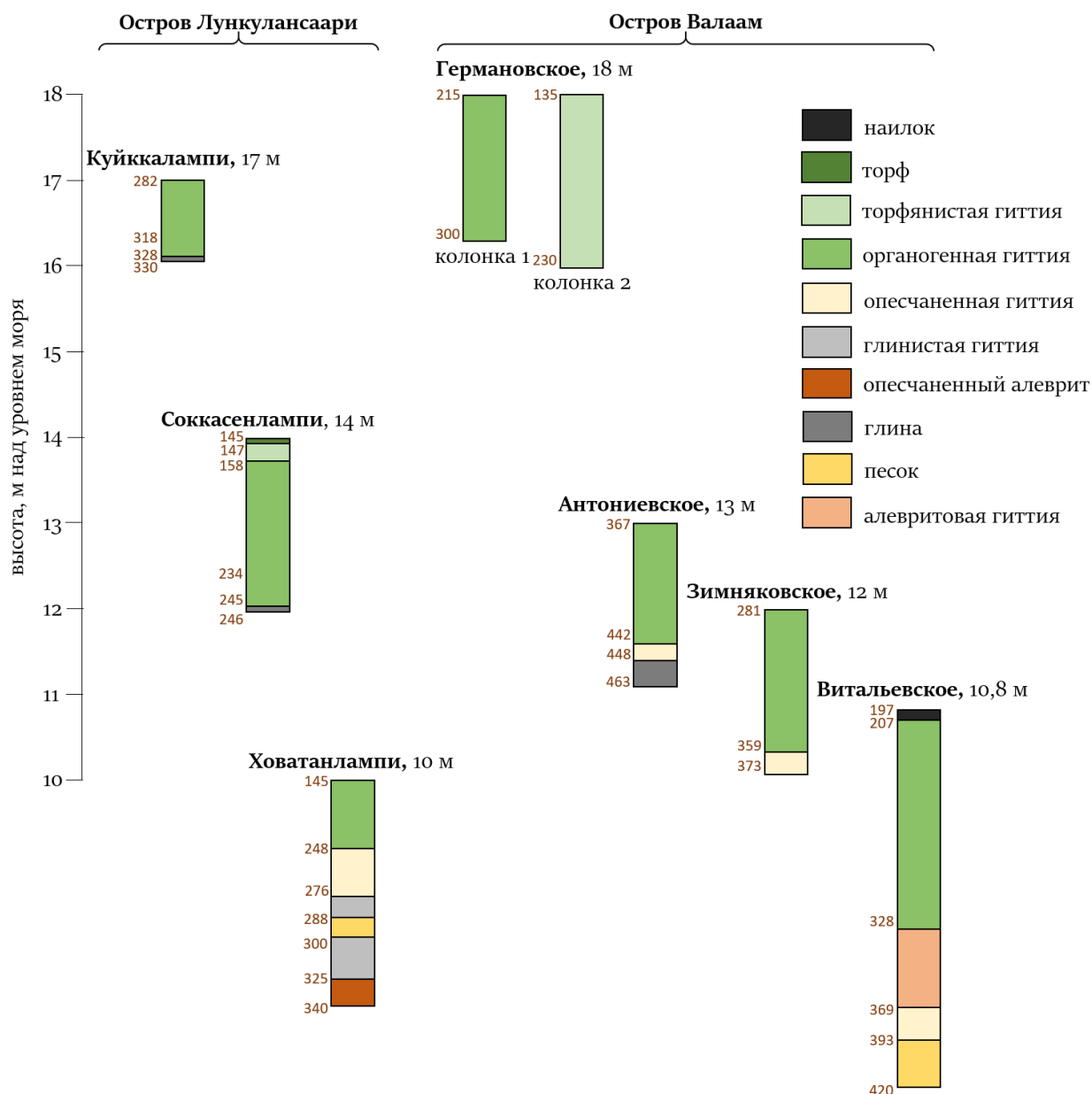


Рисунок 4 – Литостратиграфия колонок донных отложений островных озер (рядом с колонками обозначены глубины в см)

Пробы донных отложений помещались в фарфоровые стаканы объемом 500 мл и проверялись на наличие карбонатов путем растворения небольшой части навески в 10% растворе соляной кислоты (HCl) в отдельном стеклянном стакане. Все образцы донных отложений оказались некарбонатны – не проявили следов химической реакции с соляной кислотой. Для растворения гумусовой составляющей осадка в стаканы добавлялось небольшое количество заранее приготовленного 10% раствора пиррофосфата натрия (Na₄P₂O₇). Полученная смесь нагревалась в течение 5 минут, после чего заливалась водой, тщательно перемешивалась и оставлялась до следующего дня. Затем пробы аккуратно сливались и вновь разбавлялись водой для получения очищенного осадка. Отмытый

осадок центрифугировался в пластмассовых центрифужных пробирках в течение 20 минут в заранее приготовленной тяжелой жидкости (180 гр. КJ : 200 гр. CdJ₂ : >200 мл Н₂О) плотностью 2,28 г/см³ для сепарации органической и минеральной составляющей. Особенностью методики является применение тяжелой жидкости удельного веса больше удельного веса пыльцы и спор, но меньше удельного веса минерального компонента. Полученный осадок сливался в стеклянные стаканы объемом 50 мл, разбавлялся водой и небольшим количеством HCl и оставлялся до следующего дня. Отстоявшийся раствор тяжелой жидкости осторожно сливался, осадок несколько раз центрифугировался в стеклянных центрифужных пробирках в течение 5 минут с добавлением воды для удаления следов тяжелой жидкости. В получившиеся пробы добавлялось небольшое количество 85% раствора глицерина для предотвращения высыхания осадка и облегчения процесса приготовления временных микропрепаратов.

Изучение пыльцевых зерен осуществлялось при увеличении 400 мкм с использованием светового микроскопа МИКМЕД-6 (АО «ЛОМО», Россия). Для идентификации пыльцы и спор растений использовались определители [Куприянова, Алешина, 1967, 1972, 1978], электронные базы данных [<https://www.paldat.org/>; <https://www.paleoaltai.com/sibpal>; <https://pollenatlas.net/homepage>; <http://botany-collection.bio.msu.ru/>] и коллекция Института озероведения. Для каждого образца было подсчитано не менее 250 зерен древесных пород. Как показывают последние исследования [Djamali, Cilleros, 2020], для голоценовых отложений достаточно 150 зёрен для определения 90% таксонов. Концентрация пыльцы в образцах не определялась – в озерных отложениях она обычно стабильно высокая. Для построения спорово-пыльцевой диаграммы использовались специальная программа Tilia [Grimm, 2004] и Excel. Проценты рассчитывались от общей суммы пыльцы и спор. Содержание зеленых водорослей и спор грибов указывалось количественно.

Для более точной интерпретации палеогеографических данных изучались поверхностные пробы донных отложений, содержащие усредненную за последние несколько лет информацию о растительности в пределах водосбора. Важность изучения субрецентных спорово-пыльцевых спектров (СПС) для понимания особенностей распространения палеорастительности доказана в работах классиков [Гричук, Заклинская, 1948; Кабайлене, 1969]. Интерпретация палинологических данных связана с особенностями пыльцы различных растений, ее транспортировкой и аккумуляцией. На представленность пыльцы в СПС влияют пыльцевая продуктивность виды, способ переноса пыльцы (энтомофилия, анемофилия, гидрофилия), степень участия конкретного

таксона в растительном покрове, дальний занос пыльцы, сукцессионные процессы и т.д. [Faegri, Iversen, 1989].

Радиоуглеродное датирование. Определенная палинологическим методом хронология отложений в ходе исследования сопоставлялась с радиоуглеродными данными (таблица 7, рисунки 5-7). Радиоуглеродное датирование проводилось для озерных отложений на о. Лункулансаари методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS) доктором Xiaolei Li на базе лаборатории изотопной геохимии Института геохимии Гуанчжоу Китайской академии наук (GIGCAS), Гуанчжоу, Китай.

Таблица 7 – Радиоуглеродный анализ донных отложений островных озер

Озеро	Лаб. номер	Глубина, м	Горизонт	¹⁴ C л. н.	Калиброванный возраст, л. н. ($\pm 2\sigma = 95,4\%$)
Куйккалампи	GZ10834	3,26-3,28	Гиттия	3150 \pm 35	3451-3257
	GZ10835	3,19-3,21	Гиттия	2865 \pm 20	3066-2884
	GZ10836	2,93-2,95	Гиттия	1110 \pm 20	1058-959
Соккасенлампи	GZ10837	2,43-2,45	Гиттия	2765 \pm 40	2956-2772
	GZ10838	1,76-1,77	Гиттия	1900 \pm 25	1881-1736
	GZ10839	1,45-1,46	Гиттия	510 \pm 20	546-511
Ховатанлампи	GZ10840	3,26-3,27	Опесчаненный алеврит	2910 \pm 25	3152-2963
	GZ10841	3,00-3,01	Глинистая гиттия	2070 \pm 45	2287-1892
	GZ10842	2,20-2,21	Гиттия	1880 \pm 25	1866-1719
Зимняковское [Saarnisto, 2012]	Su-2818	3,60-3,65	Глинистая гиттия	3010 \pm 100	3444-2896
	Su-2819	3,65-3,70	Глинистая гиттия	2680 \pm 80	2997-2517
Антониевское [Saarnisto, 2012]	Su-2748	4,20-4,25	Глинистая гиттия	2900 \pm 80	3326-2845
	Su-2747	3,15-3,20	Гиттия	2360 \pm 40	2682-2319
Витальевское [Saarnisto, 2012]	Su-2817	3,45-3,55	Органический детрит с илом и песком	2950 \pm 150	3446-2775
	Su-2816	2,95-3,00	Глинистая и опесчаненная гиттия	2740 \pm 90	3137-2723

Органический материал обрабатывался стандартным кислотно-щелочным методом для растворения карбонатов и гуминовых кислот. После сублимационной сушки образец в кварцевой пробирке с серебряной ватой и чистыми иглами CuO высушивался в печи при температуре 350°C для удаления стойких современных углеродистых примесей. Затем

пробирку вакуумировали, герметизировали и нагревали в печи при температуре 850°C в течение 2 часов для окисления органического углерода в CO₂. Полученный газообразный CO₂ очищали и графитировали по предложенной Ху с соавторами [2007] методике. Графитовые мишени измерялись специальным AMS-прибором NEC с энергией 0,5 МэВ ¹⁴C с точностью более 3,0%. Датировались макроостатки и органический материал. Отложения озер на о. Лункулансаари стратифицированные, без инверсий. Для отложений озер на о. Валаам использовались имеющиеся даты, полученные ранее [Saarnisto, 2012], также полученные с помощью AMS. Калибровка всех радиоуглеродных датировок выполнена по одной шкале в программе OxCal версии 4.4 [Bronk-Ramsey 2008; Bronk-Ramsey, Lee 2013] с использованием калибровочной кривой IntCal20 [Reimer et al., 2020].

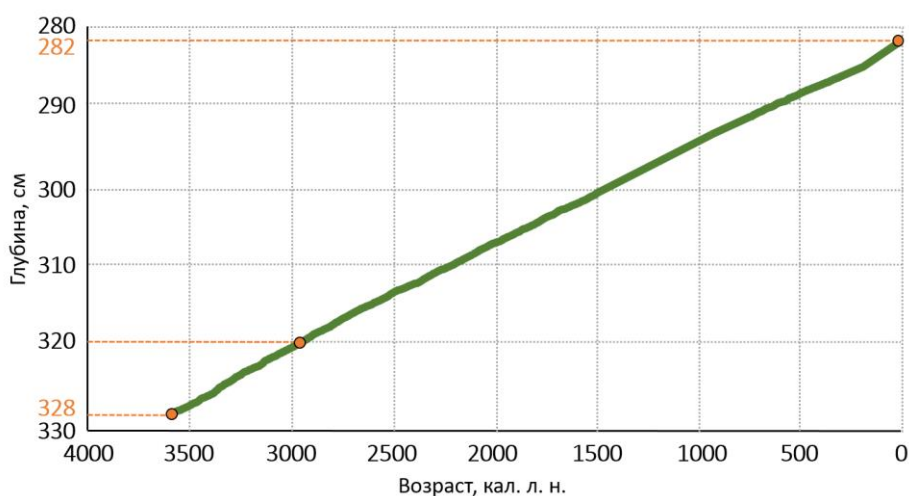


Рисунок 5 – Модель возраст-глубина для отложений оз. Куйккалампи

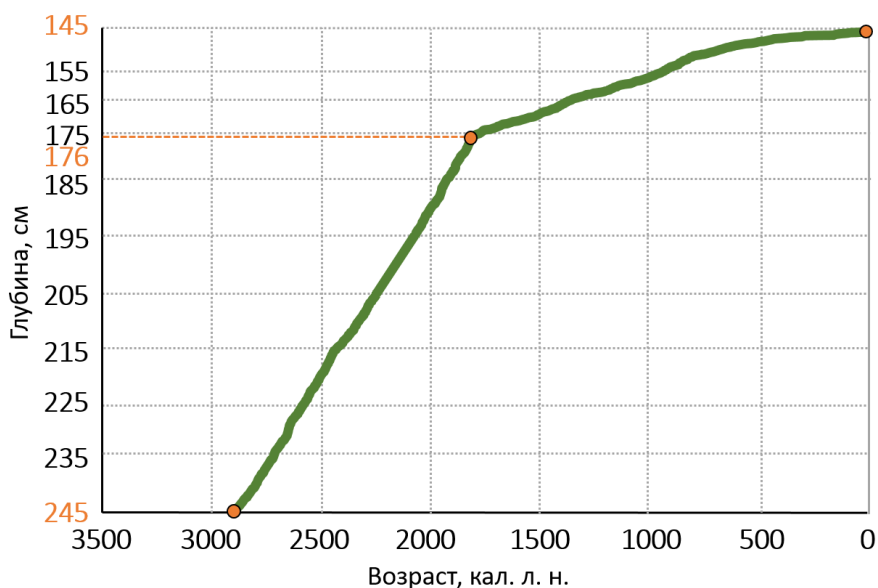


Рисунок 6 – Модель возраст-глубина для отложений оз. Соккасенлампи

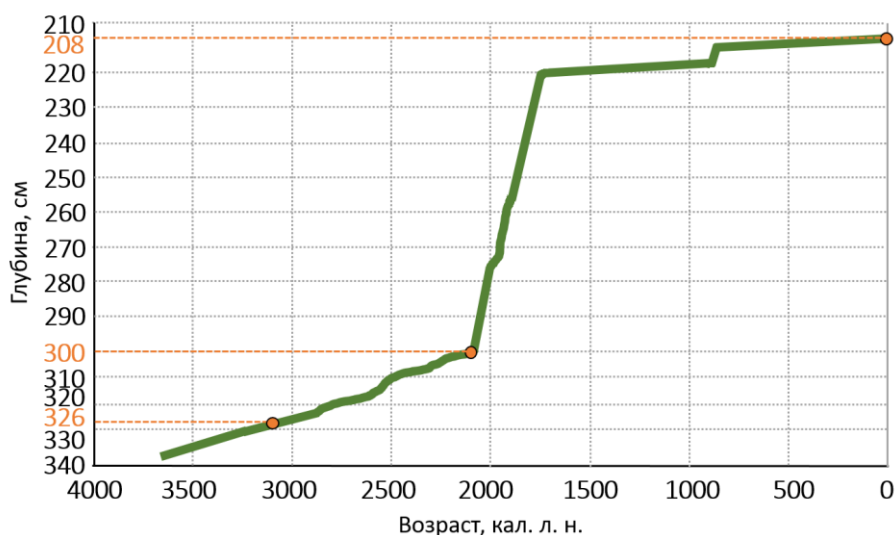


Рисунок 7 – Модель возраст-глубина для отложений оз. Ховатанлампи

Геоботанический анализ. Видовой состав и структура зарослей макрофитов озер на о. Валаам изучались Русановым А.Г. [Газизова и др., 2023] во время летней экспедиции 2021 года общепринятым методом картирования фитолииторали [Катанская, 1988; Kolada et al., 2009]. Для оценки степени зарастания озер использовалась классификация В.Г. Папченкова [2001]. Изучение современной растительности на о. Лункулансаари проводилось автором в рамках полевых работ в 2017 году [Газизова, Сапелко, 2020].

Озера на о. Валаам характеризуются повышенной цветностью воды вследствие заболоченности водосбора [Степанова и др., 2021]. По данным геоботанического анализа [Газизова и др., 2023], оз. **Германовское** по степени зарастания относится к слабо заросшим водоемам (7%). Основное участие в зарастании озера принимает погруженная растительность (56% от общей площади зарослей), представленная мхом *Fontinalis antipyretica* (рисунок 8). Сплошная полоса зарослей *F. antipyretica* расположена вдоль берегов озера. Воздушно-водные растения (гелофиты) и растения уреза воды (гигрогелофиты) – вторые по значимости в зарастании озера (39%). Основным их компонентом являются *Phragmites australis* и *Carex rostrate*, образующие заросли куртинного типа вдоль западного берега. Также встречаются *Calla palustris*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata* и *Naumburgia thyrsiflora*. Плавающие гидрофиты представлены *Nuphar lutea*; ее редкие заросли разбросаны в береговой зоне, занимая незначительную долю в растительном покрове озера (5%). Среди гигрофитов произрастает *Carex nigra*. Вокруг озера растут заболоченные старовозрастные сосновые, еловые и елово-сосновые леса, встречается береза пушистая и ольха черная [Комолова и др., 2015]. Преобладающей растительной ассоциацией на юго-западном и северо-восточном берегах является сосняк багульниково-чернично-сфагновый, в целом

сфагновые мхи занимают значительную часть водосбора оз. Германовского (4 га). Также на водосборе преобладают *Vaccinium myrtillus*, *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Calluna vulgaris*, *Oxycoccus palustris*, *Drosera rotundifolia*, *Andromeda polifolia*.

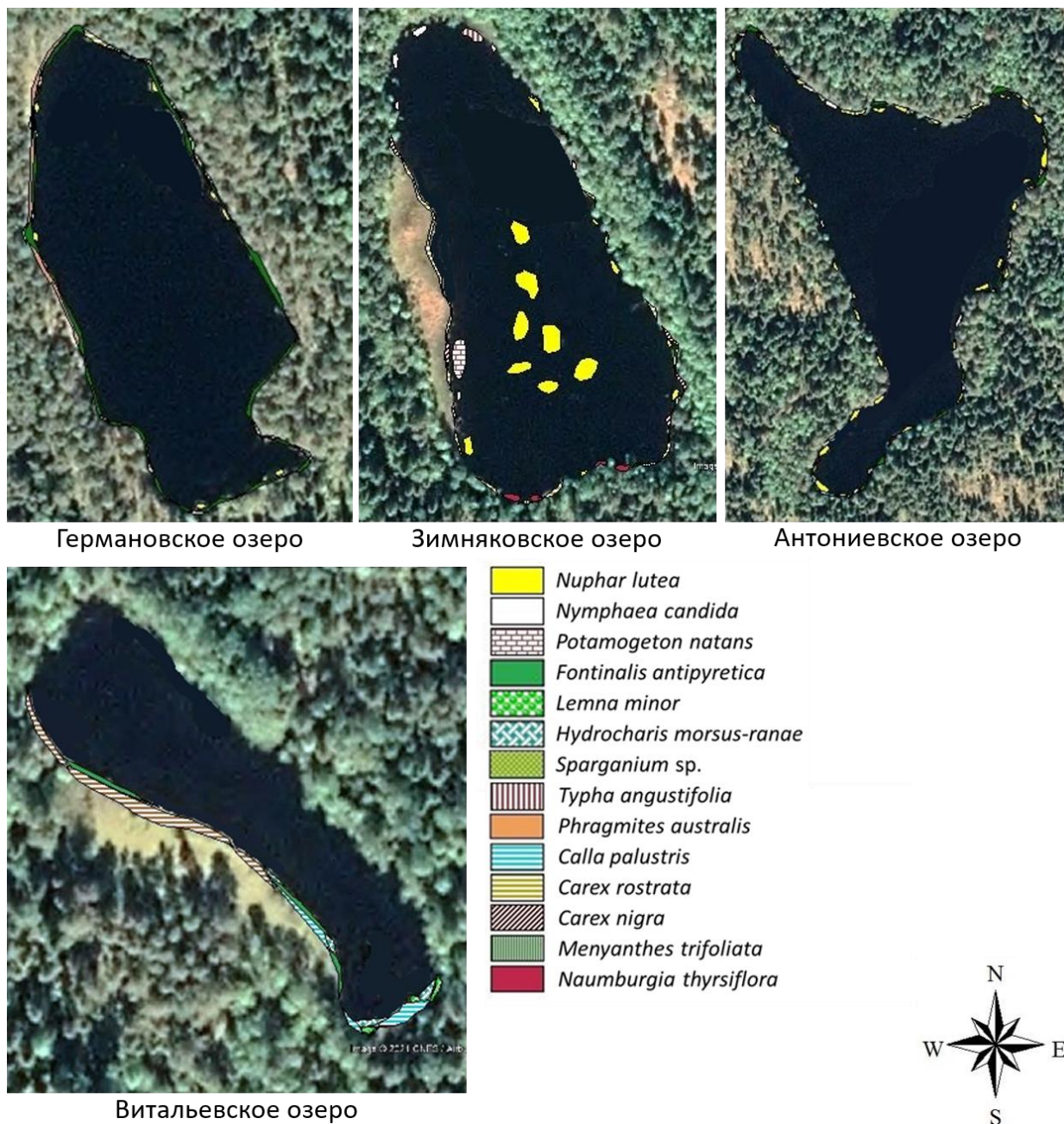


Рисунок 8 – Распределение водной растительности в озерах на о. Валаам

Озеро Зимняковское по степени зарастания относится к слабо заросшим водоемам (6%). Основу зарастания озера составляют плавающие гидрофиты – *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida* и *Potamogeton natans*, занимающие 64% от общей площади растительного покрова (рисунок 8). Заросли кубышки желтой в основном расположены в центральной части озера, тогда как кувшинка чисто-белая и рдест плавающий чаще

встречаются по берегам. Большую часть западного берега занимает сплавина, поросшая мхом (*Sphagnum* sp.) и влаголюбивым разнотравьем. Узкой полосой вдоль уреза воды по сплавине протянулись заросли осок (*Carex rostrata* и *C. nigra*). Небольшие куртины гелофитов (*Equisetum fluviatile*, *Typha angustifolia*) и гигрогелофитов (*Carex rostrata*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Naumburgia thyrsoiflora*), равномерно распределенные вдоль берегов озера по урезу воды, занимают площадь в два раза меньшую, чем плавающие растения. Погруженные растения, представленные мхом *Fontinalis antipyretica* и пузырчаткой малой (*Utricularia minor*), играют очень незначительную роль (1%) в зарастании озера. На островках встречен *Galium aparine* L. На берегах также произрастают *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Oxycoccus palustris*, сфагновые и политриховые мхи; в древесном ярусе – *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula* spp., *Alnus glutinosa*, *Juniperus communis*.

Озеро Антониевское по степени зарастания относится к очень слабо заросшим водоемам (4%). Самый крупный водоем из четырех исследованных озер, имеющий два вытянутых залива – северо-западный и юго-западный. Водная растительность в основном занимает узкую прибрежную полосу, протянувшуюся вдоль плесов между заливами (рисунок 8). Центральная часть озера полностью лишена растительности. Плавающие растения (*Nuphar lutea* и *Nymphaea candida*) – играют лидирующую роль, занимая 61% от общей площади зарастания. Погруженные растения вместе с гелофитами и гигрогелофитами играют сопутствующую роль в растительном покрове озера, занимая соответственно 19% и 20%. Погруженный ярус растительности образован мхом *Fontinalis antipyretica*. Небольшие фрагменты придонных зарослей мха равномерно распределены в прибрежной полосе по всему озеру. Гелофиты представлены *Sparganium* sp., также равномерно распределенным по всей прибрежной полосе. Куртины *Sparganium* вместе с *Nuphar lutea* и *Nymphaea candida* формируют основу растительного пояса на плесах озера. В заливах по урезу воды расположены мозаичные заросли гигрогелофитов, образованные *Calla palustris*, *Menyanthes trifoliata* и *Naumburgia thyrsoiflora*. В заливах на небольшом удалении от берега также встречаются куртины *Potamogeton natans* и *Nuphar lutea*. Сплавины как таковой нет, лес подступает к берегу, где растут *Ledum palustre*, *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Eriophorum vaginatum*, *Calla palustris*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Oxycoccus palustris*, *Drosera rotundifolia*, сфагнумы и политрихи. Озеро окружено лесом из *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula* spp., *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Juniperus communis*.

Озеро Витальевское по степени зарастания относится к слабо заросшим водоемам (9%). Юго-западный берег образован сплавиной, поросшей мхом (*Sphagnum* sp.) и влаголюбивым разнотравьем (рисунок 8). Северо-восточный берег зарос лесной

растительностью и практически лишен плавающих растений. Растения уреза воды доминируют в зарастании озера, занимая 70% в общей площади зарослей. Узкая полоса зарослей осоки вздутой (*Carex rostrata*) протянулась вдоль юго-западного берега. Куртины белокрыльника болотного (*Calla palustris*) в основном сосредоточены в южном заболоченном отроге озера. Также произрастают *Comarum palustre* и *Naumburgia thyrsoflora*. Здесь же располагаются свободно плавающие на поверхности воды растения – *Hydrocharis morsus-ranae* и *Lemna minor*. Плавающая и погруженная растительность играет второстепенную роль в зарастании водоема, занимая соответственно 14% и 16%. Погруженная растительность представлена мхом *F. antipyretica*, фрагменты погруженных зарослей которого в основном встречаются вдоль юго-западного берега. На топких участках сплавины произрастают куртины *Carex rostrata*, *Calla palustris*, *Comarum palustre*, *Naumburgia thyrsoflora*, *Oxycoccus palustris*, *Eriophorum vaginatum*, сфагновые мхи. Под лесным пологом доминируют *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium myrtillus*, сфагновые мхи на влажных и политриховые мхи (в частности, *Polytrichum commune*) на более сухих участках (куртинах). Древесный ярус окружающей территории представлен *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula* spp., *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Juniperus communis*.

В целом, характер растительного покрова озер на о. Валаам соответствует водоемам с сильно гумифицированной водой. Недостаток подводной освещенности, вызванный высоким содержанием гуминовых веществ в воде, способствует доминированию надводных и плавающих растений над погруженными [Toivonen, Huttunen, 1995; Nurminen, 2003]. Эта особенность хорошо прослеживается для растительного покрова Зимняковского, Антониевского и Витальевского, в которых бедный видовой состав погруженной растительности (представленной практически исключительно мхом *Fontinalis antipyretica*) сопровождается ее второстепенной ролью в зарастании дна водоемов.

Озеро Куйккалампи является самым глубоким водоемом на о. Лункулансаари. Для озера было выполнено геоботаническое описание сплавины (рисунок 9). Древесный ярус представлен невысокими (~6 м) *Pinus sylvestris*, реже встречается кривоствольная *Betula pubescens* (высотой 3–5 м); по мере удаления от озера по краям сплавины появляются мелколиственные виды: *Alnus glutinosa* и *Populus tremula*. В подлеске произрастают низкорослые (в среднем ~1 м) *Picea abies*. Кустарниковый ярус сложен *Betula nana*. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia* и *Eriophorum angustifolium*. С меньшим обилием и проективным покрытием присутствуют *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium oxycoccus*, *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*, *Lysimachia thyrsoflora*, *Drosera rotundifolia*, *Menyanthes trifoliata*, *Scheuchzeria*

palustris, *Carex rostrata*, *Carex limosa*. В мохово-лишайниковом ярусе преобладает *Sphagnum fallax*, встречаются куртины *Polytrichum strictum*. Из макрофитов в озере произрастают *Menyanthes trifoliata* и *Nuphar lutea*.

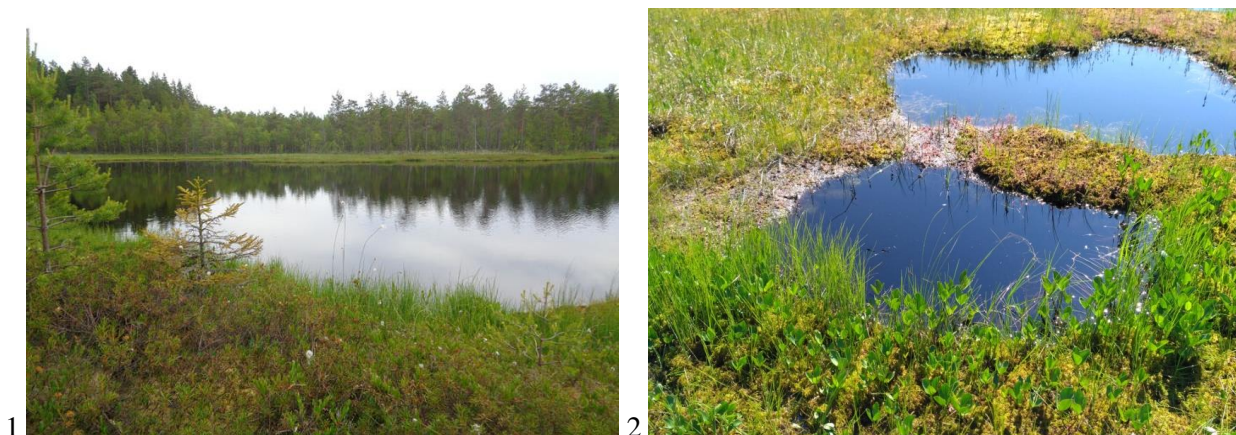


Рисунок 9 – Сплавина оз. Куйккалампи: 1 – более задернованный участок с доминированием *Ledum palustre* и *Andromeda polifolia*; 2 – более обводненный участок с доминированием *Menyanthes trifoliata*, *Carex limosa* и *Sphagnum fallax*

Сплавина **озера Ховатанлампи** (рисунок 10) схожа со сплавинной оз. Куйккалампи. Встречаются невысокие *Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*, *Picea abies* и *Betula nana*. На некоторых участках сосновый с березой и ольхой лес почти вплотную подступает к кромке воды. В травяном ярусе ближе к лесу доминируют *Menyanthes trifoliata*; в центральной части сплавины – *Eriophorum angustifolium*; у края воды – *Menyanthes trifoliata*, *Typha latifolia*, *Phragmites australis*. Присутствуют болотные виды, мохово-лишайниковый ярус представлен *Sphagnum* sp. Среди макрофитов в озере обитают *Nuphar lutea*, *Menyanthes trifoliata*, *Potamogeton* sp., *Typha latifolia*, *Phragmites australis*.



Рисунок 10 – Вид на оз. Ховатанлампи

Озера Соккасенлампи некогда были единым водоемом, однако сейчас это два небольших изолированных друг от друга сплавиной озера, меньшее из которых было изучено (рисунок 11). На сплавине растут, в основном, невысокие (около 4 м) *Betula pubescens*. Кустарниковый ярус сложен редкими *Betula nana*. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует *Eriophorum angustifolium*, ближе к кромке воды – осоковые. Водная растительность представлена *Nuphar lutea*.



Рисунок 11 – Полевые работы на оз. Соккасенлампи

ГЛАВА 4. ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТРОВНЫХ ОЗЕР ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Палинологический анализ. По результатам палинологического анализа поверхностных проб донных отложений озер на островах Лункулансаари и Валаам была построена сводная спорово-пыльцевая диаграмма (рисунок 12), отражающая состав растительности в субрецентных спорово-пыльцевых спектрах (СПС). Отмечается существенное доминирование пыльцы древесных пород, характерное для лесной зоны, среди них преобладает пыльца хвойных деревьев (сосны, ели) и березы. Довольно велико участие пыльцы *Alnus glutinosa* и пыльцы *Betula nana*, обитающей на сплаvine и заболоченных участках. Присутствует пыльца широколиственных пород (*Carpinus* sp., *Corulus avellana*, *Fraxinus* sp., *Quercus* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp.). Встречается пыльца *Abies* sp. О присутствии пихты в настоящее время на о. Лункулансаари нет данных, однако на о. Валаам она является интродуцентом – посадки пихты проводились в начале-середине XX века [Валаам..., 1988]. В колонках донных отложений озер на Валааме пыльца пихты носит заносный характер и в палеореконструкциях растительности не рассматривается. Пыльца хвойных может разноситься на тысячи километров, в то время как пыльца многих листопадных деревьев и травянистых растений обычно отлагается локально, что говорит об их достоверном присутствии на изучаемой территории [Сладков, 1967].

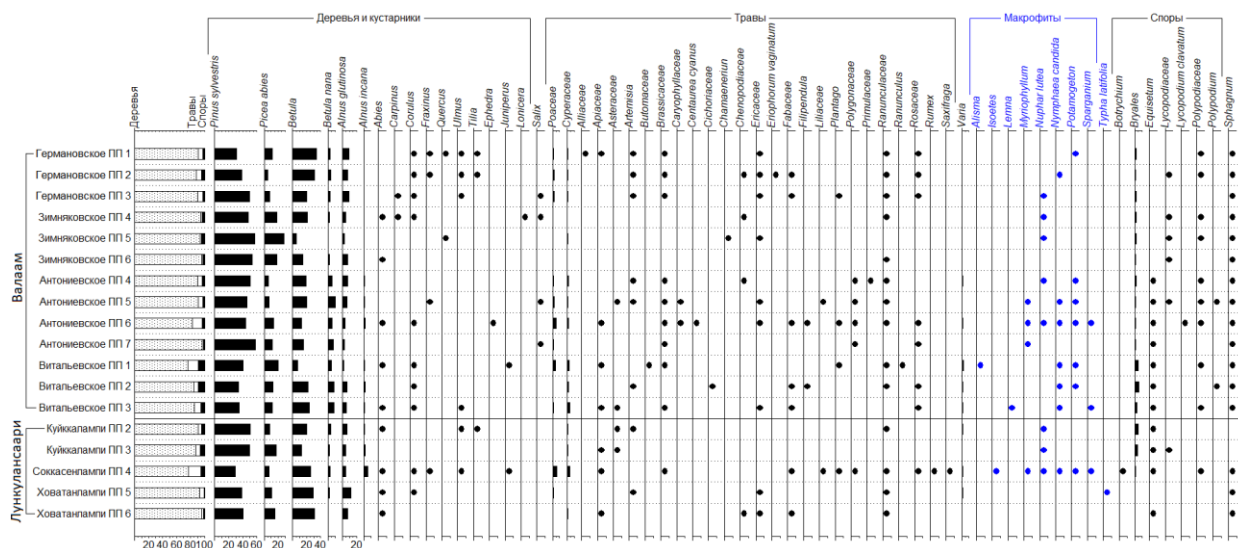


Рисунок 12 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений поверхностных проб озер на островах Лункулансаари и Валаам

Среди трав доминирует пыльца семейств Poaceae и Cyperaceae, также встречены представители Apiaceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Ericaceae, Fabaceae, Ranunculaceae и др. Среди водных растений отмечены *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Potamogeton* sp.,

Sparganium sp., *Lemna* sp., *Alisma* sp., *Typha latifolia* и др. Споры Bryales, Polypodiaceae, *Equisetum* sp. и *Sphagnum* sp. преобладают среди споровых растений. В целом, состав СПС адекватно отражает как региональные условия (доминирование на территории островов сосновых и елово-сосновых лесов с березой), так и сугубо локальные условия на уровне водоема (водные растения, травяно-кустарничковый ярус лесов вокруг водоемов).

В отложениях озер на о. Лункулансаари представлена пыльца доминантов в зарастании на момент геоботанического описания сплавин – кубышка желтая для озер Куйккалампи (8% от общего содержания пыльцы трав) и Соккасеналампи (1%), рдесты для оз. Ховатанлампи (4%). При этом пыльца преобладающей и в оз. Ховатанлампи кубышки желтой не была встречена в СПС. Корреляция результатов палинологического анализа поверхностных проб с данными геоботанического анализа для озер на о. Валаам (рисунок 8) показывает перспективность изучения пыльцы макрофитов для палеолимнологических исследований [Газизова и др., 2023]. Для озер на о. Валаам выявлен различный уровень сходства с материалами изучения современной водной растительности озер. Для оз. Антониевского отмечен наибольший качественный уровень сходства (значения индексов Жаккара и Серенсена-Чекановского составляют 0,60 и 0,75 соответственно); для оз. Зимняковского наблюдается высокое значение количественного индекса Брея-Кертиса (0,76). Для озер Германовского и Витальевского отмечаются невысокие индексы сходства. Однако практически все виды макрофитов, доминирующие по площади зарастания на момент изучения современной водной растительности, представлены в субрецентных СПС всех озер на о. Валаам, что позволяет говорить о довольно адекватном отражении современной водной растительности в поверхностных пробах озерных отложений.

Остров Лункулансаари.

Озеро Куйккалампи. По данным анализа колонки донных отложений построена спорово-пыльцевая диаграмма, на которой выделено три палинозоны (рисунок 13).

Палинозона 1 (330-324 см). На протяжении всего периода осадконакопления, в колонке доминирует пыльца древесных пород (*Pinus* sp., *Picea* sp., *Betula* sp.), однако в палинозоне 1 доля пыльцы травянистых растений наибольшая за весь период осадконакопления (9-17%). Среди деревьев доминирует пыльца *Pinus* sp. (30%). Также преобладает пыльца *Picea* sp. (15-20%), *Betula* sp. (15%) и *Alnus glutinosa* (13-15%). Пыльца широколиственных пород встречается на протяжении всей палинозоны 1; преобладает пыльца *Ulmus* sp. (1-1,5%), реже встречается пыльца *Quercus* sp., *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Tilia* sp. (>1%). Пыльца *Corylus avellana* также постоянно присутствует в палинозоне 1 (~1%). Среди кустарников встречается пыльца *Betula nana* (3-4%), реже

Alnus incana и *Salix* sp. В травяно-кустарничковом ярусе существенно преобладает пыльца Роасеае (10-13%). Также встречена пыльца разнотравья, Сурерасеае (2-3%), Рапункуласеае, Спенородиасеае, Ссrophyllариасеае, *Carex* sp., *Vaccinium* sp. Среди макрофитов отмечена пыльца *Polygonum amphibium*, *Potamogeton* sp. и *Typha latifolia*. Среди споровых растений встречаются споры *Sphagnum* sp., *Equisetum* sp., Bryales (>1%). В палинозоне 1 в больших количествах встречаются зеленые водоросли *Pediastrum* sp., реже – *Botryococcus* sp. Начиная с конца палинозоны 1, в колонке отложений начинают в больших количествах встречаться споры грибов *Glomus*, не отмеченные на спорово-пыльцевой диаграмме.

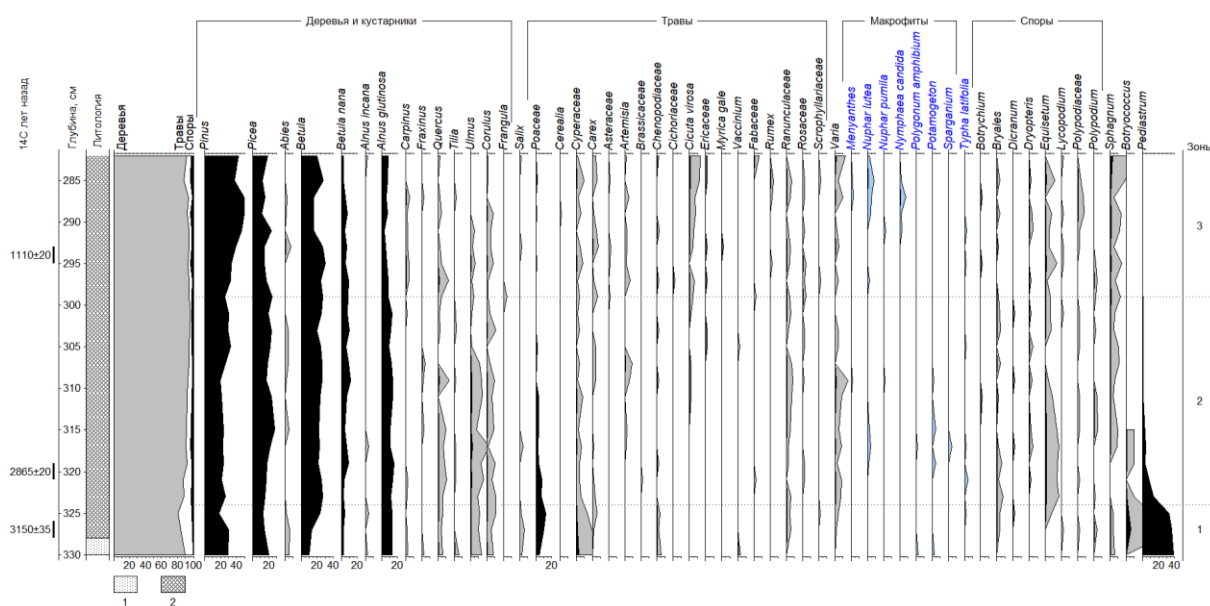


Рисунок 13 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Куйкалампи.
Условные обозначения: 1 – опесчаненная глина, 2 - гиттия

Палинозона 2 (324-299 см). Пыльца деревьев существенно преобладает (>90%). В древесном ярусе практически в равной степени представлена пыльца *Pinus* sp. (в среднем 25%), *Betula* sp. (в среднем 25%), *Picea* sp. (в среднем 20%). Также преобладает пыльца *Alnus glutinosa* (11-14%). Концентрация пыльцы широколиственных пород возрастает, преобладает пыльца *Ulmus* sp. (до 2%) и *Quercus* sp. (~1%), реже отмечена пыльца *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Tilia* sp. Доля пыльцы *Corylus avellana* остается неизменной в сравнении с палинозоной 1. Среди кустарничков высокую роль играет пыльца *Betula nana* (до 10-12%); реже пыльца *Salix* sp. (>1%). *Alnus incana*. Роль представителей семейства Роасеае заметно снижается по сравнению с предыдущим периодом (1-3%). Среди трав и кустарничков преобладает пыльца разнотравья (до 1,5%), Сурерасеае (>1%), Рапункуласеае, Роасеае, *Carex* sp., *Artemisia* sp. Реже встречается пыльца Спенородиасеае, Фабеасеае, Ериасеае, Брассикасеае, *Cicuta virosa*, *Vaccinium* sp. Среди водных растений отмечена пыльца *Potamogeton* sp., *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Polygonum amphibium*, *Sparganium* sp., *Menyanthes trifoliata* и *Typha latifolia*. Среди споровых растений

преобладают споры *Equisetum* sp. (1-1,5%) и *Sphagnum* sp. (~1%), реже встречаются споры Bryales, *Dicranum* sp., *Dryopteris* sp. и Polypodiaceae (включая *Polypodium* sp.). Содержание зеленых водорослей *Pediastrum* sp. в палинозоне 2 постепенно заметно снижается, к середине палинозоны они исчезают, как и *Botryococcus* sp.

Палинозона 3 (299-282 см). В палинозоне доминирующую роль играет пыльца *Pinus* sp. (до 50% во второй половине зоны). Роль пыльцы *Betula* sp. немного снижается и составляет в среднем 20%. Содержание пыльцы также падает *Picea* sp. (около 15%). Доля пыльцы *Alnus glutinosa* также снижается (6-8%). Концентрация пыльцы широколиственных пород немного уменьшается, но она по-прежнему стабильно встречается. Доля пыльцы *Corylus avellana* немного снижается (>1%). Среди кустарников преобладает пыльца *Betula nana*, однако ее роль снижается до 3-6%; также отмечена пыльца *Salix* sp., *Alnus incana* и *Frangula* sp. Таксономическое разнообразие и встречаемость пыльцы травянистых растений возрастает. Преобладает пыльца разнотравья, Poaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, *Cicuta virosa*, *Artemisia* sp., *Carex* sp. Реже встречается пыльца Asteraceae, Chenopodiaceae, Ericaceae, Fabaceae, Scrophyllariaceae, *Rumex* sp. Единично отмечена пыльца культурных злаков Cerealia. Пыльца макрофитов практически не встречается в первой половине палинозоны 3, однако во второй половине ее содержание и встречаемость заметно возрастает. Преобладает пыльца *Nuphar lutea* и *Nymphaea candida*. Реже встречается пыльца *Menyanthes trifoliata*, *Nuphar pumila* и *Typha latifolia*. Среди споровых растений преобладают споры *Sphagnum* sp. (1-1,5%, пик 3%) и *Equisetum* sp. (1-1,5%); реже отмечены споры Bryales, Polypodiaceae (включая *Polypodium* sp.), *Botrychium* sp. и *Lycopodium* sp.

Озеро Соккасенлампи. По данным анализа колонки донных отложений построена спорово-пыльцевая диаграмма, на которой выделено пять палинозон (рисунок 14).

Палинозона 1 (246-229 см). На протяжении всего разреза значительно преобладает пыльца деревьев. В первой зоне доминирует пыльца *Pinus* sp. и *Picea* sp., содержание которых достигает практически 40% у обеих пород. С меньшим обилием встречается пыльца *Betula* sp. и *Alnus glutinosa*, колеблясь в пределах зоны в районе 10-20 и 5-15% соответственно. Концентрация *Betula nana* незначительна в большей части зоны, однако к границе зон увеличивается до 10%. Встречается пыльца *Alnus incana* (1-3%) и широколиственных пород – *Corylus avellana* и *Ulmus* sp. (1-2%, их кривые практически непрерывны на всем разрезе), единично *Tilia* sp., *Quercus* sp. Обилие и разнообразие трав невелико; доминирует пыльца Poaceae, Cyperaceae и Ranunculaceae; в середине зоны появляется кривая *Artemisia* sp., которая остается непрерывной почти до конца разреза.

Potamogeton sp., *Typha latifolia*) встречается единично. Споры грибов *Glomus* практически отсутствуют.

Палинозона 4 (179-151 см). Соотношение пыльцы *Pinus* sp., *Picea* sp. и *Betula* sp. вновь изменяется. Концентрация пыльцы *Picea* sp. заметно снижается (до 10%); доля пыльцы *Pinus* sp. также уменьшается до 20%, однако к концу зоны вновь увеличивается и достигает пика максимума на всем разрезе (60%). Концентрация пыльцы *Betula* sp. значительно увеличивается и также достигает максимумов в 60% в середине зоны, однако к концу зоны снижается до 40%. Обилие *Alnus glutinosa* повышается, достигая пика 20% в начале зоны. Значительно уменьшается концентрация *Alnus glutinosa* и *Betula nana*; к концу зоны значения *Corylus avellana* и *Ulmus* sp. понижаются, исчезает пыльца *Carpinus* sp. и *Quercus* sp. Таксономическое разнообразие и обилие пыльцы трав и споровых вновь увеличивается; среди трав преобладает пыльца *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Apiaceae* и *Artemisia* sp. Чаше встречается пыльца *Ericaceae* и *Chenopodiaceae*. Разнообразие макрофитов невелико – встречается пыльца *Nymphaea candida*, *N. pumila* и *Sparganium* sp. Кривая спор грибов *Glomus* вновь появляется, пики достигают 40%.

Палинозона 5 (151-145 см). Среди древесных пород доминирует пыльца *Pinus* sp. (до 60%); концентрация *Picea* sp. невелика (пик в 20% в середине зоны). Роль *Betula* sp. заметно понижается (до 30% в конце зоны). Среди пыльцы широколиственных пород встречена только пыльца *Corylus avellana*. Увеличивается доля трав. Среди травянистых растений доминирует пыльца *Poaceae* и *Cyperaceae*. Разнообразная пыльца макрофитной растительности – *Alisma* sp., *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Potamogeton* sp. и *Typha latifolia*. Среди споровых растений доминируют *Equisetum* sp. и *Sphagnum* sp.

Озеро Ховатанлампи. По данным анализа колонки донных отложений построена спорово-пыльцевая диаграмма, на которой выделено пять палинозон (рисунок 15).

Палинозона 1 (440-434 см). На протяжении всего разреза доминирует пыльца древесных растений. В первой палинозоне преобладает пыльца *Pinus* sp. и *Picea* sp., ее содержание достигает 40% у обеих пород. С меньшим обилием встречается пыльца *Betula* sp. (до 15%) и *Alnus glutinosa* (около 8%). Встречается пыльца широколиственных пород (1-2%) – *Corylus avellana*, *Ulmus* sp., кривые которых непрерывны на всем разрезе, и *Tilia* sp. Разнообразие травянистых растений в палинозоне низкое – преобладает пыльца *Poaceae* и *Cyperaceae*, в меньших количествах присутствует пыльца *Ranunculaceae* и *Artemisia* sp. Пыльца макрофитов не встречена. В небольших количествах отмечены споры *Sphagnum* sp. и *Polypodiaceae*.

Палинозона 2 (434-420 см). Во второй палинозоне среди древесных растений продолжает преобладать пыльца *Pinus* sp. (21-33%) и *Picea* sp. (20-33%) – при этом к концу зоны доля первой в целом уменьшается (до 28%), а второй, наоборот, увеличивается (до 38%). Увеличивается роль пыльцы *Betula* sp., максимальная концентрация достигает 24%. Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* немного повышается в середине палинозоны (до значений в 10-12%), в начале и в конце зоны оно оставляет 5-6%. Увеличивается доля пыльцы *Betula nana* и, к концу зоны, *Alnus incana* (до 3%). Состав и обилие широколиственных пород неизменен, в конце зоны встречена пыльца *Fraxinus* sp. Значительно увеличивается разнообразие и обилие пыльцы трав – доминируют *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Ranunculaceae* и *Artemisia* sp.; появляется пыльца семейств *Brassicaceae*, *Apiaceae* и *Chenopodiaceae*. Доля пыльцы трав в общем спектре возрастает до 10 %. Единично встречена пыльца водных растений – *Sparganium* sp., *Potamogeton* sp. и *Typha angustifolia*. Возрастает таксономическое разнообразие споровых растений, преобладают споры *Bryales*.

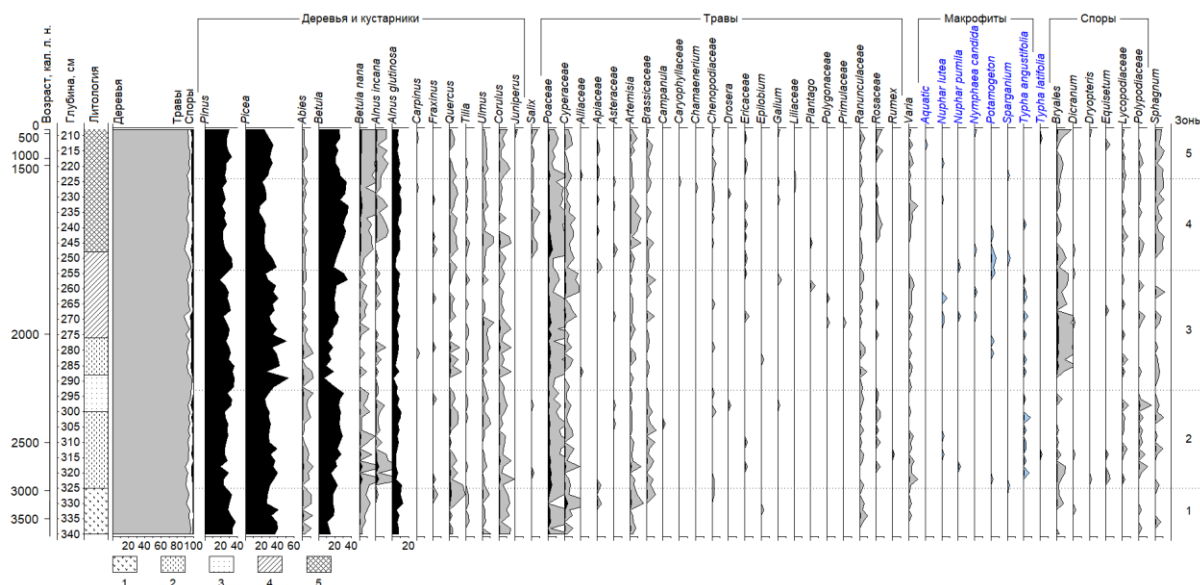


Рисунок 15 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Ховатанлампи. Условные обозначения: 1 – опесчаненный алеврит, 2 – глинистая гиттия, 3 – песок, 4 – опесчаненная гиттия, 5 - гиттия

Палинозона 3 (420-408 см). В третьей палинозоне среди древесных растений доминирует пыльца *Picea* sp. (до 38% в большей части зоны, к концу концентрация снижается до 30%), *Pinus* sp. (до 30%) и *Betula* sp. (доля пыльцы постепенно возрастает на протяжении зоны с 15 до 30%). Содержание пыльцы *Alnus glutinosa*, *Betula nana* и *Alnus incana* остается, в целом, неизменным. Обилие и таксономическое разнообразие пыльцы широколиственных пород и травянистых растений в сравнении с предыдущей зоной практически не меняется, в то время как разнообразие и встречаемость пыльцы

макрофитов (отмечена пыльца *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*) и спор заметно возрастает.

Палинозона 4 (408-398 см). В данной зоне соотношение пыльцы *Pinus* sp., *Picea* sp. и *Betula* sp. примерно одинаковое (25-30%). Обилие *Alnus glutinosa* возрастает до 10 % в конце зоны. Концентрация пыльцы *Alnus incana* и *Betula nana* снижается в сравнении с предыдущими зонами (до 1%). Среди трав доминируют *Poaceae*, *Cyperaceae* и *Ranunculaceae*. Среди прибрежно-водных растений на протяжении всей палинозоны встречается только *Typha angustifolia*. Разнообразие спор также снижается.

Палинозона 5 (398-392 см). Соотношение между древесными породами в последней палинозоне практически одинаковое – *Pinus* (до 36 %), *Picea* (до 35 % в конце зоны) и *Betula* (до 31 %). Пыльца широколиственных пород (*Corylus avellana*, *Ulmus*, *Tilia*) встречается реже. Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* снижается до 5% к концу зоны. Среди трав преобладает пыльца *Poaceae* и *Ranunculaceae*. Среди макрофитов встречена пыльца *Typha angustifolia*. Разнообразие и обилие споровых растений низкое.

Остров Валаам.

Озеро Германовское. Методом палинологического анализа также изучены две колонки донных отложений: основная колонка 1 отобрана из центральной части оз. Германовского, вспомогательная колонка 2 – со сплавины. По данным анализа колонок построены спорово-пыльцевые диаграммы, на которых было выделены три и четыре палинозоны соответственно (рисунки 16-17).

Колонка 1. Палинозона 1 (300-277 см). На протяжении всего периода осадконакопления, в колонке доминирует пыльца древесных растений (*Pinus* sp. и *Betula* sp.). В палинозоне 1 среди деревьев преобладает пыльца *Pinus* sp. (40-50%, с пиком до 60%). Доля пыльцы *Betula* sp. довольно велика, она составляет 25-27%. Содержание пыльцы *Picea* sp. в целом по колонке низкое, в палинозоне 1 оно достигает наибольших значений (8-10%). Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* стабильно на протяжении всего разреза, в начале палинозоны 1 оно составляет 12-15%, в конце – 5-6%. Среди широколиственных пород стабильно присутствует пыльца *Corylus avellana* (>1%, пик до 3% в начале палинозоны 1). Также встречается пыльца *Ulmus* sp. (>1%) и *Quercus* sp., единично отмечена пыльца *Carpinus* sp. и *Fraxinus* sp. Среди кустарников встречается пыльца *Betula nana* (>1, до 2,5% в начале палинозоны 1), *Salix* sp. (>1%), единично встречается пыльца *Frangula* sp. и *Juniperus* sp. Среди травянистых растений преобладает пыльца разнотравья, *Poaceae* (0,5-1,5%, пик 3%), *Cyperaceae* (0,5-1%), *Ranunculaceae*, *Artemisia* sp., *Rumex* sp., *Ranunculus* sp. Реже встречается пыльца *Ericaceae*, *Ariaceae*,

Rosaceae. Среди макрофитов отмечена пыльца *Potamogeton* sp., единично присутствует пыльца *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida* и *Typha latifolia*. Среди споровых растений преобладают споры *Sphagnum* sp. (до 1,5%), Polypodiaceae (до 1,5%), *Polypodium* sp., реже встречаются споры Bryales, *Lycopodium* sp., *Dicranum* sp. Встречаются *Botryococcus* sp.

Палинозона 2 (277-259 см). В данной палинозоне в древесном ярусе доминирующая роль пыльцы *Pinus* sp. сменяется преобладанием пыльцы *Betula* sp. Содержание пыльцы *Pinus* sp. снижается с 40-50% до 20-25%, содержание пыльцы *Betula* sp. возрастает с 25 до 35-45%. Подобная динамика (обратно пропорциональная корреляция между породами) наблюдается и в других разрезах на о. Валаам. Доля пыльцы *Picea* sp. снижается до 4-5%. Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* возрастает и составляет в среднем 8-10%. Повышается встречаемость пыльцы широколиственных пород, преобладает пыльца *Corylus avellana*. Также отмечена пыльца *Ulmus* sp., *Tilia* sp., *Quercus* sp. и *Carpinus* sp. Содержание пыльцы *Betula nana* немного снижается. Среди кустарников также отмечена пыльца *Frangula* sp., единично – пыльца *Alnus incana*. Среди трав и кустарничков преобладает пыльца разнотравья, представителей Poaceae (до 3%), Cyperaceae, Ranunculaceae, Ericaceae, Fabaceae, Rosaceae, *Artemisia* sp., *Rumex* sp. (до 2%), также встречается пыльца Apiaceae, Chenopodiaceae, *Calluna* sp. Среди водных растений отмечена пыльца *Typha latifolia* и единично *Potamogeton* sp. Общее содержание спор заметно увеличивается (до 15-17%), в частности за счет резкого повышения доли спор *Sphagnum* sp. (до 10-14%). Также присутствуют споры Polypodiaceae (включая *Polypodium* sp.), Bryales, *Dicranum* sp., *Dryopteris* sp., *Botrychium* sp., *Lycopodium* sp. (включая *Lycopodium annotinum*). Зеленые водоросли в палинозоне 2 не встречены.

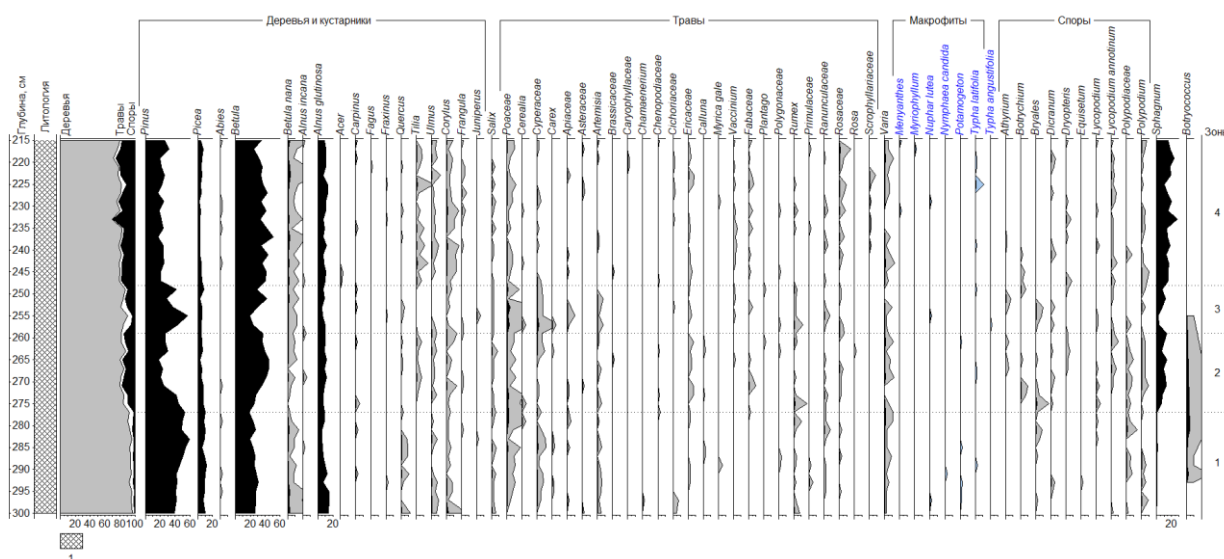


Рисунок 16 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Германовского (колонка 1). Условные обозначения: 1 – гиттия

Палинозона 3 (259-248 см). Палинозона выделена по снижению общей доли спор (до 9-11%), увеличению доли пыльцы трав (максимум до 8-11%) и по смене соотношения между пыльцой основных древесных пород. В палинозоне 3 вновь доминирует пыльца *Pinus* sp. (30-40%, пик 57%), роль пыльцы *Betula* sp. по-прежнему велика, однако в целом ниже, чем у сосны (25-35%, пик 42%). Содержание пыльцы *Picea* sp. остается незначительным относительно основных пород. Доля пыльцы *Alnus glutinosa* немного снижается (6-9%). Часто встречается пыльца *Corylus avellana*, ее доля чуть снижается. Пыльца других широколиственных пород отмечена редко, как и кустарников. Среди травянистых растений преобладает пыльца представителей разнотравья, Poaceae (до 3-4%), Cyperaceae (роль пыльцы заметно возрастает, до в среднем >1%, пик 3%), Apiaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, *Artemisia* sp., *Rumex* sp. Среди водных растений встречена пыльца *Typha latifolia*, единично - *Typha angustifolia* и *Nuphar lutea*. Среди споровых растений по-прежнему существенно преобладают споры *Sphagnum* sp. (пики до 12-14%), также отмечены споры *Athyrium* sp., Bryales, *Dicranum* sp., *Dryopteris* sp., *Polypodium* sp., *Lycopodium annotinum*. Единично встречена зеленая водоросль *Botryococcus* sp.

Палинозона 4 (248-215 см). Соотношение между пыльцой древесных пород вновь меняется - пыльца *Betula* sp. преобладает (35-40% в среднем), содержание пыльцы *Pinus* sp. составляет 20-25%. Доля *Picea* sp. низкая (3-5%). Немного повышается содержание пыльцы *Alnus glutinosa* (9-13%). По сравнению с предыдущей палинозоной содержание и встречаемость пыльцы широколиственных пород заметно выше. В первой половине палинозоны 4 возрастает содержание пыльцы *Corylus avellana* (до 1,5%), затем снижается (>1%), но встречается стабильно по всей зоне. Также преобладает пыльца *Tilia* sp. (0,5-1,5%; пик 2,5%) и *Ulmus* sp. (в среднем >1%), пыльца других пород встречается крайне редко. Впервые в разрезе отмечена пыльца *Acer* sp. Среди кустарников также встречена пыльца *Salix* sp., *Frangula* sp., реже *Alnus incana*. Общее содержание пыльцы трав снижается по сравнению с предыдущей палинозоной (2,5-3,5%), однако в целом разнообразие и встречаемость таксонов наибольшее по всему разрезу. Преобладает пыльца разнотравья, представителей Poaceae (до 1%), Ericaceae, Fabaceae, Rosaceae, Ranunculaceae, *Vaccinium* sp., реже Cyperaceae, Cichoriaceae, Scrophyllariaceae, *Artemisia* sp., *Rumex* sp. Среди макрофитов довольно часто встречается пыльца *Typha latifolia*, единично *Menyanthes* sp., *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea*. Общее содержание спор – наибольшее по разрезу (15-20%, пики 25-29%). Доля спор *Sphagnum* sp. составляет 13-19%, пики 24-28%). Также встречаются споры *Dicranum* sp., *Polypodium* sp., *Lycopodium annotinum*. Зеленые водоросли в палинозоне 4 не встречены.

Колонка 2, со сплавины. Палинозона 1 (230-204 см). На протяжении всего периода осадконакопления, в колонке преобладает пыльца древесных растений (>90% в палинозонах 1 и 2). В палинозоне 1 среди деревьев доминирует пыльца *Pinus* sp. (40%), также высока роль *Betula* sp. (30%). Доля пыльцы *Picea* sp. в целом по разрезу низкая, в палинозоне 1 она составляет в среднем 5-10%. Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* наибольшее за весь период осадконакопления (9-12%). Среди широколиственных пород преобладает пыльца *Corylus avellana* (1%), *Ulmus* sp., *Quercus* sp. и *Fraxinus* sp., реже встречается пыльца *Carpinus* sp. и *Tilia* sp. Среди кустарников отмечена пыльца *Betula nana* (до 3%), реже *Salix* sp., *Frangula* sp. Среди травянистых растений преобладает пыльца Poaceae (до 2%), Ranunculaceae, Cyperaceae (включая *Carex* sp.), Rosaceae, Fabaceae и пыльца разнотравья. По разрезу sporadически встречается пыльца Cerealia. Среди макрофитов отмечена пыльца *Menyanthes trifoliata*, *Nuphar lutea*, *Potamogeton* sp. и *Typha angustifolia*. Среди спор преобладают *Botrychium* sp., *Sphagnum* sp., Bryales, Polypodiaceae. В палинозоне 1 встречаются зеленые водоросли *Botryococcus* sp.

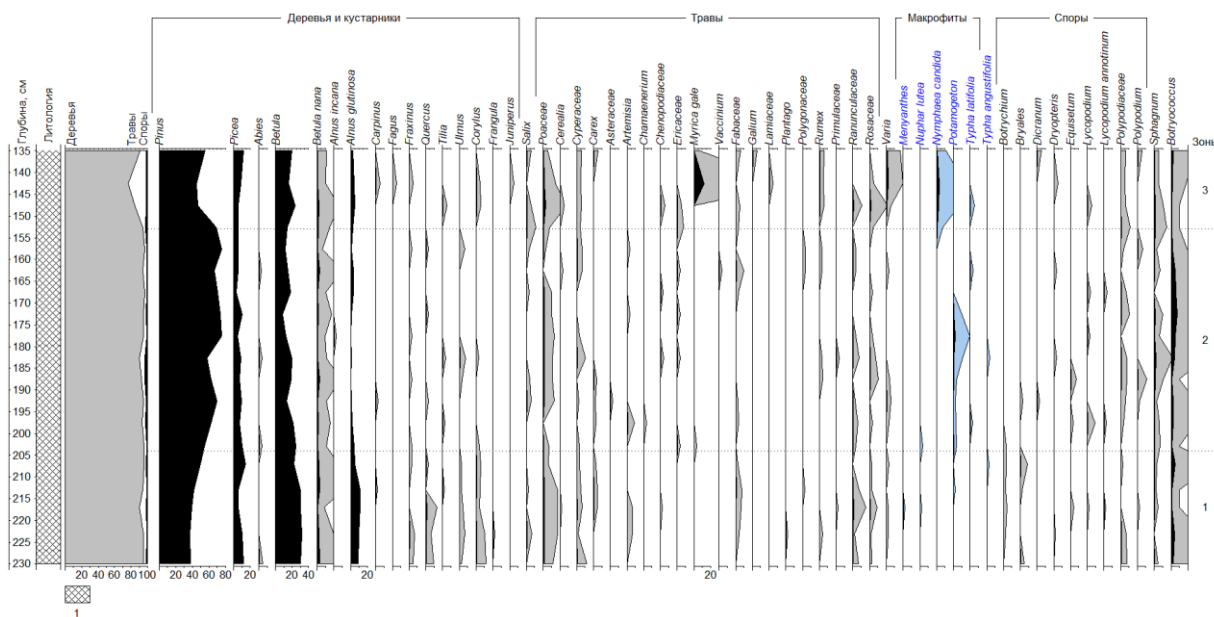


Рисунок 17 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Германовского (колонка 2, со сплавины). Условные обозначения: 1 – торфянистая гиттия

Палинозона 2 (204-152 см). В древесном ярусе начинает существенно доминировать пыльца *Pinus* sp. (60-75%). Доля *Betula* sp. снижается (10-20%), Содержание пыльцы *Picea* sp. по-прежнему невысокое (5-10%). Заметно снижается роль пыльцы *Alnus glutinosa* (1-3%). Роль пыльцы широколиственных пород падает, преобладает пыльца *Ulmus* sp., *Fraxinus* sp., и *Quercus* sp. Среди кустарников отмечена пыльца *Betula nana* (1-2%), *Salix* sp. (>1%), единично *Alnus incana*. Среди трав и кустарничков преобладает пыльца Poaceae (1%), Cyperaceae (>1%), Ranunculaceae, Rosaceae, Ericaceae, *Rumex* sp.,

Artemisia sp. и пыльца разнотравья. Среди водных растений доминирует пыльца *Potamogeton* sp., также отмечена пыльца *Nuphar lutea*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*. Среди споровых растений преобладают споры *Sphagnum* sp. (~1%), Polypodiaceae (включая *Polypodium* sp.), реже встречаются споры *Lycopodium* sp. и *Dryopteris* sp. Продолжают встречаться зеленые водоросли *Botryococcus* sp.

Палинозона 3 (152-135 см). Доля пыльцы деревьев составляет >75%. Доминирующую роль по-прежнему играет пыльца *Pinus* sp. (45-55%). Роль пыльцы *Betula* sp. возрастает и составляет 15-20%. Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* также немного повышается (3-4%). Пыльца широколиственных пород встречается единично. Среди кустарников отмечена пыльца *Betula nana* (1-2%) и *Salix* sp. Существенно увеличивается доля трав (до 13-20%). Это происходит за счет повышения роли *Myrica gale* в наземных сообществах (до 13% в отдельной пробе) и *Nymphaea candida* в водной среде (2-3%). В травяно-кустарничковом ярусе преобладает пыльца разнотравья (2%), Poaceae (2%), Сурегасеae, Ranunculaceae, Rosaceae, *Rumex* sp., Fabaceae. Среди макрофитов также отмечена пыльца *Typha latifolia*. Среди споровых растений преобладают споры *Sphagnum* sp. (1%) и Polypodiaceae. *Botryococcus* sp. отмечены в небольшом количестве.

Озеро Зимняковское. По данным анализа колонки донных отложений построена спорово-пыльцевая диаграмма, на которой выделено три палинозоны (рисунок 18).

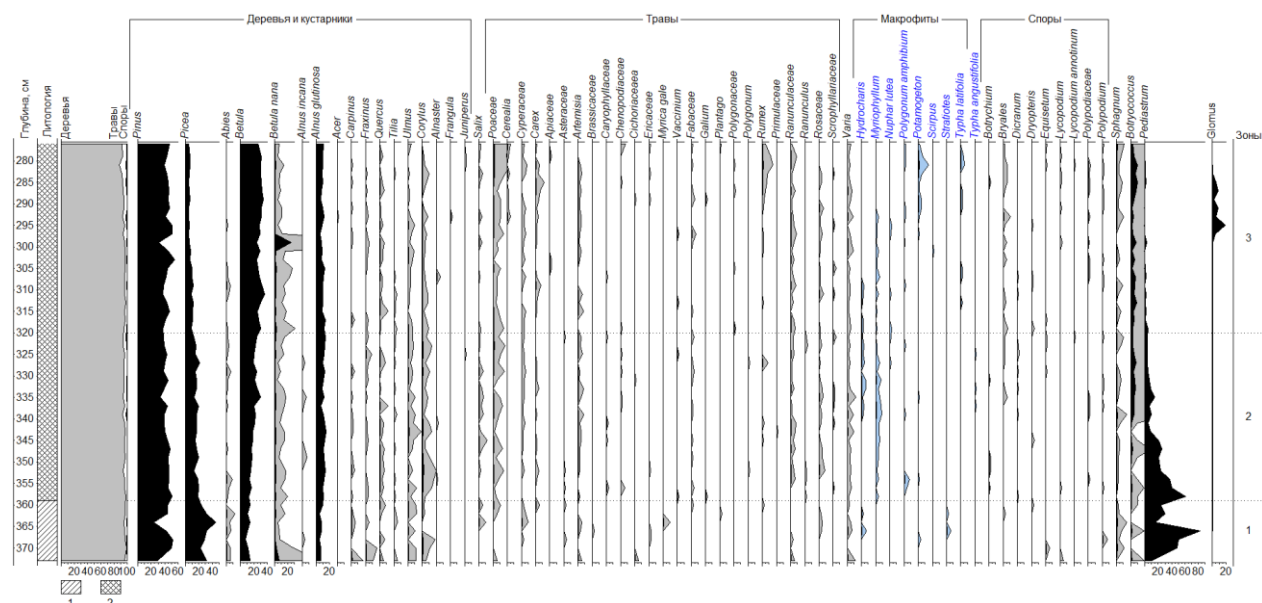


Рисунок 18 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Зимняковского. Условные обозначения: 1 – опесчаненная гиттия, 2 – гиттия

Палинозона 1 (373-359 см). На протяжении всего периода осадконакопления, в колонке доминирует пыльца древесных растений (*Pinus* sp., *Picea* sp., *Betula* sp.) (>90%). В палинозоне 1 среди деревьев преобладает пыльца *Pinus* sp. (до 52%) и *Picea* sp. (среднее содержание 30%, с пиком 44%). Доля пыльцы *Betula* sp. составляет 10-14%. Содержание

пыльцы *Alnus glutinosa* составляет 4-7%. Пыльца широколиственных пород стабильно присутствует на протяжении всей палинозоны 1; преобладает пыльца *Ulmus* sp. (>1%), реже встречается пыльца *Corylus avellana*, *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Quercus* sp., *Tilia* sp. Среди кустарников встречается пыльца *Betula nana* (1-2%, пик 7% в начале палинозоны), реже *Salix* sp. Среди травянистых растений преобладает пыльца Poaceae, Cyperaceae, Rosaceae, Ranunculaceae, *Artemisia* sp., однако содержание каждого таксона не превышает 1%. Среди макрофитов отмечена пыльца *Stratiotes* sp., *Polygonum amphibium* и *Potamogeton* sp. Среди споровых растений преобладают споры *Sphagnum* sp. (до 1,5%); споры других растений встречаются единично. В палинозоне 1 в больших количествах встречаются зеленые водоросли *Pediastrum* sp.

Палинозона 2 (359-320 см). В данной палинозоне в древесном ярусе сохраняется преобладающая роль пыльцы *Pinus* sp. (38-45%). Содержание пыльцы *Picea* sp. постепенно снижается на протяжении палинозоны (с 17-19% до 14-15%). Доля пыльцы *Betula* sp. наоборот обратно пропорционально возрастает с 15% в начале палинозоны 2 до 20-24% в конце. Подобная динамика между этими породами наблюдается и в других разрезах на о. Валаам. Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* существенно возрастает и составляет в среднем 9-13% по палинозоне 2. Концентрация и встречаемость пыльцы широколиственных пород остается на прежнем довольно высоком уровне, преобладает пыльца *Corylus avellana*, *Ulmus* sp. и *Quercus* sp. Доля пыльцы кустарников *Betula nana* (1-1,5%) и *Salix* sp. (>1%) остается неизменной. Встречается пыльца *Alnus incana* (>1%), единично – пыльца *Juniperus* sp. Разнообразие и встречаемость пыльцы и спор остальных групп заметно повышается в палинозоне 2. Среди трав и кустарничков преобладает пыльца разнотравья, представителей семейств Poaceae (1-1,5%), Cyperaceae (здесь и далее >1%), Ranunculaceae, Rosaceae, Fabaceae, *Artemisia* sp. и *Carex* sp. Реже встречается пыльца Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Scrophyllariaceae, *Rumex* sp., *Ranunculus* sp. Среди водных растений доминирует пыльца *Myriophyllum* sp. и *Hydrocharis* sp., реже отмечена пыльца *Nuphar lutea*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton* sp., рогозов (*Typha latifolia*, *T. angustifolia*). Среди споровых растений преобладают споры *Sphagnum* sp. (>1%), также встречаются споры Bryales, *Dicranum* sp., *Botrychium* sp., *Equisetum* sp., Polypodiaceae (включая *Polypodium* sp.). Содержание *Pediastrum* sp. в палинозоне 2 постепенно заметно снижается до минимальных значений; возрастает доля *Botryococcus* sp.

Палинозона 3 (320-276 см). В палинозоне доминирует пыльца *Pinus* sp. (45-50%) и *Betula* sp. (в среднем 30%). Содержание пыльцы *Picea* sp. низкое, оно снижается от 9-10% в начале палинозоны до 5-6% в ее второй половине. Доля пыльцы *Alnus glutinosa* немного снижается (в среднем 9%). Концентрация и встречаемость пыльцы широколиственных

пород также падает. Единично отмечена пыльца *Acer* sp. Содержание *Salix* sp. остается прежним (>1%), также среди кустарников единично встречена пыльца *Frangula* sp. и *Juniperus* sp. Таксономическое разнообразие и встречаемость пыльцы и спор остальных групп в целом не меняется. Среди травянистых растений преобладает пыльца разнотравья, *Рoaceae* (1%, до 2-2,5% в конце палинозоны 3), *Сурегасеae* (включая *Carex* sp.), *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Artemisia* sp., *Rumex* sp. (до 1,5%). Чаще встречается пыльца *Ericaceae*, а также во второй половине палинозоны 3 появляется пыльца культурных злаков *Cerealia*. Среди макрофитов к концу палинозоны 3 возрастает содержание и встречаемость пыльцы *Potamogeton* sp., также встречается пыльца *Myriophyllum* sp. (исчезает во второй половине палинозоны 3), *Polygonum amphibium*, *Typha latifolia*. Единично отмечена пыльца *Scirpus* sp. Среди споровых растений преобладают споры *Sphagnum* sp. (до 1%), *Bryales* (до 1%), *Polypodiaceae* (включая *Polypodium* sp.) и *Lycopodium* sp. Зеленые водоросли *Pediastrum* sp. спорадически отмечены в небольшом количестве, *Botryococcus* sp. стабильно встречаются в палинозоне 3. Во второй половине палинозоны 3 появляются споры грибов *Glomus*.

Озеро Антониювское. По данным анализа колонки донных отложений построена спорово-пыльцевая диаграмма, на которой выделено четыре палинозоны (рисунок 19).

Палинозона 1 (463-449 см). На протяжении всего разреза, значительно преобладает пыльца древесных растений (*Pinus* sp., *Picea* sp., *Betula* sp.). В палинозоне 1 ввиду невысокого общего содержания пыльцы в глинистых отложениях отмечается повышение доли пыльцы травянистых растений (до 19%). Среди деревьев в данной палинозоне доминирует пыльца *Pinus* sp. (45%). Содержание пыльцы *Picea* sp. составляет 10-13%, *Betula* sp. – 7-15%. Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* составляет 7-10%. Доля пыльцы *Betula nana* составляет 4%. Среди широколиственных пород преобладает пыльца *Corylus avellana* (2%), встречается пыльца *Ulmus* sp., реже *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Quercus* sp. Среди кустарников отмечена пыльца *Alnus incana* и *Salix* sp. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует пыльца представителей *Artemisia* sp. (2-5%), *Chenopodiaceae* (1-4%), *Сурегасеae* (1-2%), *Рoaceae* (1%), *Ranunculaceae* и *Rosaceae*; также велика роль разнотравья (2-4%). Пыльца макрофитов единично отмечена в конце палинозоны (*Potamogeton* sp.). Среди споровых растений преобладают споры *Bryales* (1-2%), *Sphagnum* sp. (1-2%) и *Polypodiaceae*. Единично отмечены зеленые водоросли *Pediastrum* sp.

Палинозона 2 (449-394 см). В данной палинозоне возрастает содержание *Betula* sp. (от 15% в начале зоны до 25-27% в конце). Доля сосны немного снижается и составляет 35-40%. Содержание *Picea* sp. в первой половине палинозоны составляет 20-22%, к концу зоны оно снижается до 6-11%. Доля пыльцы *Alnus glutinosa* составляет 8-14%. Доля

пыльцы *Betula nana* составляет 4-6%. Пыльца широколиственных пород отмечается стабильно по всей палинозоне; преобладает пыльца *Corylus avellana*, *Quercus* sp. и *Ulmus* sp., реже встречается пыльца *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Tilia* sp. Среди кустарников встречается пыльца *Salix* sp., *Alnus incana*, *Frangula* sp., *Juniperus* sp. Среди травяных растений преобладает пыльца представителей Poaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae (включая *Ranunculus* sp.), Rosaceae, *Artemisia* sp., разнотравья. Пыльца макрофитов представлена *Hydrocharis* sp., *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton* sp., реже *Lemna* sp., *Myriophyllum* sp., *Nuphar pumila*, *Typha latifolia*. Среди споровых растений встречаются споры Bryales, Polypodiaceae (включая *Polypodium* sp.), *Sphagnum* sp., *Lycopodium* sp. (включая *Lycopodium annotinum*), *Equisetum* sp. и др., во второй половине зоны появляются споры *Botrichium* sp. Содержание зеленых водорослей *Pediastrum* sp. в начале зоны довольно велико, затем заметно снижается. Появляются *Botryococcus* sp., их роль увеличивается во второй части палинозоны.

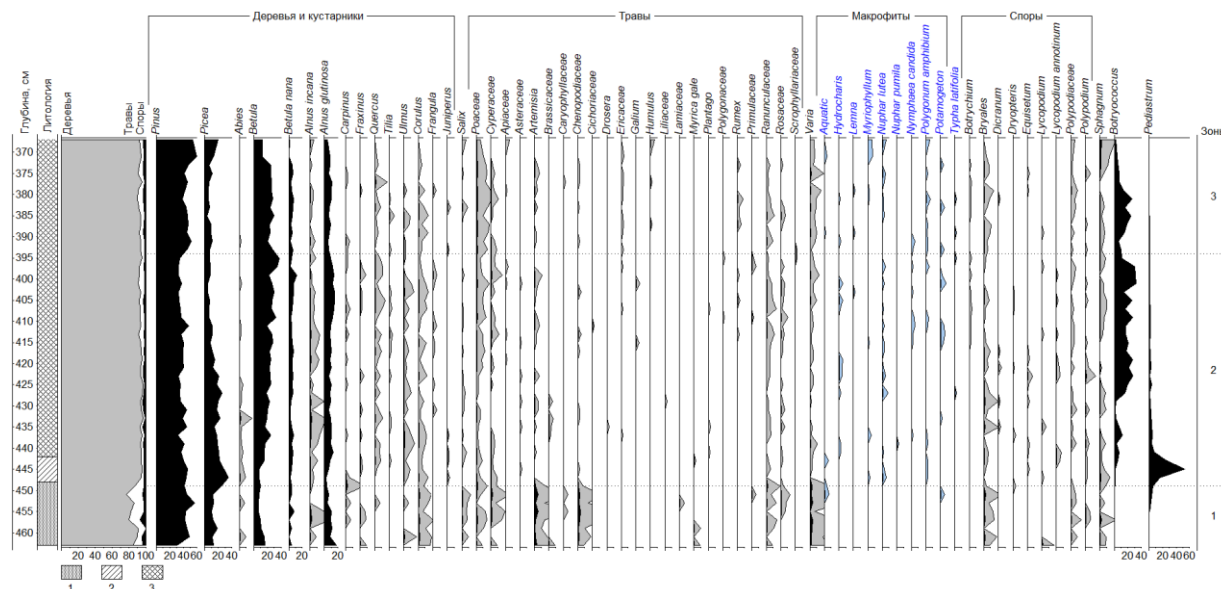


Рисунок 19 – Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Антониевского.
Условные обозначения: 1 – глина, 2 – опесчаненная гиттия, 3 – гиттия

Палинозона 3 (394-367 см). Пыльца *Pinus* sp. доминирует, ее содержание составляет 45-50% (пик 60% в конце палинозоны). Содержание *Picea* sp. остается невысоким (в среднем 5-9%), но к концу зоны краткосрочно повышается до 13-20%. Концентрация пыльцы *Betula* sp. составляет 25%, снижаясь до 12% одновременно с увеличением доли пыльцы ели в конце зоны. Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* немного падает (6-8%). Роль пыльцы *Betula nana* в целом снижается (4%). Встречаемость пыльцы широколиственных пород уменьшается, отмечена пыльца *Ulmus* sp., *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Quercus* sp., *Corylus avellana* и впервые *Tilia* sp. (>1%). Среди кустарников отмечена пыльца *Salix* sp., *Alnus incana*, реже *Frangula* sp., *Juniperus* sp. В травяно-кустарничковом

ярусе преобладает пыльца семейств Poaceae, Ranunculaceae (включая *Ranunculus* sp.), разнотравья; также встречена пыльца Cyperaceae, Chenopodiaceae, Rosaceae, *Rumex* sp. Среди пыльцы водных растений преобладают *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea*, *Polygonum amphibium*; отмечены *Hydrocharis* sp., *Nymphaea candida*, *Potamogeton* sp., *Lemna* sp., *Typha latifolia*. Среди споровых растений преобладают споры Bryales, Polypodiaceae, *Sphagnum* sp. Доля *Botryococcus* sp. довольно высокая, *Pediastrum* sp. встречаются единично.

Озеро Витальевское. По данным анализа колонки донных отложений построена спорово-пыльцевая диаграмма, на которой выделено шесть палинозон (рисунок 20).

Палинозона 1 (420-393 см). На протяжении всего разреза, за исключением палинозоны 5, значительно преобладает пыльца древесных растений (>90%), среди которых, в частности, доминирует пыльца хвойных пород – *Pinus* sp. и *Picea* sp.; существенна роль мелколиственных пород *Betula* sp. и *Alnus glutinosa*. В палинозоне 1 доминирует пыльца *Pinus* sp. и *Picea* sp. (30-35% и 20-40% соответственно). Роль пыльцы *Betula* sp. невысока (в среднем 12%). Содержание пыльцы *Alnus glutinosa* составляет 7-15%; доля пыльцы *Betula nana* – 2-8%. Среди кустарников отмечена пыльца *Alnus incana*. Среди широколиственных пород преобладает пыльца *Corylus avellana*, встречается пыльца *Ulmus* sp. *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Quercus* sp., *Tilia* sp. Таксономическое разнообразие среди трав и водных растений невысокое. В травяном ярусе преобладает пыльца разнотравья, представителей Poaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Chenopodiaceae, *Artemisia* sp. Среди макрофитов встречается пыльца *Polygonum amphibium*. Среди споровых растений отмечена пыльца *Sphagnum* sp., Bryales, *Polypodium* sp., *Equisetum* sp., *Lycopodium* sp. Встречаются *Pediastrum* sp., в конце зоны появляются *Botryococcus* sp.

Палинозона 2 (393-365 см). Доминирует пыльца *Pinus* sp. (50%, пик 60% в начале зоны). Содержание пыльцы *Picea* sp. существенно ниже – оно колеблется от 20% до 28%, увеличиваясь до 32-35% в конце палинозоны. Концентрация пыльцы *Betula* sp. составляет в среднем 6-8%, отдельные значения достигают 11-12%; доля пыльцы *Alnus glutinosa* составляет 4-6%. Роль пыльцы *Alnus incana* и *Betula nana* невелика (пики до 2% и 3% соответственно). Пыльца *Salix* sp. в небольших количествах присутствует на протяжении всего разреза. Среди широколиственных пород стабильно присутствует пыльца *Corylus avellana*, *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Quercus* sp., *Tilia* sp., *Ulmus* sp. (>1%). Таксономическое разнообразие и обилие пыльцы других групп растений невелико. В травяно-кустарничковом ярусе присутствует пыльца разнотравья, представителей семейств Poaceae, Cyperaceae, Rosaceae, Ranunculaceae, Chenopodiaceae и родов *Artemisia* sp., *Ranunculus* sp. Среди макрофитов отмечена пыльца *Potamogeton* sp., единично *Sparganium*

достигают 47%. Доля пыльцы *Picea* sp. существенно уменьшается, достигая значений 10-14% к концу зоны. Концентрация пыльцы *Betula* sp., напротив, заметно возрастает – с 11% в начале зоны до отдельных значений 26-27% в конце. Роль пыльцы *Alnus glutinosa* также увеличивается – от 6-8% в первой половине зоны до 13% к границе с палинозоной 4 (отдельные пики достигают значений 17% и 27%). Концентрация пыльцы *Betula nana* возрастает до 8-9%, обилие пыльцы *Alnus incana* и *Salix* sp. также повышается. Среди широколиственных пород деревьев сохраняется доминирующая роль пыльцы *Corylus avellana* и *Ulmus* sp., также отмечена пыльца *Carpinus* sp. и *Fraxinus* sp. Встречаемость пыльцы *Tilia* sp. падает, а кривая пыльцы *Quercus* sp. исчезает к середине зоны. Концентрация пыльцы среди травяных и споровых растений продолжает расти, это отражается в увеличении их доли в общем соотношении групп растений в первой половине зоны – до 5-6% и 5-8% соответственно. Повышается разнообразие таксонов в травяно-кустарничковом ярусе, к преобладающим таксонам добавляются представители Brassicaceae и *Polygonum* sp. Повышается роль пыльцы разнотравья, Сурепеаеae, Ranunculaceae и *Artemisia* sp. Наблюдается существенное увеличение разнообразия, встречаемости и обилия пыльцы макрофитов. На протяжении всей зоны доминирует пыльца *Hydrocharis* sp., *Potamogeton* sp. К середине зоны возрастает роль *Nuphar lutea*, а кривая *Myriophyllum* sp. постепенно исчезает. Также встречена пыльца *Alisma* sp., *Sparganium* sp., единично *Nymphaea candida*, *Iris pseudacorus*, *Typha latifolia*. Разнообразие среди споровых растений сохраняется, повышается обилие спор Bryales, в первой половине зоны увеличивается концентрация спор *Equisetum* sp. К концу зоны заметно снижается встречаемость зеленых водорослей *Pediastrum* sp. Появляются споры грибов *Glomus*, их количество резко увеличивается к концу зоны.

Палинозона 5 (245-202 см). Высокая доля пыльцы *Betula* sp. сохраняется, на протяжении всей зоны ее концентрация составляет около 25%. Пыльца *Pinus* sp. по-прежнему доминирует среди древесных пород, однако ее концентрация снижается от 37-40% в первой половине зоны до 27% в конце. Концентрация пыльцы *Picea* sp. падает до 8-11%, отдельные значения в середине зоны составляет до 3-5%. Доля пыльцы *Alnus glutinosa* остается на довольно высоком уровне и колеблется от 6% до 12% на большей части палинозоны. Концентрации пыльцы *Betula nana* также довольно велика (7-10%). Встречаемость и обилие пыльцы широколиственных пород заметно уменьшается, пыльца *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Tilia* sp. исчезает к середине зоны. Кривая пыльцы *Ulmus* sp. постепенно прерывается и во второй половине зоны встречена единично. Встречаемость *Corylus avellana* и *Salix* sp. также снижается к концу зоны, единично отмечена пыльца *Frangula* sp. В палинозоне 4 существенно меняется соотношение между основными

группами растений. Роль древесных пород заметно снижается, в то время как доля трав повышается до 8-12%, а ярко выраженные пиковые значения достигают 18%, 30%, 60%. Это связано с резким увеличением концентрации пыльцы представителей семейства Роасеае в первой половине зоны – до 2-8% с отдельными пиками до 14%, 27%, 59%. Общее разнообразие пыльцы травяного яруса немного снижается, к преобладающим таксонам также относится пыльца представителей разнотравья, Cyperaceae, Primulaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Ericaceae, *Artemisia* sp., *Primula* sp., *Ranunculus* sp.; в меньшей мере – Chenopodiaceae, *Polygonum* sp. Среди водных растений доминирует пыльца *Hydrocharis* sp., кривая которой практически непрерывна на протяжении всей палинозоны. Также преобладает пыльца *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Potamogeton* sp.; единично отмечена пыльца *Iris pseudacorus*, *Lemna* sp. и *Typha latifolia*. Таксономическое разнообразие среди споровых растений сохраняется, доминируют споры *Equisetum* sp., *Polypodium* sp., Bryales, *Sphagnum* sp., Polypodiaceae. Встречены споры *Dicranum* sp., *Lycopodium* sp. (включая *L. clavatum*), во второй половине зоны появляются споры *Dryopteris* sp. Кривая зеленых водорослей *Botryococcus* sp. непрерывна, единично отмечены водоросли *Pediastrum* sp. Кривая спор грибов *Glomus* непрерывна, их обилие существенно колеблется в пределах зоны, отмечены несколько ярко выраженных пиков со значениями около 600, 900 и 1300 спор на образце.

Палинозона 6 (202-195 см). Древесные породы вновь значительно доминируют в соотношении между основными группами растений (>92%). Доля пыльцы *Picea* sp. сильно возрастает, ее концентрация колеблется от 22% до 52%. Пыльца *Pinus* sp. также преобладает, ее значения варьируются в пределах 28-44%. Роль пыльцы *Betula* sp. в целом снижается (6-14%, пик до 26%), как и пыльцы *Alnus glutinosa* (2-7%), *Betula nana* (>2%, пик до 6%), *Alnus incana* (<1%). Среди широколиственных пород отмечена пыльца *Corylus avellana* и единично пыльца *Ulmus* sp. Встречена пыльца *Salix* sp. и *Juniperus* sp. Таксономическое разнообразие среди трав и водных растений невысокое. В травяном ярусе присутствует пыльца разнотравья, представителей Cyperaceae, Ranunculaceae, реже Роасеае, Rosaceae, *Artemisia* sp., *Primula* sp., *Ranunculus* sp. Среди макрофитов единично отмечена пыльца *Hydrocharis* sp., *Lemna* sp., *Typha latifolia*. Разнообразие среди споровых растений сохраняется, преобладают *Polypodium* sp., *Sphagnum* sp., *Lycopodium* sp., Polypodiaceae. Зеленые водоросли *Botryococcus* sp. и *Pediastrum* sp. не встречены. Споры грибов *Glomus* присутствуют единично.

ГЛАВА 5. ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСТРОВАХ ЛУНКУЛАНСААРИ И ВАЛААМ

Данные палинологического анализа колонок донных отложений малых озер (Глава 4) позволили реконструировать изменение растительности в позднем голоцене на островах Лункулансаари и Валаам под влиянием природных и антропогенных факторов.

Остров Лункулансаари.

Озеро Куйккалампи. По данным палинологического анализа колонки донных отложений оз. Куйккалампи (рисунок 13) установлено, что во время осадконакопления на окружающей территории развивались сосновые и елово-березово-сосновые леса с черной ольхой. По всему разрезу преобладающей породой является сосна, в отдельные периоды ель и береза выступают в роли создфикаторов. По результатам анализа поверхностных проб донных отложений оз. Куйккалампи (рисунок 12) в настоящее время на окружающей территории произрастают сосновые леса с елью и березой.

Нижняя часть разреза (палинозона 1) относится ко второй половине суббореала (3350 кал. л. н.). В это время основной лесообразующей породой выступает сосна. Роль ели и березы также довольно велика. На изучаемой территории развиваются **сосновые** леса с елью и березой. На влажных участках широко распространена ольха черная. Встречаются широколиственные породы – вяз, граб, ясень, дуб и липа. В подлеске растут лещина обыкновенная, ивы, ольха серая; на заболоченных участках – карликовая береза. Велика роль открытых травянистых сообществ, сложенных преимущественно злаковыми растениями. Под пологом леса произрастают разнотравные сообщества с представителями лесного разнотравья, лютиковых. Среди сорных растений встречаются маревые и норичниковые. На заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества, встречаются представители вересковых. Среди споровых растений также развиты бриевые мхи и хвощи. Водная растительность немногочисленная, в водоеме произрастает горец земноводный и рдесты, по берегам – заросли рогоза широколистного, прибрежные представители семейства Poaceae; обильно встречаются зеленые водоросли *Pediastrum* sp., реже – *Botryococcus* sp. Климат относительно теплый.

Период, соответствующий палинозоне 2, охватывает конец суббореала и первую половину субатлантика (начался 2970 кал. л. н.). В лесном покрове преобладают сразу несколько древесных пород – сосна, ель и береза. На изучаемой территории развиваются **елово-березово-сосновые** леса. Состав широколиственных пород остается неизменным, преобладают вяз и дуб. Роль черной ольхи по-прежнему высока, что может

свидетельствовать о широком распространении переувлажнённых территорий, как и возросшая роль карликовой березы. В подлеске также встречается лещина обыкновенная, ольха серая, ивы. Роль открытых злаковых сообществ в данном периоде снижается, однако в травяном ярусе распространены разнотравно-злаковые сообщества с представителями лесного разнотравья, лютиковых, розоцветных, бобовых и крестоцветных. Возрастает роль рудеральных растений (полыней). На увлажненных и заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества с представителями сфагновых мхов, осоковых, вересковых. В моховом ярусе также произрастают бриевые мхи, дикранумы, щитовники и многоножковые; велика роль хвощей. В оз. Куйккалампи произрастают кубышки желтая и малая, рдесты, ежеголовники и горец земноводный. Прибрежные территории заняты зарослями рогоза широколистного, вахтой трехлистной, вехом ядовитым и околоводными представителями злаковых. Роль *Pediastrum* sp. постепенно снижается, к середине периода они исчезают, как и *Botryococcus* sp. Климат благоприятный, о чем свидетельствует широкое развитие ели, широколиственных пород и макрофитов.

Верхняя часть разреза (палинозона 3) относится преимущественно ко второй половине субатлантического периода (начался 1010 кал. л. н.). В это время основным доминантом в лесном покрове выступает сосна. Береза и ель выступают соэдификаторами. На территории исследования произрастают **сосновые** леса с березой и елью. Роль черной ольхи в составе леса заметно снижается, что может говорить о снижении доли переувлажненных территорий. Доля широколиственных пород также падает (вяз, дуб, граб). В подлеске встречаются лещина обыкновенная, ивы, крушина и ольха серая. Немного возрастает разнообразие травянистых сообществ, под пологом леса развиваются разнотравно-злаковые сообщества с представителями лесного разнотравья, лютиковых, розоцветных, сложноцветных, бобовых. Среди рудеральных растений встречаются маревые, щавель, полыни, норичниковые и цикориевые. Впервые отмечены культурные злаки *Cerealia*, что свидетельствует об аграрной деятельности человека. В этот период распространение земледелия отмечается в озерных отложениях на других островах в акватории Ладоги – на Валааме [Сапелко и др., 2023; Vuorela et al., 2001], Путсаари [Сапелко, Корнеева, 2017] и Риеккалансари [Miettinen et al., 2002]. Водно-болотные сообщества сложены сфагновыми и бриевыми мхами, осоковыми, вересковыми. Среди споровых растений также преобладают хвощи, в меньшей степени представлены многоножковые, гроздовники и плауны. В оз. Куйккалампи произрастают кубышки желтая и малая, кувшинка чисто-белая; берега заняты рогозом широколистным, растет вахта, вех ядовитый, представители злаковых. Споры грибов *Glomus*, индикаторов

почвенной эрозии, встречаются в больших количествах, что помимо прочего может свидетельствовать о земледелии. Снижается роль ели и широколиственных пород, увеличивается доля открытых травянистых сообществ, отмечается похолодание климата.

В настоящее время на изучаемой территории произрастают **сосновые** леса с елью и березой. Широко встречается ольха черная на увлажненных участках. Отмечены широколиственные породы (вяз, липа). Заболоченные места заняты карликовой березой. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают разнотравные сообщества с представителями лесного разнотравья, сложноцветных, злаковых, лютиковых. Встречаются сорные виды полыней. Увлажненные и заболоченные территории сложены бриевыми мхами, осоками, сфагновыми мхами. Среди споровых растений также отмечены хвощи и плауны. По берегам оз. Куйккалампи активно растет вех ядовитый, в озере произрастают кубышка желтая и ряска.

Озеро Соккасенлампи. По данным палинологического анализа колонки донных отложений оз. Соккасенлампи (рисунок 14) установлено, что на протяжении осадконакопления на окружающей территории развивались сосновые, еловые и елово-сосновые леса с березой, черной ольхой и широколиственными породами. Наблюдается зависимость смен соотношений между основными древесными породами: возрастание кривых сосны и ели коррелирует с уменьшением кривой березы и наоборот. Периоды преобладания березы связаны, вероятно, с первичным распространением березняков на освобождавшихся от воды побережьях или с вторичным зарастанием на местах вырубок и пожаров. По результатам анализа поверхностных проб донных отложений (рисунок 12) в настоящее время доминируют сосновые леса с елью и березой.

В нижней части разреза (палинозона 1) среди древесных пород значительно преобладают сосна и ель. На изучаемой территории развиваются **сосновые** и **еловые** леса с березой, черной ольхой на увлажненных участках и небольшой примесью широколиственных пород (лещина, вяз). Разнообразие в травяно-кустарничковом ярусе невысокое. Представлены злаково-разнотравные (преобладают представители злаков, лютиковых, полыней) и водно-болотные осоковые сообщества с бриевыми и сфагновыми мхами. В моховом ярусе также доминируют хвощи. Водная растительность немногочисленная, встречаются кувшинка чисто-белая, ежеголовники. По берегам растет рогоз широколистный. Климатическая обстановка вероятно благоприятная, о чем свидетельствует доминирующая роль ели и довольно высокое обилие некоторых широколиственных пород. Данный период относится к концу суббореального периода (начался ранее 2865 кал. л. н.).

В периоде, отнесенному к палинозоне 2, в начале субатлантического периода на изучаемой территории преобладают **елово-сосновые** леса, однако значительно увеличивается роль березы. Одновременно с этим резко возрастает количество спор грибов *Glomus* – индикаторов почвенной эрозии. Это может свидетельствовать об освобождении прибрежных территорий от воды и их вторичном зарастании березняками. Роль карликовой березы возрастает. Для этого периода характерно довольно высокое разнообразие и встречаемость широколиственных пород. Также довольно велико разнообразие споровых и травянистых растений. Продолжают развиваться злаково-разнотравные сообщества; преобладают лесное разнотравье, лютиковые и зонтичные. Велика роль сорных видов полыней, также отмечены подорожники и маревые. Увлажненные и заболоченные участки заняты осоками, бриевыми и сфагновыми мхами. Среди споровых растений также часто встречаются хвощи, многоножковые и дикранумы. Заметно возрастает разнообразие и встречаемость макрофитов; в литоральной зоне водоема произрастают кубышки желтая и малая, кувшинка чисто-белая, ежеголовники, рдесты, уруть; по берегам – частуха и заросли рогоза широколистного. Распространение ели снижается, повышается доля открытых травянистых сообществ, что может свидетельствовать о похолодании климата и усилении антропогенной нагрузки.

Далее (палинозона 3) вновь доминируют сосна и ель, роль березы заметно снижается. Распространены **сосновые** и **еловые** леса с березой, черной ольхой и широколиственными породами. Разнообразие и встречаемость таксонов трав, макрофитов и споровых растений понижается. Среди трав преобладают злаки, осоковые, лесное разнотравье, лютиковые, рудеральные виды (в частности, полыни). Среди споровых растений преобладают сфагновые мхи и многоножковые. Водная растительность представлена кубышкой малой, ежеголовниками, рдестами, урутью. По берегам растет рогоз широколистный. Временно исчезают споры грибов *Glomus*. Климат благоприятный.

В соответствующем палинозоне 4 периоде (начался около 1810 кал. л. н.) вновь широко распространяются березняки, сокращается роль ели и появляются споры грибов *Glomus*, что, в совокупности, может свидетельствовать об антропогенной деятельности – вырубках леса и пожарах. На окружающей территории произрастают **сосновые** леса с елью, березой, черной ольхой и **березняки**. Доля широколиственных пород снижается. Таксономическое разнообразие травяных и споровых растений увеличивается; преобладают злаково-разнотравные сообщества с представителями лютиковых, зонтичных, крестоцветных. Велика роль сорных видов полыней. Развиты водно-болотные осоковые сообщества. Макрофиты немногочисленны, представлены кубышкой желтой, кувшинкой чисто-белой и ежеголовниками. Среди споровых растений доминируют

сфагновые мхи. Климат вновь становится более прохладным, заметно сокращается роль ели и повышается доля открытых травянистых сообществ.

В верхней части разреза (палинозона 5) выражен период преобладания трав, макрофитов и споровых растений, что говорит об усилении темпов зарастания озера. Увеличивается роль осоковых сообществ. Под пологом леса продолжают развиваться злаково-разнотравные сообщества. Заметно повышается роль сорных растений (полыней, маревых, бобовых, подорожников). Среди споровых растений доминируют сфагновые мхи, хвощи и многоножковые. На окружающей территории распространяются **сосновые** леса с березой и елью; широколиственные породы практически не встречаются. Климат прохладный.

В настоящее время на изучаемой территории произрастают **березово-сосновые** леса с елью и черной ольхой. В подлеске встречаются серая ольха, можжевельник, лещина. Среди широколиственных пород отмечены вяз и ясень. Среди травянистых и споровых растений преобладают злаки, осоковые, зонтичные, дикранумы, многоножковые, сфагновые и бриевые мхи, хвощи. В оз. Соккасенлампи растет кубышка желтая, кувшинка чисто-белая, рдесты, ежеголовники, уруть.

Озеро Ховатанлампи. На основании палинологического анализа колонки донных отложений оз. Ховатанлампи (рисунок 15) установлено, что во время осадконакопления на окружающей территории развивались **сосновые, еловые, березово-елово-сосновые и березово-сосново-еловые** леса с березой, черной ольхой и широколиственными породами. Доминантами среди древесных пород являются сосна, ель и береза – на большей части разреза их соотношение между собой примерно одинаковое. По результатам анализа поверхностных проб донных отложений оз. Ховатанлампи (рисунок 12) в настоящее время доминируют **сосновые** леса с березой, елью и черной ольхой на переувлажненных участках. В подлеске растут можжевельник, ольха серая, лещина; среди широколиственных пород также отмечены вяз и ясень. Среди трав и споровых растений преобладают злаки, осоковые, вересковые, полыни, лютиковые, лесное разнотравье, сфагновые и бриевые мхи, хвощи, многоножковые. Водные растения представлены частухой, ряской, рдестами, ежеголовниками и прибрежным рогозом широколиственным.

В нижней части разреза (палинозона 1) среди древесных пород значительно преобладают сосна и ель. На изучаемой территории произрастают **сосновые и еловые** леса с березой, черной ольхой на увлажненных участках и примесью широколиственных пород (лещина, вяз). Разнообразие травянистых растений низкое – в травяно-кустарничковом ярусе преобладают злаково-разнотравные сообщества; встречаются представители лесного разнотравья, лютиковых и полыней. Развита осоковая водно-

болотные сообщества. Водная растительность не представлена. Невысокое таксономическое разнообразие трав, широколиственных пород и споровых растений, а также отсутствие макрофитов свидетельствует о неблагоприятной климатической обстановке. Данный период относится к середине суббореала (>3045 кал. л. н.).

В соответствующем палинозоне 2 периоде (конец суббореала – начало субатлантика, начался 3045 кал. л. н.) продолжают существовать **еловые** и **сосновые** леса, однако постепенно доля ели возрастает. Существенно увеличивается роль березы. В середине зоны увеличивается роль черной ольхи. Возрастает разнообразие и обилие трав; травяной ярус представлен злаково-разнотравными (сложными представителями лютиковых, крестоцветных, зонтичных, повышается роль рудеральных видов маревых и полыней) и прибрежными осоковыми сообществами. В литоральной зоне озера Ховатанлампи произрастают немногочисленные водные растения (ежеголовник, рдест), по берегам встречаются заросли рогоза узколистного. Разнообразие мохового яруса также увеличивается, преобладают бриевые мхи. Климатическая обстановка улучшается.

В отнесенном к палинозоне 3 периоде (начало субатлантического периода, начался 2090 кал. л. н.) на окружающей территории по-прежнему доминируют **еловые** и **сосновые** леса. Однако роль ели к концу зоны постепенно снижается, а доля березы, наоборот, значительно возрастает. Березняки распространяются на освобождающихся от воды Ладожского озера территориях. Разнообразие и встречаемость таксонов широколиственных пород и травянистых растений остаются практически неизменными. Вместе с тем разнообразие макрофитов положительно меняется – в водах оз. Ховатанлампи произрастают кубышки желтая и малая, а на побережьях – группировки рогозов (узколистного и широколистного). Среди споровых растений доминируют сфагновые и бриевые мхи, плауны и многоножковые. Климат довольно благоприятный.

Далее (палинозона 4) в древесном ярусе заметно возрастает роль березы, роль ели сокращается, что может свидетельствовать о вырубках и вторичном зарастании территорий. На изучаемой территории развиваются **березово-елово-сосновые** и **березовые** леса. На увлажненных участках широко развита черная ольха. В травяном ярусе доминируют злаково-разнотравные сообщества с преобладанием лютиковых, крестоцветных и сорных видов. Также развиты водно-болотные осоково-сфагновые сообщества. Разнообразие споровых растений снижается, также преобладают плауны и многоножковые. Прибрежно-водная растительность представлена рогозом узколистным.

В верхней части разреза (палинозона 5) лесные сообщества сложены сосной, елью и березой в равной мере. Данный период относится ко второй половине субатлантического периода. На изучаемой территории распространены **березово-елово-**

сосновые леса. На увлажненных участках растет черная ольха. Редко встречаются широколиственные породы. В подлеске также присутствуют карликовая береза и серая ольха. В травяном ярусе преобладают представители злаковых и лютиковых; макрофиты представлены группировками рогоза узколистного. Низкая роль широколиственных пород и невысокое разнообразие пыльцы травянистых, споровых и водных растений может свидетельствовать о похолодании климата.

В настоящее время на изучаемой территории доминируют сосновые леса с березой, елью и черной ольхой на переувлажненных участках. В подлеске произрастают можжевельник, ольха серая и лещина, среди широколиственных пород также отмечены вяз и ясень. Среди трав и споровых растений преобладают злаки, осоковые, вересковые, полыни, лютиковые, лесное разнотравье, сфагновые и бриевые мхи, хвощи, многоножковые. Водные растения представлены частухой, ряской, рдестами, ежеголовниками и прибрежным рогозом широколистным.

Остров Валаам.

Озеро Германовское. Колонка 1. По данным палинологического анализа колонки 1 донных отложений оз. Германовского (рисунок 16) установлено, что во время осадконакопления на окружающей территории развивались сосновые, березово-сосновые и березовые леса с черной ольхой и широколиственными породами. По всему разрезу преобладающими лесообразующими породами являются сосна и береза, попеременно сменяю друг друга. Роль ели в целом низкая. По данным палинологического анализа поверхностных проб донных отложений оз. Германовского (рисунок 12), в настоящее время на окружающей территории произрастают березово-сосновые леса с елью.

В нижней части разреза (палинозона 1) основными лесообразующими породами выступают сосна и береза. На изучаемой территории развиваются **сосновые** и **березово-сосновые** леса. Роль ели в формировании лесного покрова невысока. На влажных участках распространена ольха черная. Встречаются широколиственные породы – лещина, вяз, дуб и граб. В подлеске произрастают ивы, крушина, ольха серая, можжевельник обыкновенный; на заболоченных участках – карликовая береза. Травяно-кустарничковые ярус сложен злаково-разнотравными сообществами с преобладанием злаковых, лютиковых (включая лютики), также присутствуют розоцветные, зонтичные, лесное разнотравье. Среди сорных растений распространены полыни и щавели, встречается иван-чай. Культурные злаки отмечаются на протяжении всего разреза, роль их невелика. На заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества с представителями вересковых и бриевых мхов. Среди споровых растений под пологом леса

также растут многоножковые, плауны, дикранумы. Водная растительность представлена преимущественно рдестами, также в водоеме растут кубышка желтая и кувшинка чисто-белая. На большей части периода обильно встречаются зеленые водоросли *Botryococcus* sp. Данный период относится к концу суббореала – началу субатлантика.

Выше по разрезу (палинозона 2) увеличивается роль березы в лесообразовании; роль сосны снижается. Роль ели остается низкой. На изучаемой территории по-прежнему развиваются **березово-сосновые** леса, однако большие территории постепенно начинают занимать березняки. Это, вероятно, связано с регрессией Ладожского озера и вторичным зарастанием освобожденных от его вод территорий. Параллельно с этим происходит резкое увеличение сфагновых сообществ, вероятно, в связи с началом зарастания освобожденных прибрежных территорий оз. Германовского и началом формирования сплавины. Роль мелколиственных пород остается практически неизменной. В составе широколиственных пород появляется липа. Роль карликовой березы несколько снижается. Травянистые сообщества сложены преимущественно лесным разнотравьем, злаковыми, лютиковыми, розоцветными, бобовыми, вересковыми, видами рода *Vaccinium*. Сорные растения представлены полынями, щавелем, маревыми. На заболоченных и освободившихся прибрежных участках растут осоковые и бриевые мхи. Состав споровых растений остается практически неизменным, но увеличивается роль плауна годичного. Лишь в конце разреза в озере отмечена водная растительность, представленная рдестами. Зеленые водоросли *Botryococcus* sp. встречаются в большом количестве в течение всего периода. Период соответствует началу субатлантика.

В соответствующем палинозоне 3 периоде (середина субатлантика) роль сосны в лесном покрове территории возрастает. Роль березы немного снижается, но в целом сохраняется на довольно высоком уровне. Роль ели остается низкой. На изучаемой территории развиваются **сосновые, березово-сосновые** леса и **березняки**. Роль ольхи черной и широколиственных пород немного снижается. Увеличиваются площади, занятые открытыми травянистыми сообществами, преимущественно разнотравно-злаковыми с преобладанием представителей злаковых, зонтичных, лютиковых, розоцветных. Велика роль сорных трав – полыней и щавелей, также отмечены цикориевые и подорожники. Распространены водно-болотные осоково-сфагновые сообщества. Роль сфагновых мхов в формировании сплавины немного снижается, но остается довольно высокой – продолжается активное заболачивание территорий. Среди споровых растений под пологом леса также произрастают многоножки, дикранумы, кочедыжники, плаун годичный. Водные растения оз. Германовского представлены урутью и прибрежными видами рогозов. Зеленые водоросли *Botryococcus* sp. исчезают.

В верхней части разреза (палинозона 4) роль березы в формирование лесного покрова снова заметно увеличивается, относительно нее роль сосны снижается. Роль ели низкая. На изучаемой территории развиваются **березово-сосновые** леса. Возрастает роль черной ольхи и широколиственных пород, среди которых преобладают лещина, липа и вяз. Встречается клен. Под пологом леса растут ивы, крушина, ольха серая. Доля открытых растительных сообществ немного снижается, однако их таксономическое разнообразие в целом увеличивается. Травянистые сообщества сложены представителями разнотравья, злаковых, бобовых, розоцветных, лютиковых, норичниковых, вересковых, *Vaccinium* sp. Среди сорных растений встречаются полыни, щавели, цикориевые, маревые. Активно идут процессы зарастания и заболачивания прибрежных территорий оз. Германовского. Развивается сложенная сфагновыми мхами сплавина. Произрастают осоковые и бриевые мхи. Среди споровых растений также растут дикранумы, многоножки, плаун годичный. В оз. Германовском обитают уруть и кубышка желтая, по берегам – вахта и рогоз широколистный. Период охватывает конец субатлантического периода.

В настоящее время на окружающей территории произрастают **березово-сосновые** леса с елью. Встречается черная ольха, присутствуют широколиственные породы (лещина, граб, вяз, дуб, ясень, липа). В подлеске растут ивы, на заболоченных местах – карликовая береза. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают злаково-разнотравные сообщества с представителями лесного разнотравья, лютиковых, бобовых, розоцветных, зонтичных и крестоцветных. Среди сорных растений отмечены полыни и подорожники. Заболоченные территории вокруг озера сложены осоками, бриевыми и сфагновыми мхами, растут вересковые и пушица. В оз. Германовском произрастают кубышка желтая, кувшинка чисто-белая и рдесты.

Колонка 2. По данным палинологического анализа колонки 2 донных отложений оз. Германовского (рисунок 17) установлено, что во время осадконакопления на окружающей территории развивались **сосновые** леса с березой. По всему разрезу преобладающей лесообразующей породой является сосна, в отдельные периоды береза выступает в роли создателя. Данная колонка относится к субатлантическому периоду.

В нижней части разреза (палинозона 1) основной лесообразующей породой выступает сосна, также преобладает береза. Роль ели невысокая. На изучаемой территории развиваются **березово-сосновые** леса. На влажных участках широко распространена ольха черная. Распространены широколиственные породы – лещина, вяз, дуб, ясень, реже отмечаются граб и липа. В подлеске растут ивы, ольха серая, крушина; на

заболоченных участках – карликовая береза. Произрастают злаково-разнотравные сообщества из лесного разнотравья, лютиковых, розоцветных, бобовых. По всему разрезу единично отмечаются культурные злаки *Cerealia*. Среди сорных растений встречаются полыни, маревые, щавели и подорожники. На заболоченных участках распространены осоково-сфагновые и -бриевые сообщества. Среди споровых растений также развиты бриевые мхи, многоножковые, гроздовники. Водная растительность немногочисленная, в водоеме произрастают кубышка желтая и рдесты, по берегам – вахта трехлистная. Встречаются зеленые водоросли *Botryococcus* sp. Климат относительно прохладный, о чем свидетельствует низкая роль ели и широколиственных пород.

В периоде, соответствующем палинозоне 2, в лесном покрове доминирует сосна. Роль ели остается низкой, доля березы также заметно снижается. На изучаемой территории развиваются **сосновые** леса. Распространение широколиственных пород падает. Роль черной ольхи существенно снижается. В подлеске встречаются ивы и ольха серая. В травяно-кустарничковом ярусе распространены злаково-разнотравные сообщества с представителями лесного разнотравья, лютиковых, розоцветных, бобовых, вересковых, *Vaccinium* sp. Встречаются сорные виды – полыни, маревые, щавели. На увлажненных и заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества с представителями сфагновых мхов, осоковых. В моховом ярусе также преобладают многоножковые, хвощи и гроздовники. В оз. Германовском доминируют рдесты, также произрастает кубышка желтая. Прибрежные территории заняты зарослями рогозов широколистного и узколистного. Стабильно встречаются зеленые водоросли *Botryococcus* sp. Сохраняется прохладный климат.

В верхней части разреза (палинозона 3) основным доминантом в лесном покрове выступает сосна. На территории исследования произрастают **сосновые** леса. Роль березы возрастает. Роль черной ольхи также повышается. Доля широколиственных пород снижается. Сильнее разрастаются ивняки. Резко возрастает роль восковника болотного в составе травяно-кустарничкового яруса. Под пологом леса развиваются разнотравно-злаковые сообщества с представителями лесного разнотравья, лютиковых, розоцветных и бобовых. Среди рудеральных растений встречаются маревые и щавели. Водно-болотные сообщества сложены сфагновыми мхами, осоковыми, вересковыми. Среди споровых растений также преобладают многоножковые. В оз. Германовском преобладает кувшинка чисто-белая; берега заняты рогозом широколистным. Стабильно встречаются зеленые водоросли *Botryococcus* sp. Климат прохладный.

Озеро Зимняковское. По данным палинологического анализа колонки донных отложений оз. Зимняковского (рисунок 18) установлено, что во время осадконакопления на окружающей территории развивались сосновые, елово-сосновые и березово-сосновые леса с примесью черной ольхи и широколиственных пород. По всему разрезу преобладающей лесообразующей породой является сосна, в отдельные периоды ель и береза выступают в роли создателей, но на большей части колонки роль ели невелика. По результатам анализа поверхностных проб оз. Зимняковского (рисунок 12) в настоящее время на окружающей территории произрастают березово-сосновые леса с примесью ели, черной ольхи, мелколиственных и широколиственных пород.

В нижней части разреза (палинозона 1) основными лесообразующими породами выступают сосна и ель. На изучаемой территории развиваются **елово-сосновые** леса. Роль березы в формировании лесного покрова невысока. На влажных участках распространена ольха черная. Встречаются широколиственные породы – вяз, граб, ясень, дуб, лещина и липа. В подлеске растут ивы, на заболоченных местах – карликовая береза. Травяно-кустарничковые ярус сложен злаково-разнотравными сообществами с преобладанием представителей злаковых, розоцветных и лютиковых, также присутствуют сложноцветные. Среди сорных растений встречаются полыни, реже подорожники, крестоцветные и цикориевые. На заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества, встречаются представители вересковых. Водная растительность немногочисленная, в водоеме произрастают телорез, горец земноводный и рдесты; обильно встречаются зеленые водоросли *Pediastrum* sp. Климат довольно благоприятный, о чем свидетельствует высокая роль ели и распространение широколиственных пород. Данный период относится к середине суббореального периода голоцена (> 3170 кал. л. н.).

В соответствующему палинозоне 2 периоде (начался 3170 кал. л. н.) сохраняется преобладающая роль сосны, а ели – постепенно снижается. Роль березы в формировании лесного покрова напротив возрастает, во второй половине палинозоны она начинается выступать в роли создателя. В первой половине данного периода на изучаемой территории развиваются **сосновые** леса с елью и березой, во второй – **березово-сосновые** леса. Состав широколиственных пород остается неизменным, преобладают лещина, вяз и дуб. Заметно возрастает роль черной ольхи, что может свидетельствовать об увеличении площади переувлажнённых территорий, как и сохраняющаяся роль карликовой березы. В подлеске также встречается ивы, ольха серая и можжевельник. Возрастает разнообразие в травяно-кустарничковом ярусе, распространены разнотравно-злаковые сообщества с преобладанием представителей злаковых, лютиковых, розоцветных, бобовых, вересковых, *Vaccinium* sp. Повышается роль рудеральных растений – в частности, полынью, реже

встречаются маревые, щавели и цикориевые. На увлажненных и заболоченных участках распространены осоково-сфагновые сообщества с представителями сфагновых мхов и осоковых. В моховом ярусе также произрастают бриевые мхи, дикранумы, гроздовники, хвощи и многоножковые. Разнообразие макрофитов в оз. Зимняковском заметно возрастает, особенно во второй половине периода. В водной среде преобладает уруть и водокрас, также встречаются кубышка желтая, горец земноводный и рдесты. Прибрежные территории заняты рогозами (широколиственным и узколиственным), а также околотовидными представителями семейства Poaceae. Роль зеленых водорослей *Pediastrum* sp. постепенно снижается, появляются зеленые водоросли *Botryococcus* sp. Климат становится более прохладным. Это конец суббореального – первая половина субатлантического периода.

В верхней части разреза (палинозона 3), как и в течение всего времени осадконакопления, в лесном покрове доминирует сосна. Береза выступает соэдификатором. Роль ели низкая. На территории исследования произрастают **березово-сосновые** леса. Роль черной ольхи в составе леса немного снижается; как и широколиственных пород, среди которых преобладают вяз, лещина, дуб и ясень; доля остальных пород крайне низкая. В подлеске встречаются ивы, крушина и можжевельник. В травяно-кустарничковом ярусе сохраняется преобладание разнотравно-злаковых сообществ. Доминируют представители злаковых, лютиковых, розоцветных, бобовых, вересковых. Среди рудеральных видов возрастает роль щавеля, также преобладают полыни. Реже встречаются маревые, норичниковые, цикориевые, *Vaccinium* sp. Начинается аграрная деятельность, впервые появляются представители культурных злаков *Cerealia*. Водно-болотные сообщества представлены сфагновыми и бриевыми мхами, осоковыми. Среди споровых растений также преобладают многоножковые и плауны. Среди макрофитов в оз. Зимняковском преобладают рдесты, также встречаются уруть, горец земноводный, рогоз широколистный, реже камыш. Берега озера также занимают представители семейства Poaceae. В водной среде активно развиваются зеленые водоросли *Botryococcus* sp., *Pediastrum* sp. встречаются реже. Появляются споры грибов *Glomus*, индикаторов почвенной эрозии, что также может свидетельствовать о земледелии. Климат довольно прохладный и сухой, о чем говорит развитие сосновых лесов, существенное снижение роли ели, а также широколиственных пород. Период охватывает вторую половину субатлантики.

В настоящее время на изучаемой территории произрастают **сосновые** и **елово-сосновые** леса с березой. Встречается ольха черная и широколиственные породы (лещина, граб, дуб). В подлеске растут ивы и жимолость, на заболоченных местах – карликовая береза. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают разнотравные сообщества с

представителями лютиковых и лесного разнотравья, увлажненные и заболоченные территории сложены осоково-сфагновыми и бриевыми сообществами с вересковыми. Встречаются сорные виды маревых и иван-чай. В озере произрастает кубышка желтая.

Озеро Антониевское. По данным палинологического анализа колонки донных отложений оз. Антониевского (рисунок 19) установлено, что во время осадконакопления на окружающей территории развивались сосновые и березово-сосновые с елью, черной ольхой и широколиственными породами. На большей части разреза главной лесообразующей породой является сосна, в отдельные периоды береза является создателем. Роль ели невелика. По результатам анализа поверхностных проб донных отложений оз. Антониевского (рисунок 12) в настоящее время на окружающей территории произрастают березово-сосновые леса.

В нижней части разреза (палинозона 1) основной лесообразующей породой выступает сосна. На изучаемой территории развиваются **сосновые** леса. Ель и береза встречаются реже, их роль в формировании лесного покрова невысока. В подлеске произрастают ольха серая и можжевельник; на заболоченных местах – карликовая береза. На переувлажненных местах и берегах водоемов растут черная ольха и ивы. Встречаются широколиственные породы (лещина, вяз, дуб, граб, ясень). Таксономическое разнообразие травяно-кустарничкового яруса невысокое; в травяном покрове развиваются разнотравно-марево-полынные сообщества. Доминирующая роль у сорных растений – представителей семейства маревых и полыней. Также присутствуют злаковые, лютиковые, розоцветные, другие представители лесного разнотравья. На сырых и заболоченных местах произрастают виды семейства осоковых, восковник болотный; из споровых растений – сфагновые и бриевые мхи. Под лесным пологом также произрастают многоножковые и плауны. Водная растительность бедная, в водной среде встречаются рдесты, а также зеленые водоросли *Pediastrum* sp. Низкое разнообразие травянистых сообществ и невысокая доля широколиственных пород могут свидетельствовать о довольно прохладном климате. Период относится к середине суббореала (до 3050 кал. л. н.).

В периоде, соответствующему палинозоне 2, сохраняется преобладающая роль сосны. К середине палинозоны роль березы в формировании лесного покрова острова значительно возрастает, она начинает выступать в роли создателя. В первой половине зоны также заметно увеличивается роль ели, однако во второй половине доля этой породы вновь снижается. В течение данного периода на изучаемой территории развиваются **сосновые, березово-сосновые и елово-березово-сосновые** леса. Повышение роли черной ольхи может свидетельствовать об увеличении площади переувлажненных территорий. Роль карликовой березы также возрастает. Широколиственные породы

встречаются стабильно, среди них заметно преобладают вяз и лещина; также присутствуют дуб, граб и ясень. Разнообразие травянистых растений возрастает. Преобладают представители злаковых, лютиковых, розоцветных, сорные растения (полыни, маревые); встречаются сложноцветные, зонтичные, подмаренники. Среди споровых растений – многоножковые, хвощи, плауны, гроздовники, щитовники. Среди рудеральных растений отмечены капустные, щавель, подорожники, цикориевые. Водно-болотные сообщества представлены осоковыми, вересковыми, сфагновыми и бриевыми мхами, встречена росянка. В озере Антониевском произрастает разнообразная водная и прибрежная растительность – водокрас, кубышка желтая, кувшинка чисто-белая, горец земноводный, рдесты. Реже встречаются ряска, уруть, кубышка малая, рогоз широколистный. Обильно развиваются зеленые водоросли. Климат относительно теплый и влажный. Период охватывает конец суббореала – первую половину субатлантика.

В верхней части разреза (палинозона 3), как и на протяжении всего времени осадконакопления, главной доминирующей породой в лесном покрове является сосна. Береза выступает в роли создателя, ее высокая роль может свидетельствовать о вырубках и вторичном зарастании территорий. Роль ели низкая, лишь в самой верхней части разреза ее доля немного возрастает. Можно говорить о развитии **сосновых и березово-сосновых** лесов на территории исследования. Роль черной ольхи снижается в сравнении с предыдущей палинозоной, однако остается довольно высокой. Роль карликовой березы немного повышается. Роль широколиственных пород уменьшается, среди них встречаются лещина, вяз, дуб, граб, ясень, появляется липа. В подлеске растут можжевельник, крушина; на увлажненных участках – ива. Среди травянистых и споровых растений преобладающими таксонами являются злаковые, лютиковые (включая род лютик), розоцветные, сорные растения (полыни, щавель, маревые), разнотравье, многоножковые, гроздовники. Водно-болотная растительность представлена осоковыми, вересковыми, среди споровых растений – сфагновыми и бриевыми мхами. Среди макрофитов озера встречаются кубышка желтая, горец земноводный, уруть, рдесты, режа водокрас, ряска, кувшинка чисто-белая, рогоз широколистный. Среди зеленых водорослей преобладает *Botryococcus* sp. Доминирование сосны, снижение роли широколиственных пород может говорить о прохладном и сухом климате. Период относится ко второй половине субатлантического периода голоцена.

В настоящее время на окружающей территории произрастают **березово-сосновые** леса с присутствием ели и с черной ольхой на переувлажненных участках. В подлеске произрастают ивы, ольха серая и лещина, среди широколиственных пород также отмечен ясень. Среди трав и споровых растений преобладают злаки, осоковые, крестоцветные,

гречишные, вересковые, лесное разнотравье, бриевые и сфагновые мхи, хвощи, многоножковые. Водные растения представлены рдестами, кубышкой желтой, урутью, кувшинкой чисто-белой и ежеголовниками.

Озеро Витальевское. На основании палинологического анализа колонки донных отложений оз. Витальевского (рисунок 20) установлено, что во время осадконакопления на окружающей территории развивались сосновые и елово-сосновые леса с березой, черной ольхой и широколиственными породами. На большей части разреза главной лесообразующей породой является сосна, в отдельные периоды – сосна и ель; береза выступает в роли создателя. По результатам анализа поверхностных проб (рисунок 12) донных отложений оз. Витальевского в настоящее время на окружающей территории произрастают елово-березово-сосновые леса с карликовой березой в подлеске и на сплавинах и черной ольхой на переувлажненных участках.

В нижней части разреза (палинозона 1) основными лесообразующими породами являются сосна и ель. На изучаемой территории развиваются **елово-сосновые** леса, береза играет невысокую роль в лесном покрове. Увлажненные места и берега водоемов заняты черной ольхой и ивами, в подлеске растут ольха серая, на заболоченных местах – карликовая береза. Ассектаторами древесного яруса являются широколиственные породы, представленные лещиной, вязом, дубом, грабом, липой и ясенем. Таксономическое разнообразие травяно-кустарничкового яруса невысокое, преобладают злаково-разнотравные сообщества из злаковых, лютиковых, розоцветных, лесного разнотравья. Отмечаются рудеральные виды (маревые, полыни). По берегам водоемов растут сфагновые и бриевые мхи, осоки, восковник болотный. Водная растительность бедная, она представлена горцем земноводным, а также зелеными водорослями (*Botryococcus* sp., *Pediastrum* sp.). Высокая роль ели, черной ольхи и широколиственных пород свидетельствуют о довольно теплом климате и естественном характере растительности. Период относится к концу атлантика – первой половине суббореала.

Далее (палинозона 2) в составе леса преобладают сосна и ель. На изучаемой территории развиваются **елово-сосновые** леса, меньшую роль в лесном покрове играет береза. Увлажненные места и берега водоемов заняты черной ольхой и ивами, в подлеске растут ольха серая и можжевельник, на заболоченных местах – карликовая береза. В древесном ярусе по-прежнему произрастают широколиственные породы. Под пологом леса развиваются сообщества, сложенные представителями семейств злаковых, лютиковых (включая род лютик), розоцветных, гвоздичных, другими представителями лесного разнотравья, сорными видами маревых и полыни, споровыми растениями – хвощами, многоножками, плаунами. На заболоченных и сырых участках, по берегам

водоемов растут виды осоковых, вересковых, сфагновые и бриевые мхи. Водная растительность бедная, в водной среде произрастают рдесты и ежеголовники, а также зеленые водоросли (*Botryococcus* sp., *Pediastrum* sp.). Сохраняется довольно теплый климат. Период относится ко второй половине суббореала (> 3095 кал. л. н.).

В соответствующему палинозоне 3 периоде (начался 3095 кал. л. н.) роль ели в формировании лесного покрова острова значительно возрастает, на территории Валаама развиваются **елово-сосновые** леса, роль березы снижается. К концу периода увеличивается роль карликовой березы. Среди широколиственных пород заметно преобладают лещина и вяз. Увеличиваются площади, занятые открытыми травянистыми сообществами. Появление пыльцы цикориевых и гречихи в конце периода свидетельствует о начале земледелия [Газизова и др., 2025]. О раннем земледелии на о. Валаам говорят также единичные находки пыльцы *Cerealia* и пик частиц угля около 2700 лет назад в донных отложениях оз. Игуменское [Vuorela et al., 2001]. Общее разнообразие в травяно-кустарничковом ярусе возрастает, доминируют представители злаковых, лютиковых (включая род лютик), розоцветных, полыней, встречается различное разнотравье, гвоздичные, цикориевые, крестоцветные, споровые растения с преобладанием многоножковых, хвощей, плаунов. Развиты водно-болотные сообщества из представителей семейств осоковых и вересковых с моховым ярусом из сфагновых и бриевых мхов. Разнообразие макрофитов остается по-прежнему низкое, однако начинается процесс заселения водной среды урутью, также отмечено присутствие рдестов. Климатическая обстановка благоприятная, климат относительно теплый и влажный. Это конец суббореального периода.

Для относящегося к палинозоне 4 периода (начался немногим позднее 2900 кал. л. н.) характерно распространение на территории изучения **сосновых** и **елово-сосновых** лесов с березой, снижение роли ели и постепенное увеличение роли березы в лесном ярусе. К середине зоны береза, наравне с елью, становится видом-созидификатором. Распространение березы связано преимущественно с усилением антропогенной деятельности – вырубками и пожарами [Газизова и др., 2025]. Роль черной ольхи заметно возрастает, как и роль карликовой березы, что может говорить об увеличении площади сырых и заболоченных участков. Доминирующая роль лещины и вяза среди широколиственных пород сохраняется, также преобладают ясень и граб. Роль липы существенно снижается, а дуб встречен лишь в начале периода. Разнообразие среди трав и споровых растений продолжает расти, преобладающие таксоны пополняются представителями крестоцветных, гречишных и хвощей. Повышается распространение лугового разнотравья, о чем косвенно говорит развитие злаков и осоковых, и

синантропной растительности. Также в отложениях появляются споры грибов *Glomus* – индикаторов почвенной эрозии. Водная среда начинает активно заселяться макрофитами – появляется водокрас, затем рдесты, к середине периода разрастается кубышка желтая. Также встречаются частуха, кувшинка чисто-белая, ежеголовники и прибрежные виды – ирис ложноаировый, рогоз широколистный. С появлением других видов водных растений роль урути постепенно снижается и в середине периода она исчезает. В конце периода заметно уменьшается роль зеленых водорослей *Pediastrum* sp. Климатические условия ухудшаются, что индицируется снижением роли ели и некоторых широколиственных пород. Период охватывает конец суббореала и первую половину субатлантика.

В соответствующему палинозоне 5 периоде (середина – конец субатлантика) на острове наблюдается господство **сосновых** лесов с березой. В растительном покрове продолжает снижаться роль ели, роль березы по-прежнему высокая, сохраняется доля черной ольхи и карликовой березы. Постепенно сокращается роль широколиственных пород. В подлеске соснового леса растет крушина. На сырых участках также растет ива. В данном периоде происходят значительные изменения в соотношении между древесными и недревесными таксонами, преимущественно за счет резкого увеличения роли злаковых. Одновременно фиксируются пики древесных макрочастиц угля; увеличение содержания хвощей, пионеров гарей [Иванова, Голубцова, 2014]; повышение роли культурных злаков; пики спор грибов *Glomus* – все это в совокупности указывает на подсечно-огневое земледелие и дальнейшую распашку территорий [Газизова и др., 2025]. Похожая динамика отмечается для других водоемов на острове около 400-700 кал. л. н. [Vuorela et al., 2001]. Общее разнообразие яруса снижается, под пологом леса преобладает разнотравье, лютиковые (включая род лютик), первоцветные (включая род первоцвет), розоцветные, сорные виды полыни и маревых, среди споровых растений доминируют хвощи и многоножки. Также отмечены зонтичные, цикориевые, гречишник, дикранумы, плауны, появляются щитовники. На сырых участках растут осоки, вересковые, сфагновые и бриевые мхи. Среди макрофитов доминирует водокрас, активно заселяющий водоем. Также преобладают кубышка желтая, кувшинка чисто-белая, рдесты. Отмечены ряска и виды, растущие вдоль берегов и на мелководье – ирис ложноаировый и рогоз широколистный. В водной среде обитают также зеленые водоросли *Botryococcus* sp., а *Pediastrum* sp., напротив, практически не встречены. Климат становится холоднее, уровень антропогенного воздействия высокий.

В верхней части разреза (палинозона 6) происходит восстановление ели в лесном покрове, на территории исследования развиваются **елово-сосновые** леса. Доля березы в растительном покрове снижается в сравнении с предыдущим периодом. Роль черной

ольхи и карликовой березы также падает; среди широколиственных деревьев отмечаются лещина и вяз. В подлеске растет можжевельник, ива – на увлажненных участках. Доля открытых пространств снижается, происходит залесение территории. Разнообразие среди трав и споровых растений невелико, к встреченным таксонам относятся лютиковые (включая род лютик), злаковые, розоцветные, полыни, первоцвет, лесное разнотравье, среди споровых преобладают многоножки, плауны, хвощи. Водно-болотную растительность слагают осоковые, сфагновые и бриевые мхи. Водная растительность немногочисленна, представлена водокрасом, ряской и прибрежным рогозом широколиственным. Зеленые водоросли не встречены. Климат прохладный и довольно сухой. Это конец субатлантического периода голоцена.

В настоящее время оз. Витальевское представляет собой небольшой зарастающий и заболачивающийся водоем, с одной стороны окруженный мощной сплавиной; водная растительность озера представлена водокрасом лягушачьим, ряской малой и редкой кубышкой желтой. На окружающей территории произрастают **елово-березово-сосновые** леса. В подлеске растут ольха черная и серая, можжевельник, лещина. На заболоченных участках произрастает карликовая береза. Среди широколиственных пород также отмечен вяз. Травянистые и споровые растения представлены преимущественно злаками, осоковыми, сложноцветными, зонтичными, лесным разнотравьем, бриевыми и сфагновыми мхами, многоножками.

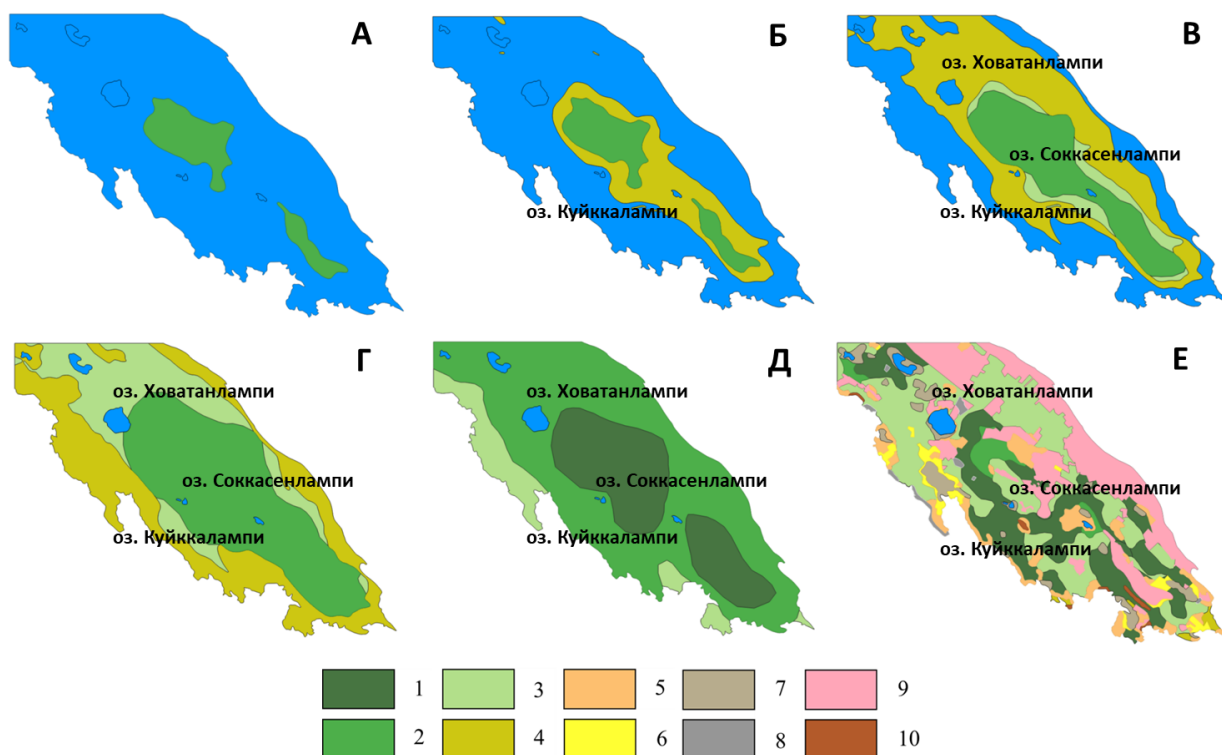
По данным полученных реконструкций для семи островных озер была составлена сводная таблица, отражающая динамику типов леса на территории островов Лункулансаари и Валаам в позднем голоцене (таблица 8). Полученные реконструкции коррелируют с имеющимися публикациями для территории северо-восточного Приладжья [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 – переход от распространенных в суббореальном периоде елово-сосновых лесов к березово-сосновым лесам, доминирующим с середины субатлантического периода по настоящее время – связана с климатическими изменениями. 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. Антропогенная деятельность, начавшаяся

после регрессии Ладоги и изоляции островных озер, получила максимальное развитие во второй половине субатлантического периода. Пожары и вырубki леса привели к широкому распространению березняков и березы в составе лесов, а также усилили сокращение ели, как одной из наиболее ценной для хозяйственных целей породы. На о. Лункулансаари они начались около 1800 лет назад (оз. Соккасенлампи, оз. Ховатанлампи). Появление пыльцы культурных злаков на островах Лункулансаари и Валаам отмечается в последнее тысячелетие и свидетельствует об аграрной деятельности человека. В этот период распространение земледелия отмечается в озерных отложениях на других островах в акватории Ладоги – на Валааме [Сапелко и др., 2023; Vuorela et al., 2001], Путсаари [Сапелко, Корнеенкова, 2017] и Риеккалансари [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]. О раннем земледелии на о. Валаам говорят также единичные находки пыльцы *Cerealia* и пик частиц угля около 2700 лет назад в донных отложениях оз. Игуменское [Vuorela et al., 2001]. Увеличение содержания хвощей, культурных злаков, спор грибов *Glomus*, макрочастиц угля в совокупности указывает на подсечно-огневое земледелие и дальнейшую распашку территорий [Газизова и др., 2025], происходившие на о. Валаам в последнее тысячелетие (оз. Витальевское). Подсечно-огневым земледелием на северном побережье Ладоги интенсивно занимались уже в начальные времена крестовых походов (X век н.э.) [Saksa, 1994; Alenius et al., 2004].

Для наглядного отражения динамики растительного покрова на островах в позднем голоцене построены схематические карты в геоинформационной системе QGIS (версия 3.0.3). Карты дают возможность наглядно проследить изоляцию малых озер, подробно рассмотренную в следующей главе. Территориально карты охватывают северо-восточную часть о. Валаам (Рисунок 21) и южную часть о. Лункулансаари (Рисунок 22), где находятся изучаемые озера. Каждый этап (А-Е) отражает реконструированные в результате палинологического анализа типы леса на островах. Распространение и смена типов леса между этапами является интерпретацией автора. Изолинии и данные о современной растительности даны на основании финских карт растительности [Kare, 1930; Kokko, Käki, 1934; Matilainen, 1934; Matilainen, Kokko, 1940]. Уровень Ладожского озера для каждого этапа построен на основании данных радиоуглеродного датирования и имеющихся реконструкций [Ailio, 1915; Сапелко и др., 2018].

Таблица 8 – Динамика типов леса на островах Лункулансаари и Валаам в позднем голоцене по палинологическим данным

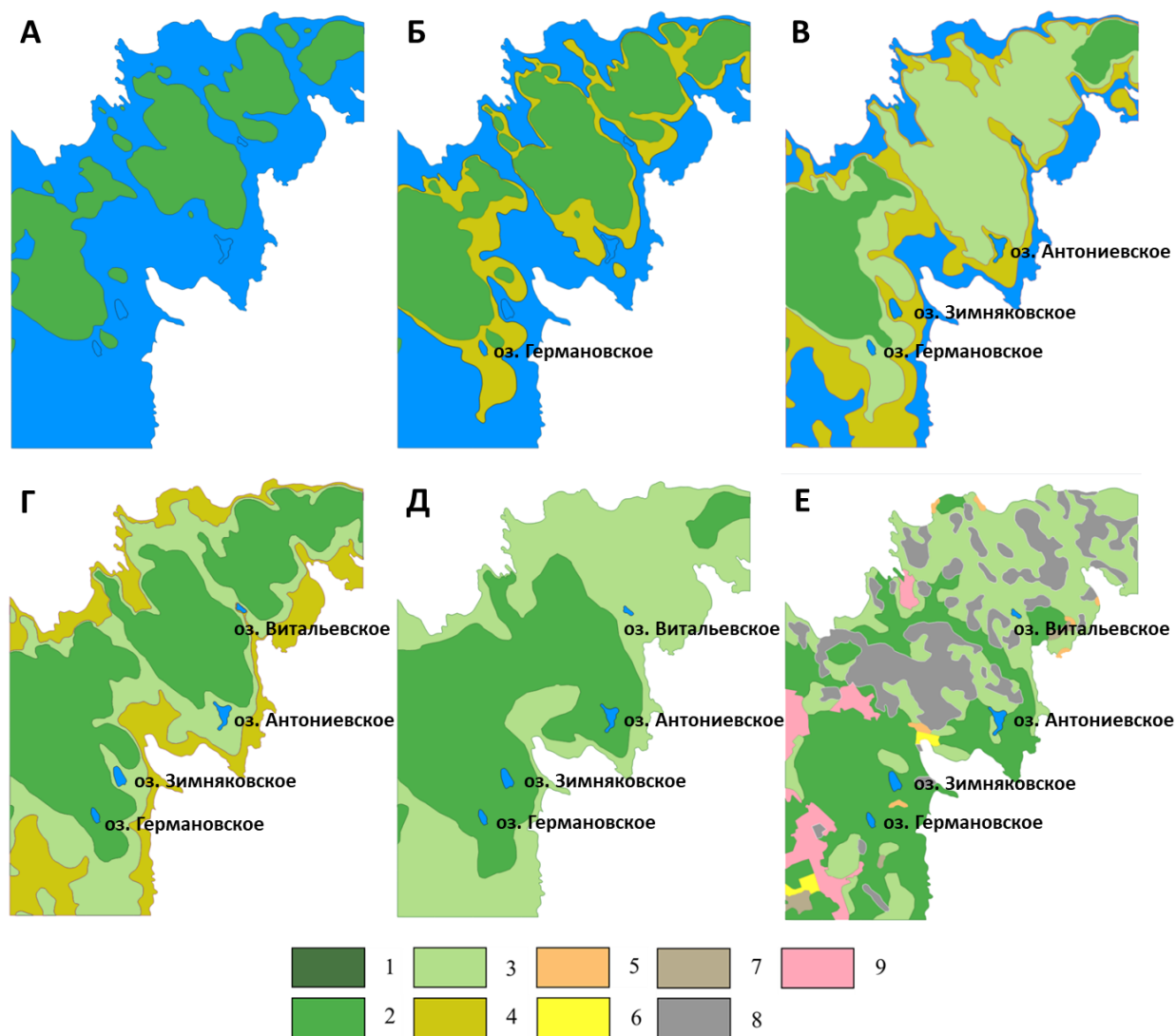
Озеро	Атлантик	Суббореал			Субатлантик			Современность
	АТ-3	SB-1	SB-2	SB-3	SA-1	SA-2	SA-3	
Куйккалампи			сосновые	елово-березово-сосновые		сосновые		сосновые
Соккасенлампи				сосновые, еловые	елово-сосновые	березово-сосновые, березовые		березово- сосновые
Ховатанлампи			сосновые, еловые			березово-елово- сосновые, березовые	березово-елово- сосновые	сосновые
Германовское				сосновые, березово- сосновые	березово- сосновые	сосновые, березово- сосновые, березовые	березово-сосновые	
Зимняковское			елово- сосновые	сосновые	березово-сосновые			сосновые, елово-сосновые
Антониевское			сосновые	сосновые, березово- сосновые, елово-березово- сосновые		сосновые, березово-сосновые		березово- сосновые
Витальевское	елово-сосновые				сосновые, елово-сосновые	сосновые	елово-сосновые	елово-березово- сосновые



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.); 10 – пески

Рисунок 21 – Динамика растительного покрова в южной части о. Лукулансаари 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 (по [Kokko, Käki, 1934; Matilainen, 1934; Matilainen, Kokko, 1940])



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 22 – 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 (по [Kare, 1930])

ГЛАВА 6. РЕКОНСТРУКЦИЯ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

6.1 Реконструкция этапов развития островных озер по пыльце макрофитов

По данным палинологических реконструкций, динамики пыльцы макрофитов, радиоуглеродных дат и литологического состава донных отложений реконструированы этапы развития островных озер в позднем голоцене на фоне трансгрессивно-регрессивных фаз Ладожского озера. Выделение ассоциаций по пыльце макрофитов в донных отложениях затрудняется ее низким содержанием и носит гипотетический характер. Тем не менее для наглядности результатов была предпринята попытка выделить сообщества водных растений с опорой на обилие пыльцы макрофитов в отложениях и данные о современном распространении макрофитов в изучаемых островных озерах. Высокое содержание пыльцы конкретного вида достоверно свидетельствует об его присутствии и широком распространении [Газизова и др., 2023], на основании чего в некоторых случаях были отмечены доминантные сообщества. Заключение о сапробности, трофности, глубинах водоемов также относительно и сделаны на основании литературных данных (таблицы 1-2).

Остров Лункулансаари.

Озеро Куйккалампи. Было выделено три этапа развития оз. Куйккалампи – залив Ладожского озера, изоляция и обособленное существование (рисунки 23-24). На **первом этапе** во второй половине суббореального периода оз. Куйккалампи являлось частью мелководного залива Ладожского озера, в котором накапливались опесчаненные глины. В водоеме обитала бедная водная растительность, характерная для «ладожского» периода [Vuorela et al., 2001]. Встречались рдесты и горец земноводный (рисунок 25), что может свидетельствовать о низком содержании органических веществ в заливе. Лесной покров окружающей территории был представлен сосновыми лесами с елью и березой. На **втором этапе** произошла регрессия Ладожского озера, повлекшая за собой изоляцию оз. Куйккалампи, по данным радиоуглеродного анализа начавшуюся 3350 кал. л. н. Обособление происходило постепенно по мере того, как оз. Куйккалампи теряло связь с Ладогой; осадконакопление происходило в условиях мелководного залива – начали формироваться органогенные донные отложения: вначале зеленовато-бурые гиттии, позднее – темно-бурые гиттии. Первоначальное резкое падение уровня Ладоги вызвало дестабилизацию озерного дна, что индицируется отсутствием пыльцы водных растений в палиносpectрах. Околоводные экосистемы быстрее адаптируются к новым условиям –

берега обособляющегося оз. Куйккалампи начали постепенно заселяться рогозом широколистным. На суше в это время продолжали развиваться сосновые леса.

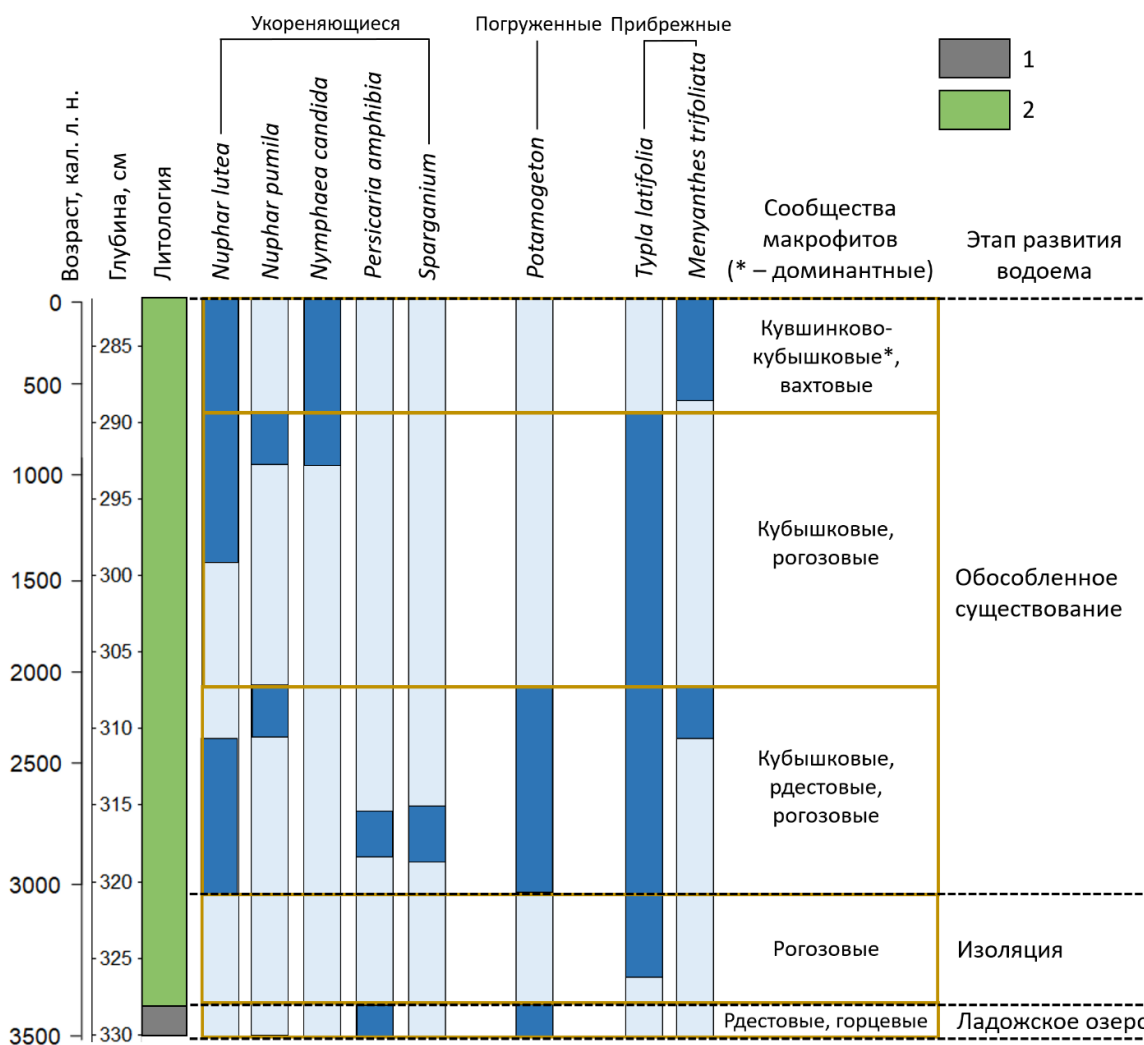


Рисунок 23 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Куйккалампи. Условные обозначения: 1 – опесчаненная глина, 2 – гиттия

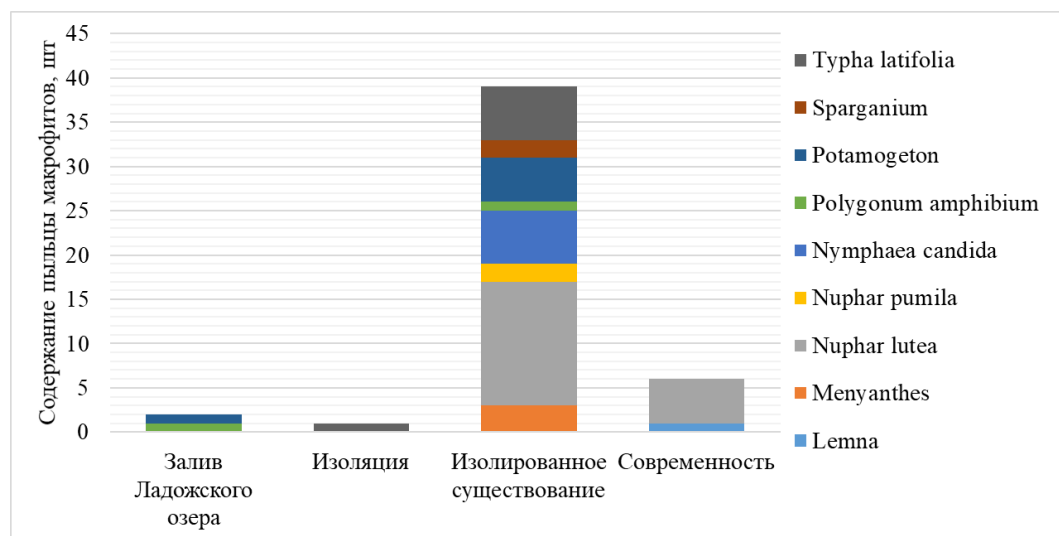


Рисунок 24 – Количественное содержание пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Куйккалампи

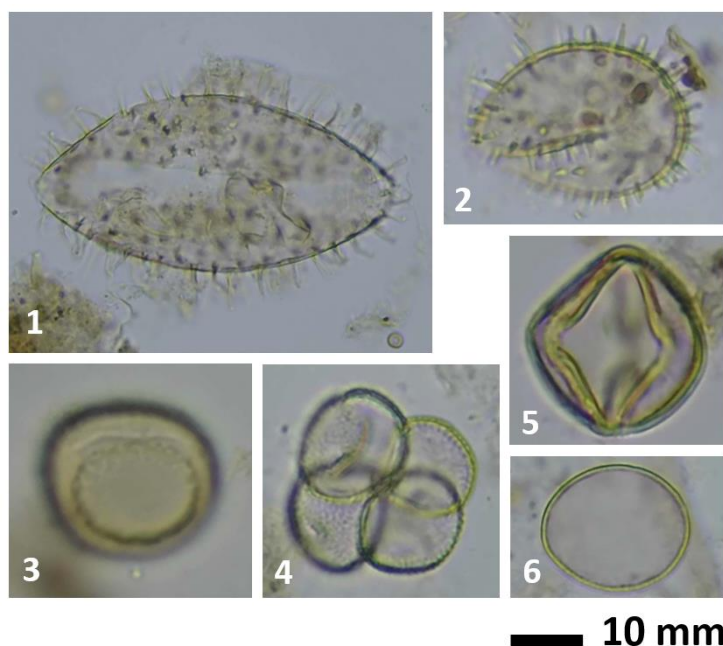


Рисунок 25 – Пыльца макрофитов, встреченная в колонке донных отложений оз. Куйккалампи (1 – *Nuphar lutea*; 2 – *Nuphar pumila*; 3 – *Nymphaea candida*; 4 – *Typha latifolia*; 5 – *Menyanthes trifoliata*; 6 – *Potamogeton* sp.)

На **третьем этапе** в субатлантическом периоде на суше произрастают елово-березово-сосновые леса. После окончательной изоляции, 2970 кал. л. н., в оз. Куйккалампи продолжают накапливаться темно-бурые гиттии и начинает формироваться собственная водная растительность. Повторно появляются рдесты и горец земноводный, формируются кубышковые (*Nuphar lutea*, *N. pumila*) и рогозовые (*Typha latifolia*) сообщества, встречаются ежеголовники. 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. Верхняя часть разреза (последние 700 лет) связана 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 (преобладание кувшинки чисто-белой индицирует значительное накопление иловых отложений [Тетерюк, 2012]). В **настоящее время** оз. Куйккалампи имеет мощную сплавину с аапа-комплексами. Его водная растительность представлена кубышкой желтой и ряской. По данным геоботанического анализа, на сплавине развиваются вахтово-сфагновые сообщества. На окружающей территории произрастают сосновые леса с елью и березой.

Озеро Соккасенлампи. Было выделено три этапа развития оз. Соккасенлампи – залив Ладожского озера, изоляция и обособленное существование (рисунки 26-27). **Первый этап** относится к концу суббореального периода голоцена, когда изучаемую территорию покрывали воды залива Ладожского озера, в бассейне накапливались глины. 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 (рисунок 28). Глубины в месте произрастания макрофитов до 3 м, присутствие кувшинки чисто-белой может свидетельствовать о повышенной трофности воды. На **втором этапе** 2865 кал. л. н. вследствие регрессии Ладоги началась изоляция оз. Соккасенлампи. Резкое падение уровня Ладожского озера индицируется временным исчезновением пыльцы макрофитов в палиноспектрах. Как и в оз. Куйккалампи, берега практически сразу начинают заселяться рогозовыми группировками (*Typha latifolia*). Отложения сменяются органогенной гиттией. На **третьем этапе** в субатлантическом периоде климат более прохладный, на суше доминируют сосновые с елью и березой леса и березняки. Изоляция Соккасенлампи завершается около 2700 кал. л. н., начинает формироваться собственная водная и прибрежно-водная растительность изолированного озера. Берега заселяются частухой, что может говорить об начале эвтрофирования водоема. 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 ежеголовниковыми 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 водоема. 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, встречается уруть. Озеро неглубокое, до 3 м, с торфяно-илистым дном, олиго-мезотрофное. **В настоящее время** на окружающей территории преобладают березово-сосновые леса с елью. По данным анализа поверхностных проб, водная растительность озера представлена кубышкой желтой, кувшинкой чисто-белой, рдестами, ежеголовниками и урутью. Активно продолжаются процессы заболачивания озера.

Озеро Ховатанлампи. Было выделено три этапа развития оз. Ховатанлампи – в составе Ладожского озера, изоляция и обособленное существование (рисунки 29-30).

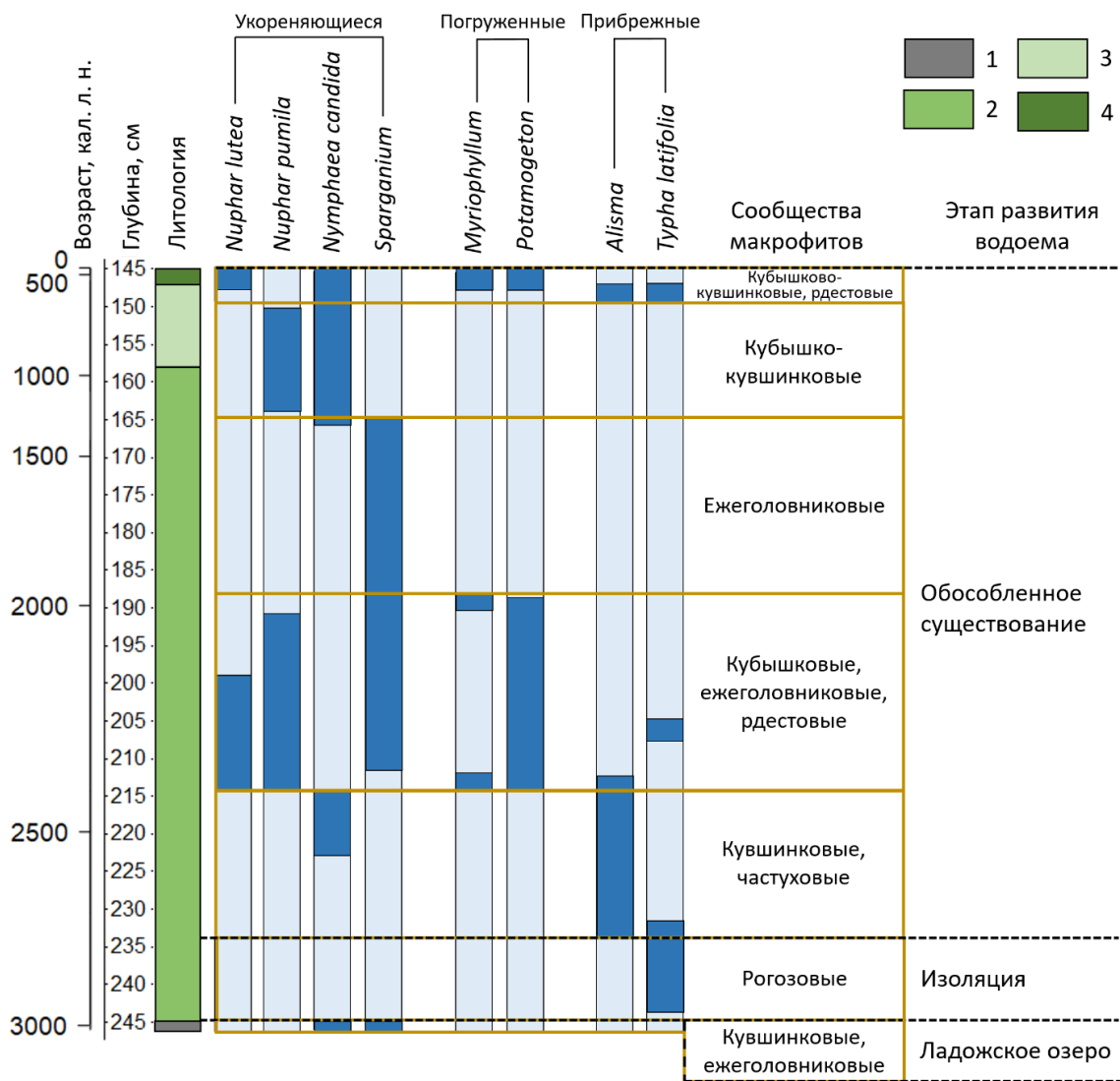


Рисунок 26 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Соккасенлампи.
Условные обозначения: 1 – глина, 2 – гиття, 3 – торфянистая гиття, 4 –
неразложившийся торф

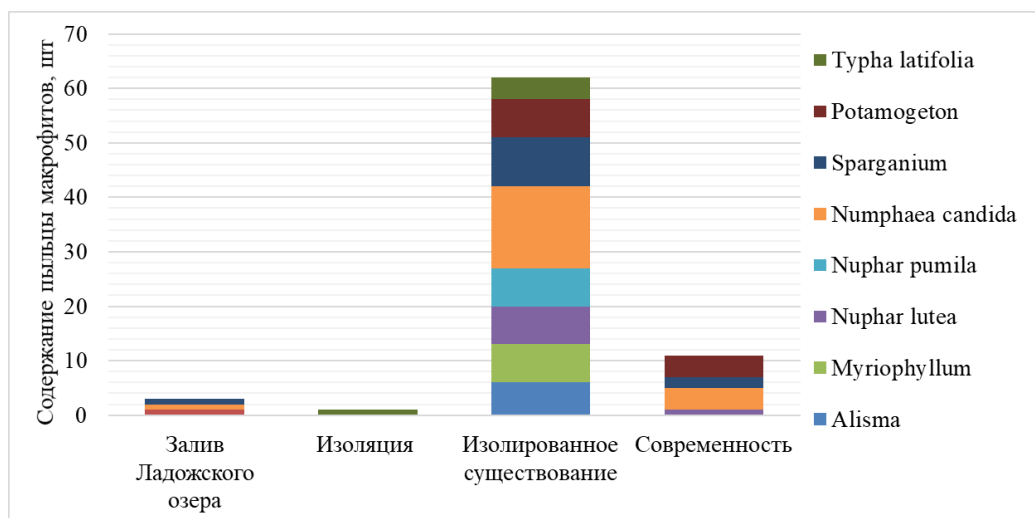


Рисунок 27 – Количественное содержание пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Соккасенлампи

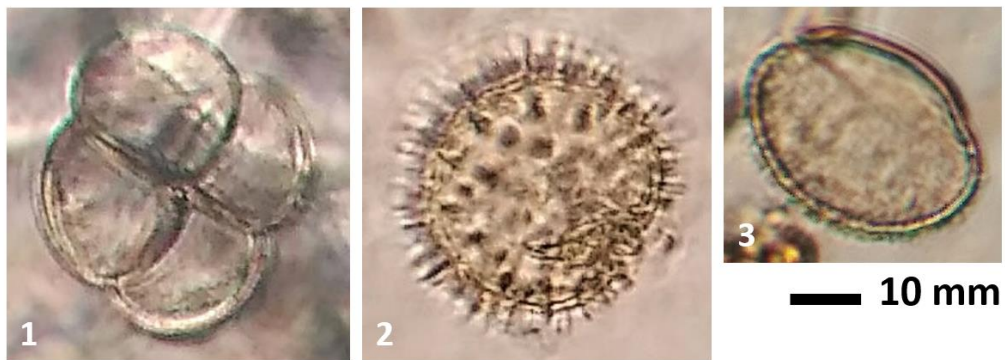


Рисунок 28 – Пыльца макрофитов, встреченная в колонке донных отложений оз. Соккасенлампи (1 – *Trapa latifolia*; 2 – *Nuphar pumila*; 3 – *Nymphaea candida*)

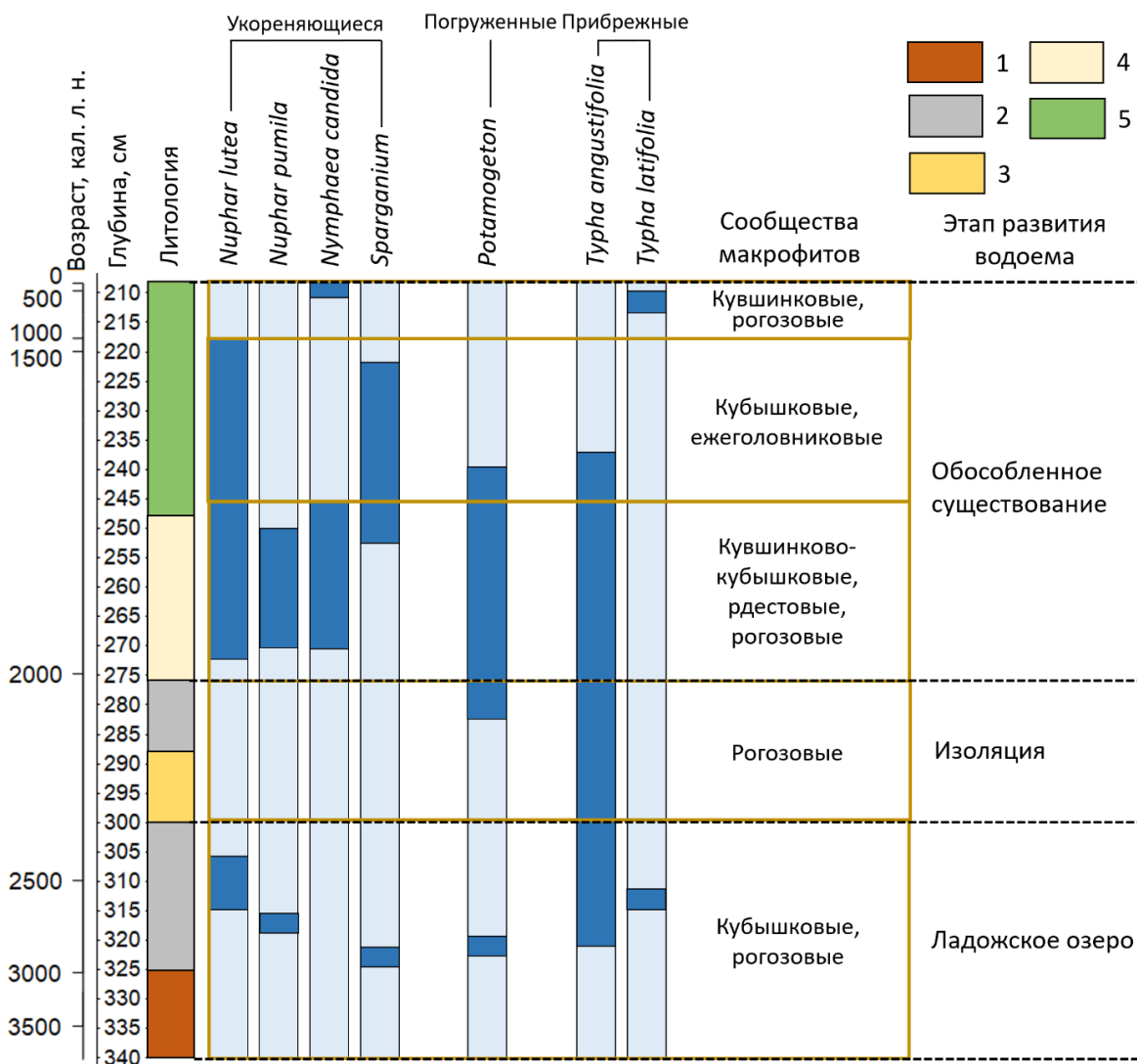


Рисунок 29 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Ховатанлампи. Условные обозначения: 1 – опесчаненный алеврит, 2 – глинистая гиттия, 3 – песок, 4 – опесчаненная гиттия, 5 - гиттия

На **первом этапе** в конце суббореального периода голоцена изучаемую территорию покрывают воды Ладожского озера, в котором накапливается опесчаненный алеврит. Около 3000 кал. л. н. произошла смена отложений на глинистую гиттию и резко

возросло разнообразие и содержание пыльцы макрофитов в палиноспектрах – появились кубышки желтая и малая, рдесты, ежеголовники, группировки рогозов (*Typha angustifolia*, *T. latifolia*) по берегам (рисунок 31). Это вероятно связано с понижением уровня воды и переходом к мелководному заливу Ладожского озера, с глубинами до 4 м в местах произрастания макрофитов. На суше в это время росли березово-сосновые и еловые леса.

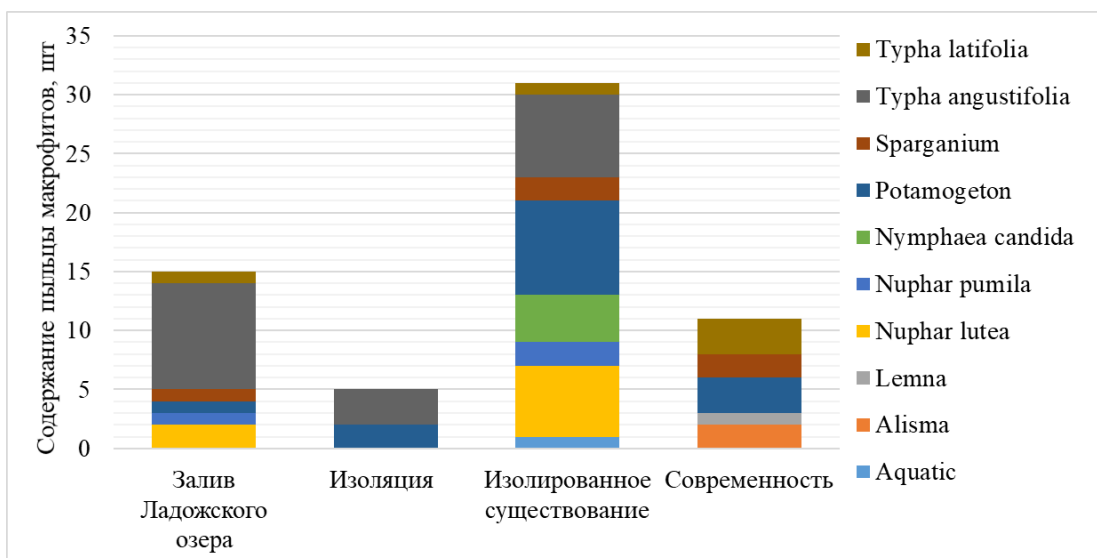


Рисунок 30 – Количественное содержание пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Ховатанлампи

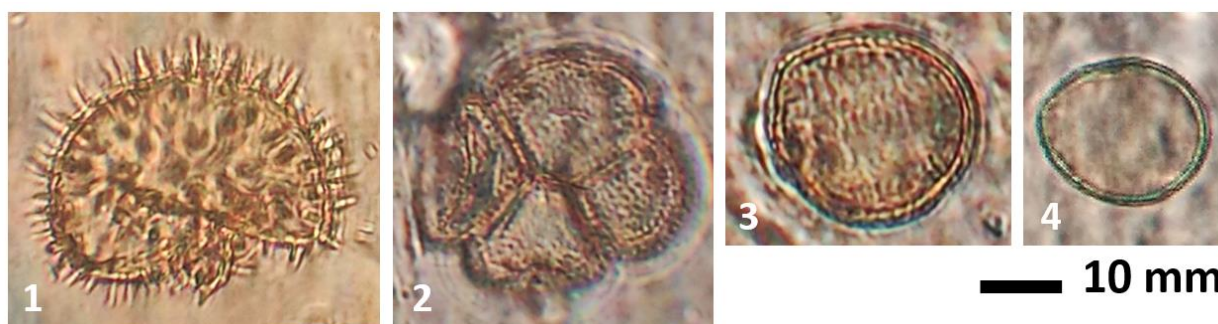


Рисунок 31 – Пыльца макрофитов, встреченная в колонке донных отложений оз. Ховатанлампи (1 – *Nuphar lutea*; 2 – *Typha latifolia*; 3 – *Nymphaea candida*; 4 – *Potamogeton* sp.)

На **втором этапе**, 2090 кал. л. н., в результате регрессии Ладоги начинается изоляция оз. Ховатанлампи. На окружающей территории в это время произрастают сосново-еловые леса, на освободившихся от воды территориях разрастаются березняки. В результате структурной перестройки происходит смена литологического состава отложений с глинистой гиттии на песок, а позднее – вновь на глинистую гиттию. 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. Когда связь оз. Соккасенлампи с Ладогой практически исчезает, водоем начинает заселяться рдестами. На **третьем этапе** после окончательной изоляции оз. Ховатанлампи, около 2000 кал. л. н., в озере стали накапливаться переходные от минеральным к органогенным отложения – опесчаненные гиттии. В озере представлены все группы макрофитов – погруженные, с плавающими листьями и прибрежные: 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, в озере 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 третьем этапе произрастают еловые, сосновые, березово-сосново-еловые и березово-елово-сосновые леса. В **настоящее время** преобладают сосновые леса с елью. В оз. Ховатанлампи растут рдесты, ежеголовники, ряска; по берегам – частуха и рогоз широколистный.

Остров Валаам.

Озеро Германовское. В отложениях обеих колонок оз. Германовского представлен только этап обособленного существования (рисунки 32-34). Изолировавшись от Ладожского озера в конце суббореального периода, озеро заселилось водными растениями (рисунок 35). На окружающей территории в это время произрастали сосновые и березово-сосновые леса. **Колонка 1** представлена органогенными гиттиями (рисунок 32). В периоде, соответствующем первой половине колонки 1, формируются сообщества рдестов, по берегам – группировки рогоза (*Typha latifolia*). Встречаются кубышка желтая и кувшинка чисто-белая, что свидетельствует о мезотрофной среде с илистыми грунтами, довольно богатой питательными веществами, но малонасыщенной органикой. В периоде, соответствующем первой половине колонки 1, в озере преобладает кубышка желтая, ближе к современности появляется уруть. Активно идет зарастание берегов – встречается вахта трехлистная и группировки рогозов (*Typha latifolia*, *T. angustifolia*). **Колонка 2** охватывает более позднее время, начиная со второй половины колонки 1 (рисунок 33). В данной точке отложения сложены торфянистыми гиттиями. На более ранних этапах формируются кубышковые (*Nuphar lutea*) и рдестовые сообщества, по берегам – рогозовые (*Typha latifolia*, *T. angustifolia*), встречается вахта трехлистная. Позднее в водоеме начинают доминировать рдестовые сообщества.

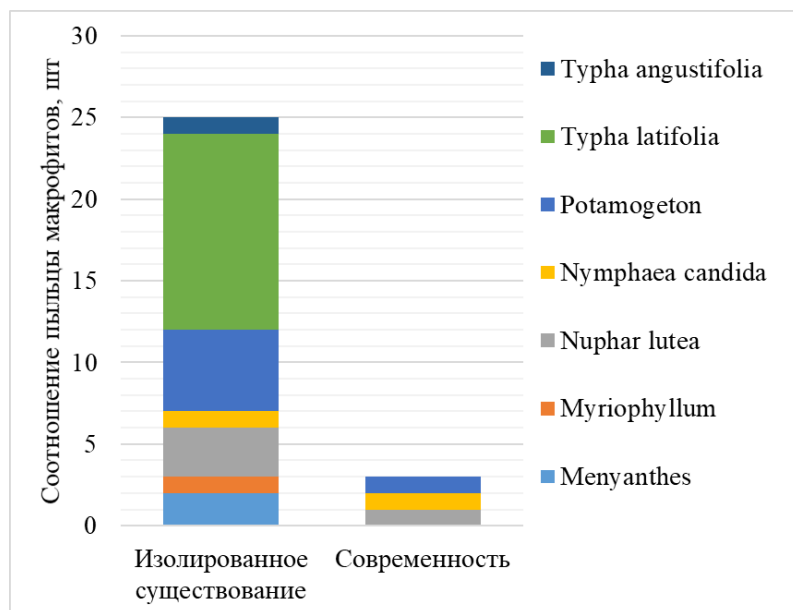


Рисунок 33 – Количественное содержание пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Германовского

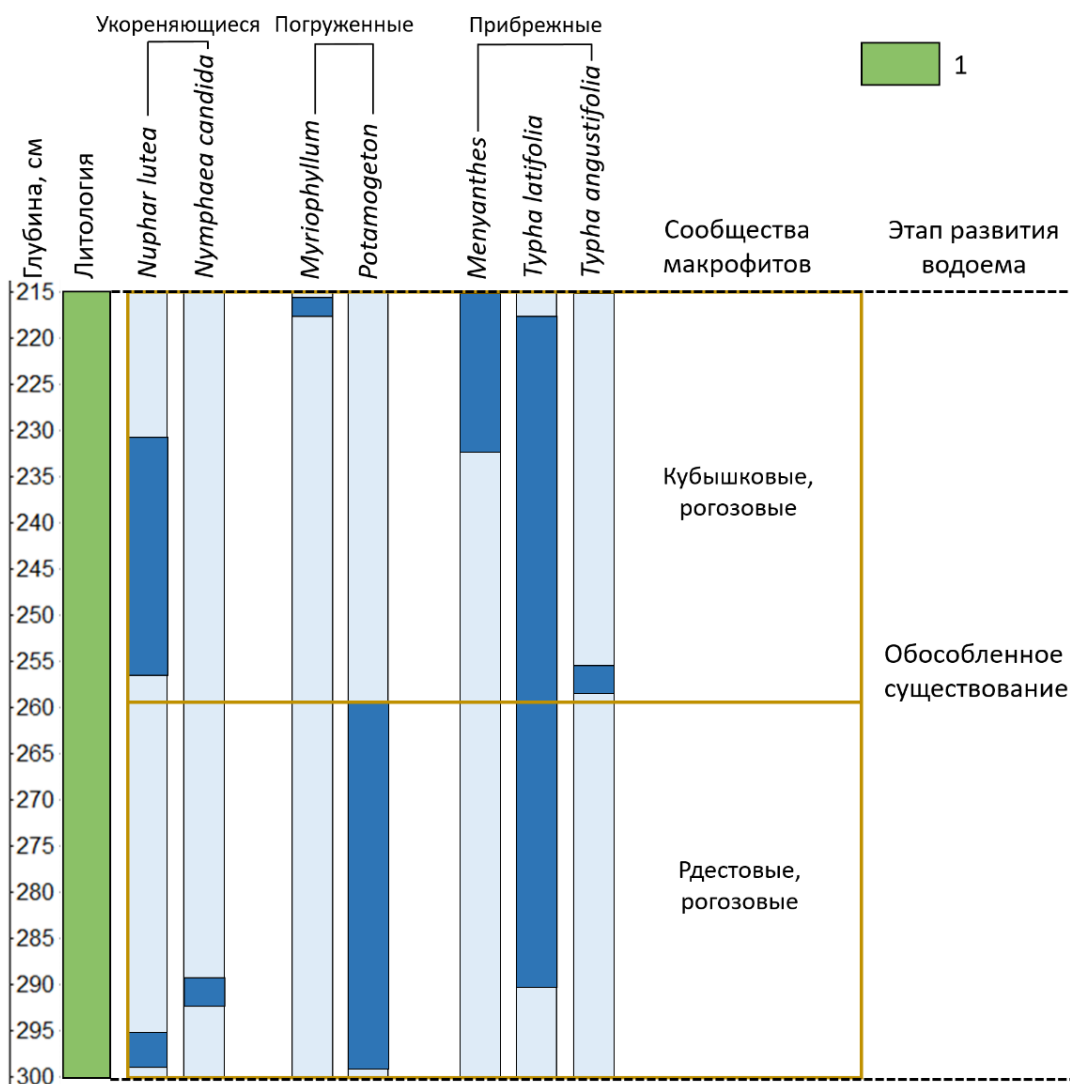


Рисунок 32 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Германовского (колонка 1). Условные обозначения: 1 – гиттия

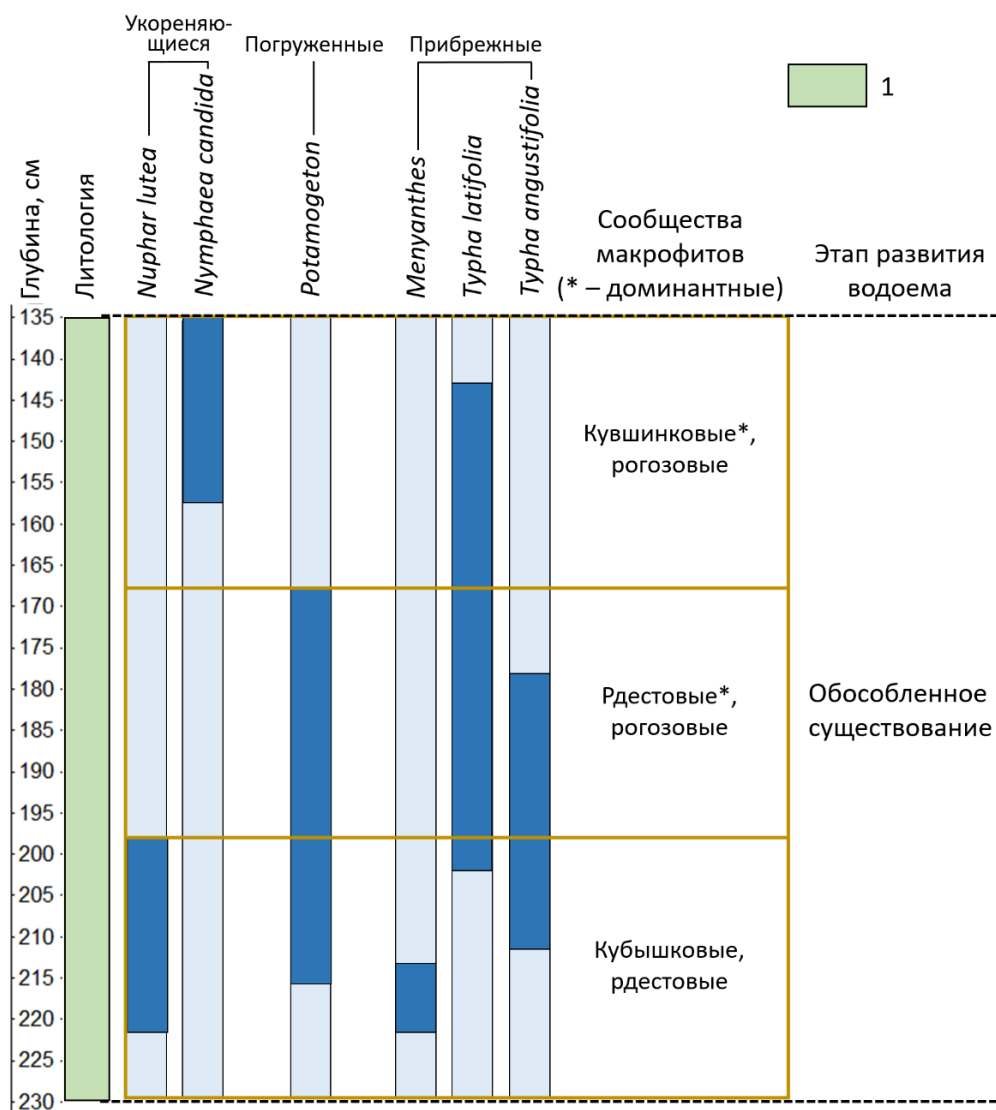


Рисунок 34 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Германовского (колонка 2). Условные обозначения: 1 – торфянистая гиттия

Ближе к современности начинают преобладать укореняющиеся гидрофиты с плавающими листьями. Рдестовые сообщества сменяются сообществами кувшинки чисто-белой. Смена погруженных сообществ рдестов на плавающие виды нимфейных может говорить в пользу олиготрофного статуса водоема [Valiranta et al., 2011]. Берега продолжает занимать рогоз широколистный. **В настоящее время** водная растительность оз. Германовского представлена кубышкой желтой, кувшинкой чисто-белой и рогозом узколистным. На суше растут березово-сосновые леса.

Озеро Зимняковское. Было выделено два этапа развития оз. Зимняковское – этап изоляции от Ладожского озера и обособленное существование (рисунки 36-37). На **первом этапе** в конце суббореала происходит изоляции оз. Зимняковское от Ладоги. В условиях мелководного залива накапливается опесчаненная гиттия. В нижних прослоях

колонки отсутствует пыльца макрофитов, что может быть связано с дестабилизацией озерной экосистемы вследствие резкого падения уровня Ладоги.

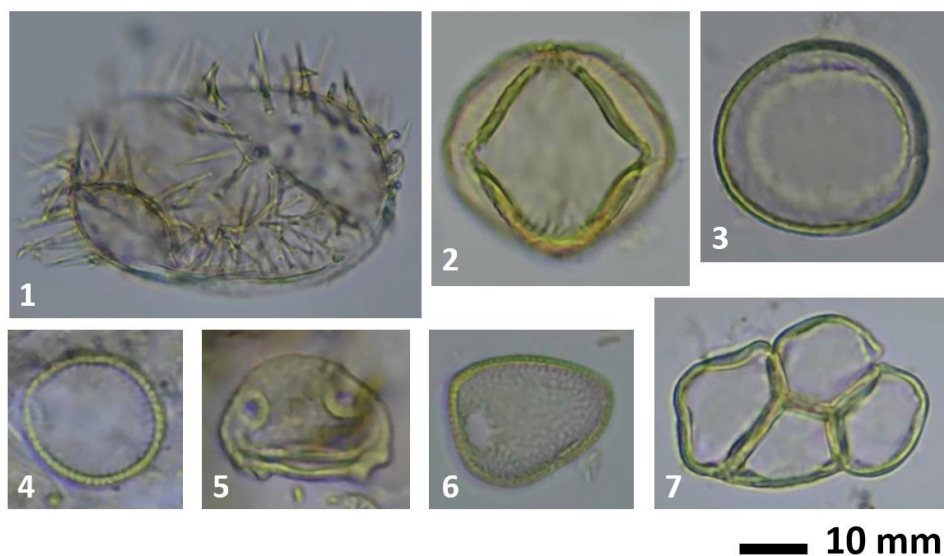


Рисунок 35 – Пыльца макрофитов, встреченная в колонках донных отложений оз. Германовского (1 – *Nuphar lutea*; 2 – *Menyanthes trifoliata*; 3 – *Nymphaea candida*; 4 – *Potamogeton* sp.; 5 – *Myriophyllum* sp.; 6 – *Typha angustifolia*; 7 – *Typha latifolia*)

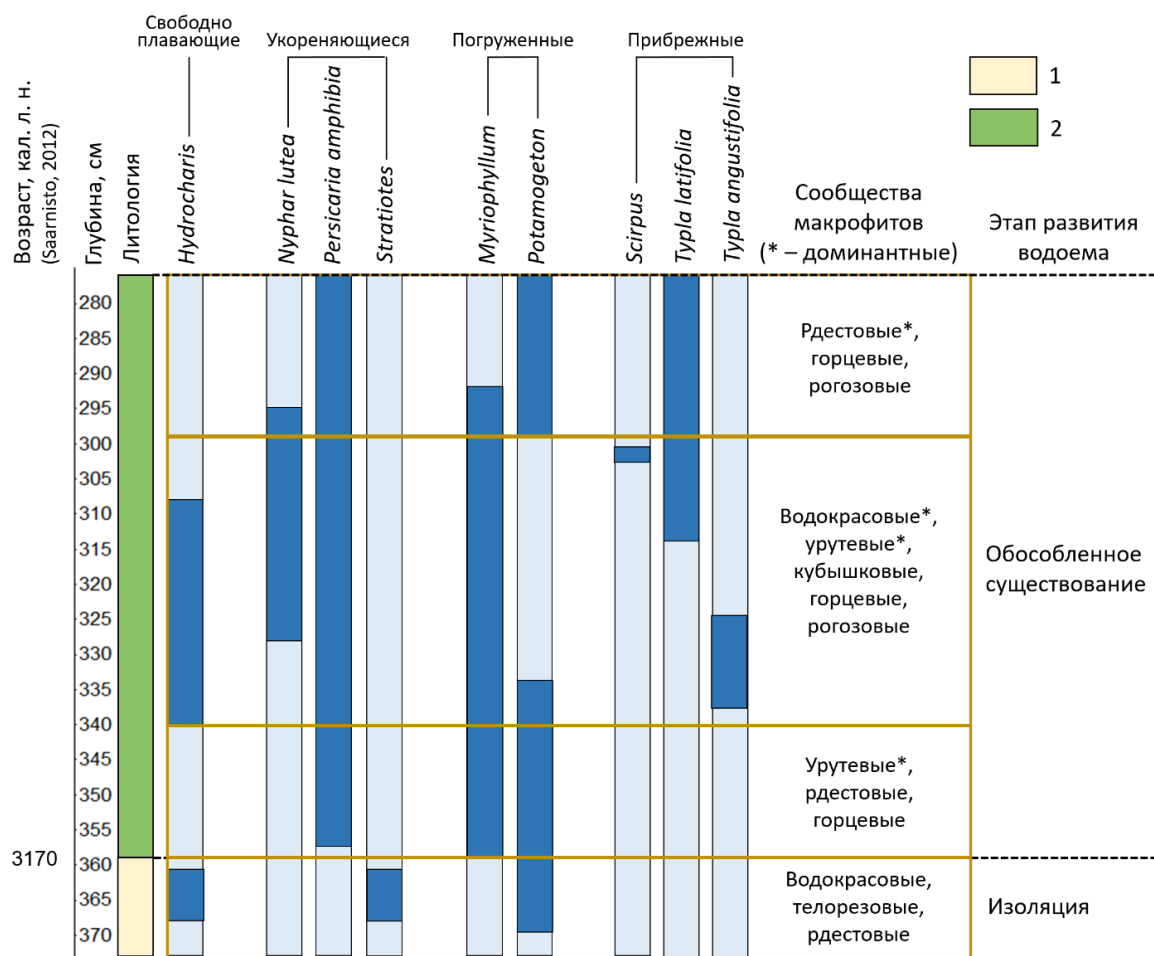


Рисунок 36 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Зимняковского. Условные обозначения: 1 – опесчанная гиттия, 2 – гиттия

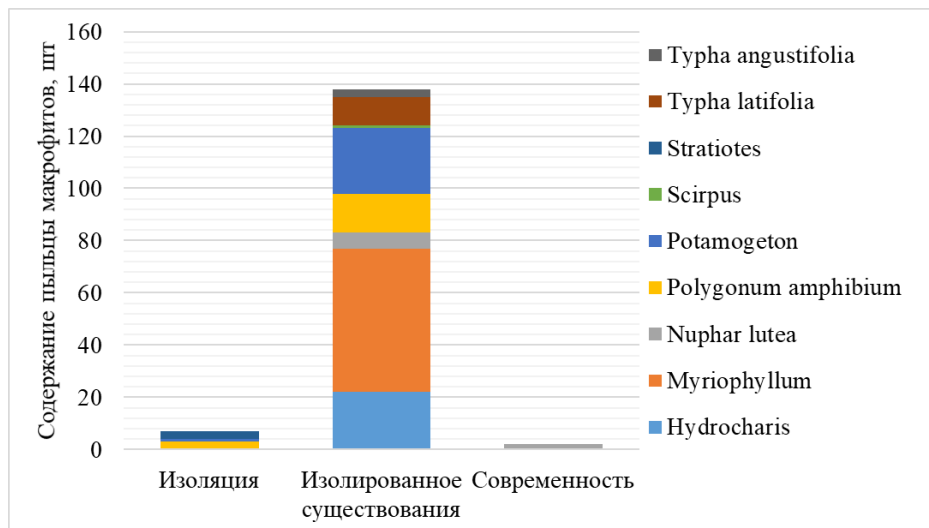


Рисунок 37 – Количественное содержание пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Зимняковского

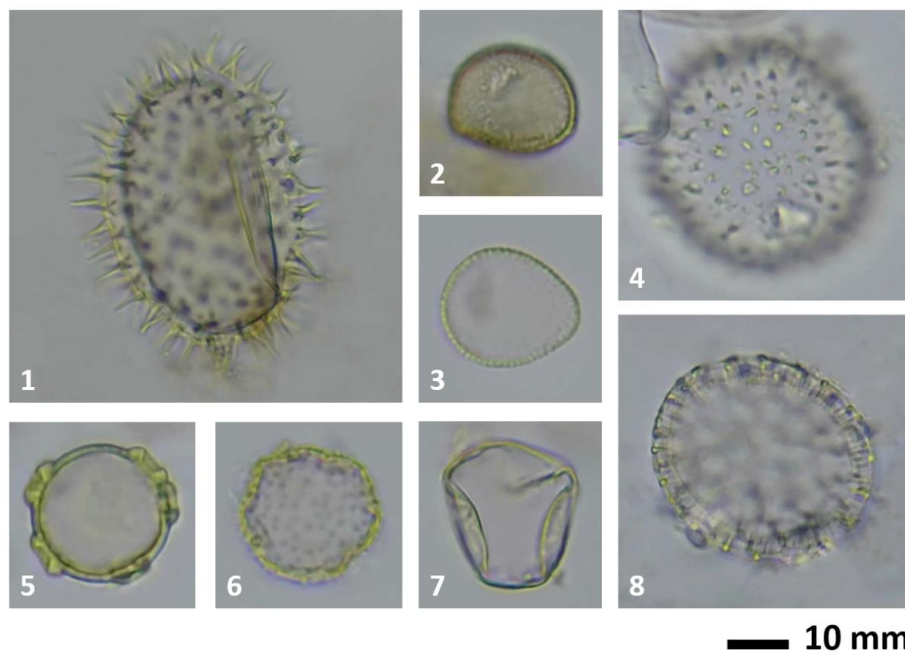


Рисунок 38 – Пыльца макрофитов, встреченная в колонке донных отложений оз. Зимняковского (1 – *Nuphar lutea*; 2 – *Typha angustifolia*; 3 – *Potamogeton* sp.; 4 – *Stratiotes* sp.; 5 – *Myriophyllum* sp.; 6 – *Hydrocharis* sp.; 7 – *Scirpus* sp.; 8 – *Polygonum amphibium*)

По мере стабилизации озеро начинает заселяться рдестами, телорезом и горцем земноводным (рисунок 38). Глубины в зоне произрастания макрофитов до 3-4 м. На суше в это время развиваются елово-сосновые леса. На **втором этапе**, 3170 кал. л. н. [Saarnisto, 2012], оз. Зимняковское окончательно изолируется, донные отложения сменяются гиттиями. В водоеме продолжают развиваться сообщества рдестов. Доминантным видом можно считать уруть, для которой отмечается наибольшее обилие пыльцы в палиноспектрах. Озеро вероятно олиготрофное и олигосапробное. Появляется горец земноводный, сообщества которого надолго заселяют водоем. Позднее также начинают

преобладать сообщества водокраса, индикатора чистоты воды; появляется кубышка желтая, берега заселяют группировки рогоза (*Typha angustifolia*, позднее *T. latifolia*). В озере представлены все группы макрофитов – погруженные, свободно плавающие, укореняющиеся с плавающими листьями и прибрежные. Пыльца камыша отмечена единично. Ближе к современности исчезают прежние доминанты (уруть и водокрас), вновь появляются сообщества рдестов, сохраняется роль горца земноводного, увеличивается сапробность озера. Берега заняты рогозом широколистным. На суше в разное время произрастают сосновые и березово-сосновые леса. В **настоящее время** представляет водная растительность оз. Зимняковского представлена кубышкой желтой, вновь населившей водоем. На окружающей территории произрастают сосновые и елово-сосновые леса с березой.

Озеро Антониевское. Было выделено три этапа развития оз. Антониевского – в составе Ладожского озера, этап изоляции, обособленное существование (рисунки 39-40). **Первый этап** относится к суббореальному периоду голоцена и связан с существованием на территории изучения 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 (рисунок 41). На **втором этапе** в конце суббореального периода происходит обособление оз. Антониевского, оно продолжалось с 3050 по 2410 кал. л. н. [Saarnisto, 2012]. В этот период озеро представляло собой мелководный залив, постепенно терявший связь с Ладогой. Изоляция сопровождалась сменой литологии с глины на опесчаненную гиттию. В точке отбора колонки накопилось всего 5 см донных отложений, что свидетельствует об их активном размыве в ходе изоляции и затрудняет реконструкцию динамики макрофитов. На суше в это время развивались елово-сосновые и сосновые леса. В период изоляции и в начале **третьего этапа** существования полностью обособленного озера 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 – погруженные, свободно плавающие, укореняющиеся с плавающими листьями и прибрежные. Ближе к современности доминируют сообщества кубышки желтой, горца земноводного, урути и рдестов. На суше в разное время преобладали сосновые, березово-

сосновые, елово-сосновые и елово-березово-сосновые леса. В **настоящее время** водная растительность озера представлена рдестами, кубышкой желтой, урутью, вновь появившейся кувшинкой чисто-белой и ежеголовниками. На суше произрастают березово-сосновые леса с елью.

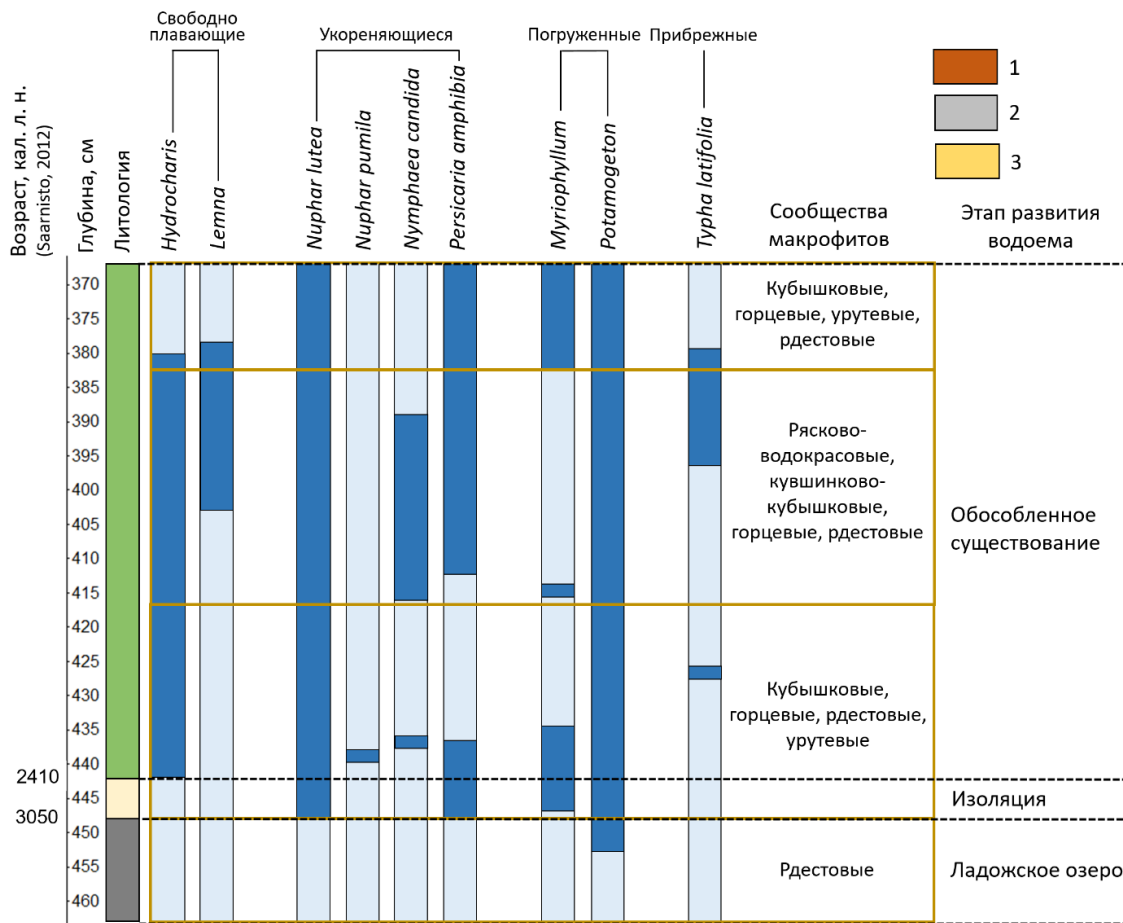


Рисунок 39 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Антониевского. Условные обозначения: 1 – глина, 2 – опесчаненная гиттия, 3 – гиттия

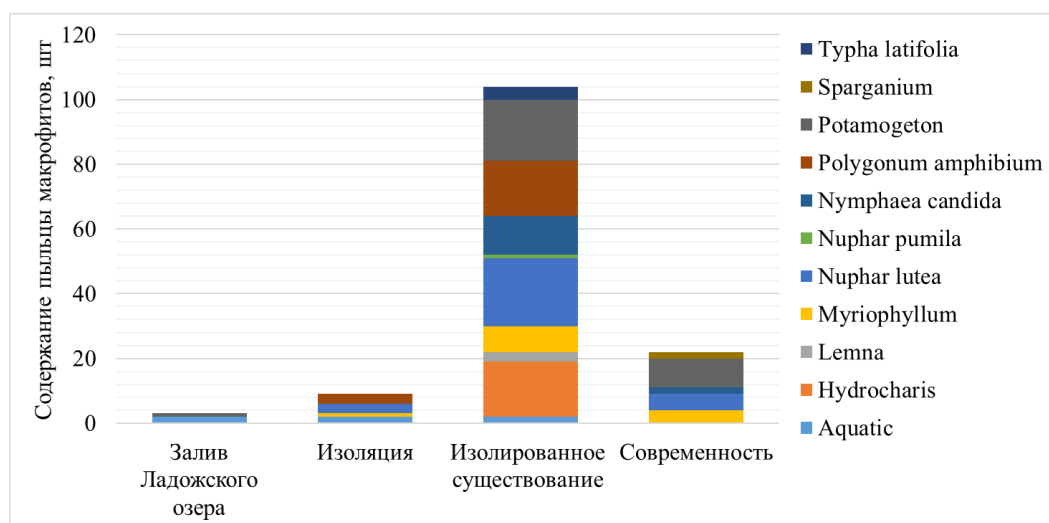


Рисунок 40 – Количественное содержание пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Антониевского

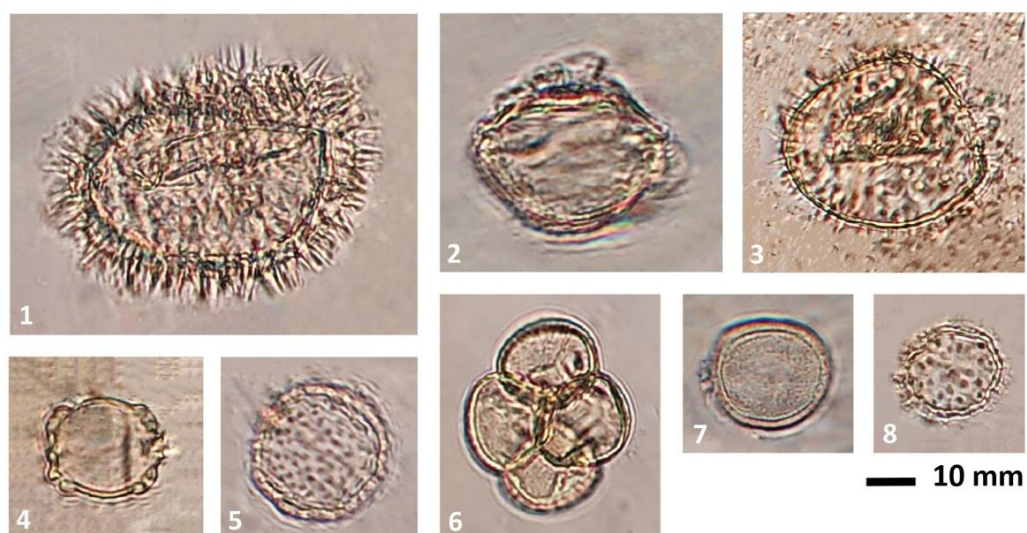


Рисунок 41 – Пыльца макрофитов, встреченная в колонке донных отложений оз. Антониевского (1 – *Nuphar lutea*; 2 – *Nymphaea candida*; 3 – *Nuphar pumila*; 4 – *Myriophyllum* sp.; 5 – *Hydrocharis* sp.; 6 – *Typha latifolia*; 7 – *Potamogeton* sp.; 8 – *Lemna* sp.)

Озеро Витальевское. Было выделено три этапа развития оз. Витальевского – в составе Ладожского озера, этап изоляции, обособленное существование (рисунки 42-43). На **первом этапе** в конце суббореального периода 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 (рисунок 44). Низкое содержание пыльцы в отложениях характерно для «ладожского» периода [Vuorela et al., 2001]. Глубины произрастания макрофитов до 4 м. На суше преобладали елово-сосновые леса. На **втором этапе** в результате регрессии Ладожского озера началась изоляция оз. Витальевского. По Saarnisto [2012], изоляция продолжалась с 3095 по 2900 кал. л. н. и сопровождалась сменой донных отложений с опесчаненного алеврита на алевритовую гиттию. Дестабилизация озерной экосистемы индицируется временным исчезновением пыльцы макрофитов. По мере стабилизации изолирующегося озера начинает вновь заселяться макрофитами, пионером становится уруть. На суше произрастают елово-сосновые и сосново-еловые леса. На **третьем этапе** на суше в разное время преобладают елово-сосновые, сосновые, березово-сосновые и елово-березово-сосновые леса. Витальевское активно начинает заселяться водной растительностью. Формируются сообщества водокраса, горца земноводного, урути и рдестов. Появляются частуха, горец земноводный, ежеголовники, кувшинка чисто-белая. Возрастает роль кубышки желтой, уруть исчезает. Это период максимального развития водной растительности, в озере представлены все группы макрофитов.

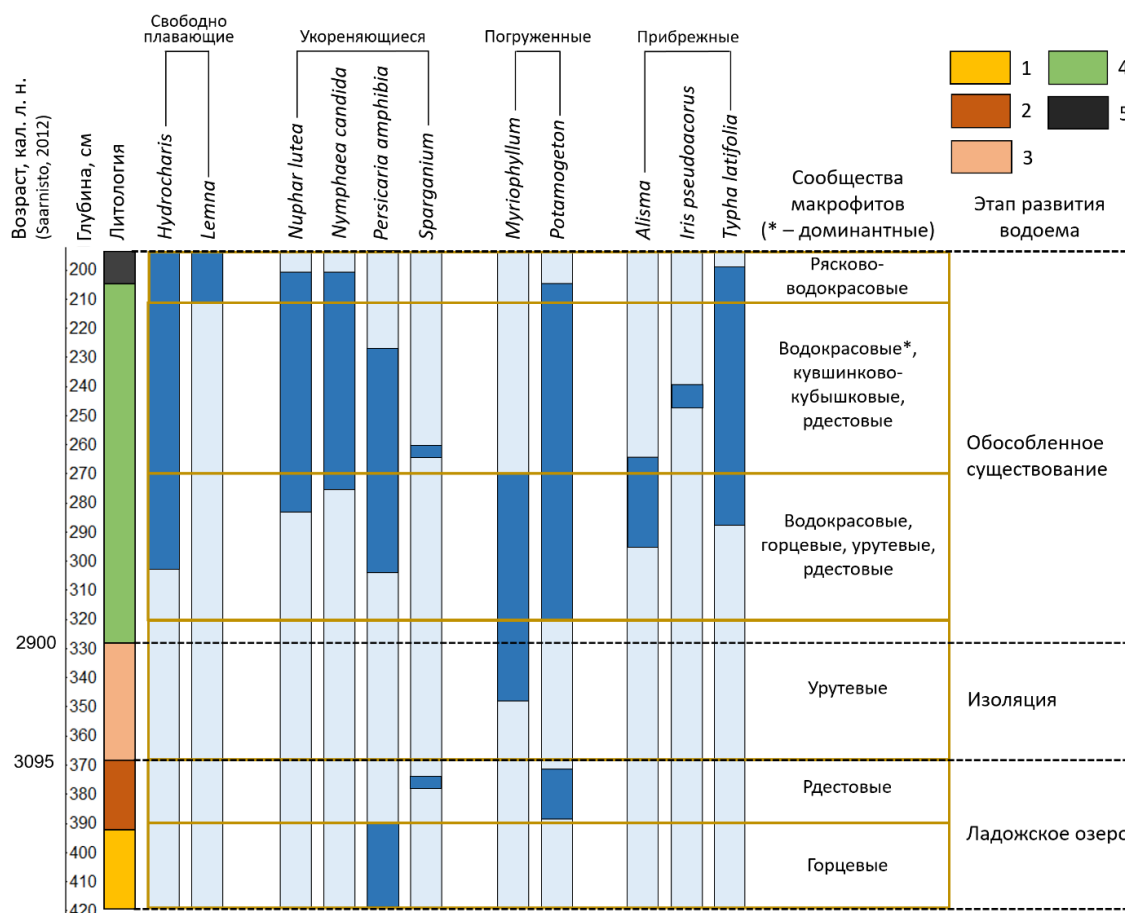


Рисунок 42 – Динамика содержания пыльцы водных растений оз. Витальевского. Условные обозначения: 1 – песок, 2 – опесчаненный алеврит, 3 – алевритовая гиттия, 4 – гиттия, 5 - наилкок

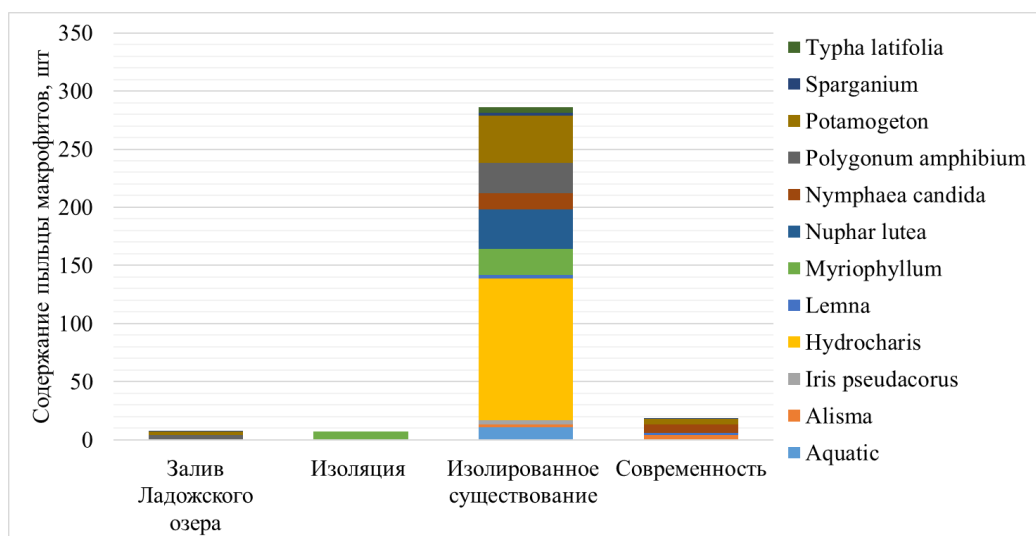


Рисунок 43 – Количественное содержание пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Витальевского

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 ложноайровый. 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. В **настоящее время** озеро представляет собой небольшой зарастающий водоем с мощной сплавиной, по данным палинологического анализа поверхностных проб в его водах произрастают ряска, кувшинка чисто-белая, рдесты и ежеголовники; по берегам встречается частуха. На суше растут елово-березово-сосновые леса.

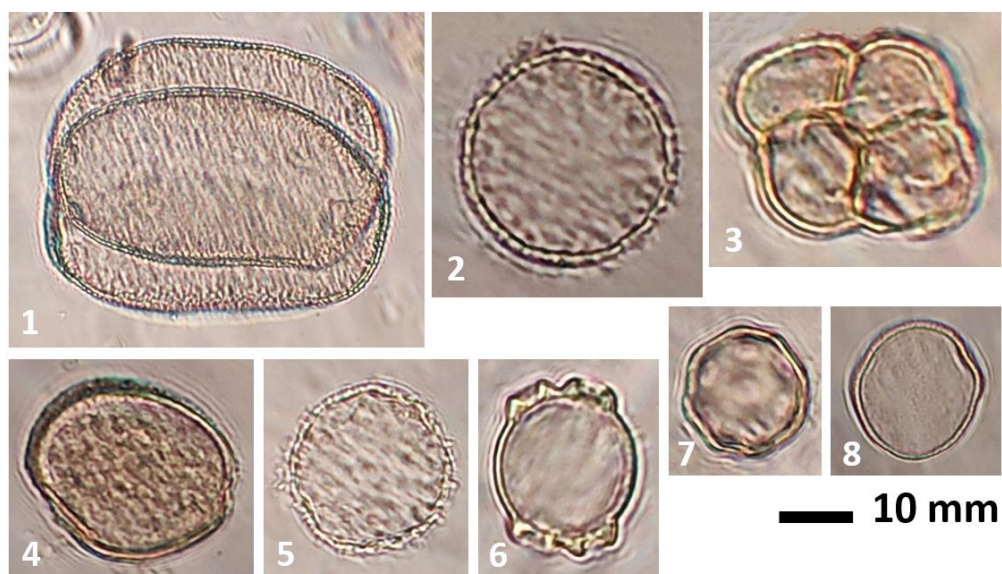


Рисунок 44 – Пыльца макрофитов, встреченная в колонке донных отложений оз. Витальевского (1 – *Iris pseudacorus*; 2 – *Stratiotes* sp.; 3 – *Typha latifolia*; 4 – *Nymphaea candida*; 5 – *Hydrocharis* sp.; 6 – *Myriophyllum* sp.; 7 – *Alisma* sp.; 8 – *Potamogeton* sp.)

Таким образом, по данным динамики пыльцы макрофитов, палеореконструкции растительности и литологического состава колонок донных отложений озер на островах Лункулансаари и Валаам были выделены этапы развития водоемов в позднем голоцене. Этапы определяются трансгрессивно-регрессивными фазами Ладожского озера. Осадконакопление в некоторых озерах началось только с началом изоляции от Ладоги или уже после окончательной изоляции, однако, в целом, можно выделить три этапа развития озер – залив Ладожского озера, изоляция и обособленное существование. Состав и обилие водных растений на одном и том же этапе индивидуальны для каждого водоема, однако можно выделить некоторые ключевые виды-индикаторы среди макрофитов (рисунок 45, таблица 9). Поверхностные пробы донных отложений озер были представлены илами, однако к современным отложениям также относятся торфянистые гиттии и торф. Менее широкий спектр видов макрофитов в настоящее время объясняется высокой цветностью воды в связи с высоким содержанием гуминовых веществ в озерах [Газизова и др., 2023].

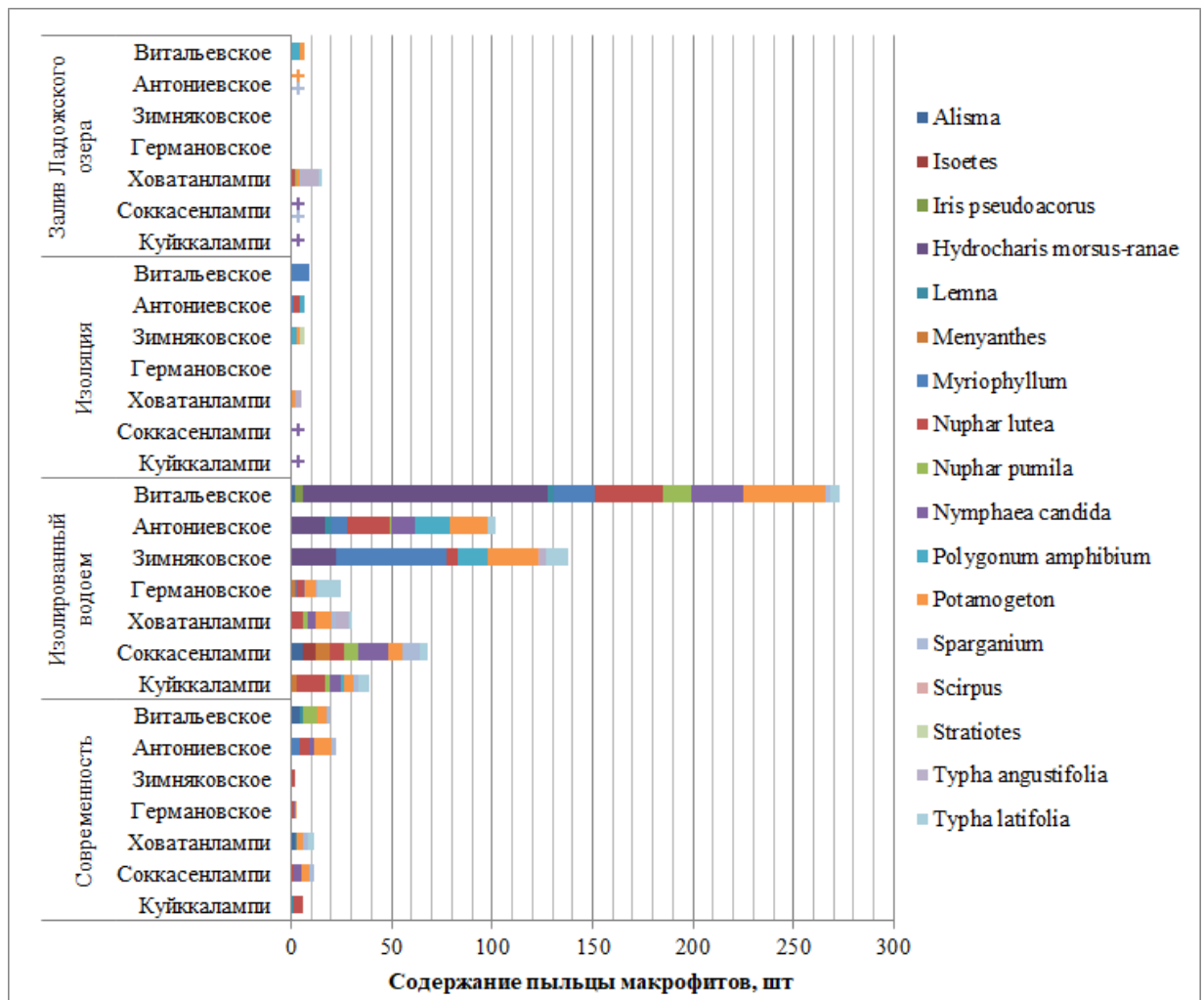


Рисунок 45 – Сводная диаграмма динамики содержания пыльцы макрофитов на разных этапах развития островных озер («+» – единичные значения пыльцы)

Таблица 9 – Индикаторы этапов развития островных озер

Этап развития	Литология	Пыльца макрофитов
Залив Ладожского озера	Минеральные отложения (песок, глина)	<i>Potamogeton</i>
Изоляция	Органо-минеральные переходные отложения (песчаные, глинистые гиттии)	Вначале – временное исчезновение, затем – <i>Typha</i> , <i>Myriophyllum</i> , <i>Polygonum amphibium</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

Полученные реконструкции этапов развития озер на островах Лункулансаари и Валаам и смены природной обстановки по данным палинологического анализа

сопоставлялись с результатами других анализов. Для донных отложений оз. Витальевского на о. Валаам были выполнены диатомовый анализ и литологический анализ с определением потерь при прокаливании [Сапелко и др., 2023]. Для донных отложений оз. Куйккалампи на о. Лункулансаари был выбран комплекс анализов с применением зоологических индикаторов – кладоцер и ризопод, также для колонки торфяной залежи проводился ботанический анализ [Сапелко и др., 2026]. Два совершенно разных комплексных подхода призваны подтвердить индикаторную роль пыльцы макрофитов, ее связь с изменением уровня Ладожского озера и возможность использования новой методики для изучения колебания уровня водоемов.

Кладоцерный и ризоподный анализы использовались для изучения донных отложений на островах в акватории Ладоги впервые. Кладоцеры являются одним из наиболее массовых компонентов озерных экосистем. Соотношение остатков кладоцер, обитающих в различных биотопах, позволяет судить об изменениях уровня и степени зарастания водоемов [Hofmann, 1998; Nevalainen et al., 2011; Pastukhova et al., 2024; Сапелко и др., 2025]. Раковинные амебы являются преимущественно бентосными организмами, благодаря довольно высокому удельному весу после гибели их раковины интегрируются в тафоценоз вблизи их местообитания [Tsyganov et al., 2019; Zharov et al., 2024]. Совместное использование кладоцер и раковинных амеб позволяет получить более полное представление о динамике экосистем в прошлом [Mazei et al., 2020].

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.

Этапы развития оз. Куйккалампи по материалам комплексного изучения донных отложений палинологическим, кладоцерным, ризоподным и ботаническим анализами (по [Сапелко и др., 2026]). Сводная диаграмма, отражающая динамику макрофитов, кладоцер и раковинных амеб в озере представлена на рисунке 46.

1) Залив Ладожского озера (>3200 кал. л. н.). На данном этапе во второй половине суббореального периода территория оз. Куйккалампи являлась заливом Ладожского озера Лункуланлахти, в котором накапливались опесчаненные глины. Первоначально бедная водная растительность была представлена рдестами. Со временем глубина залива начала уменьшаться, и глина сменилась темно-бурой однородной гиттией. В водоеме появился горец земноводный; обильно встречались зеленые водоросли *Pediastrum* sp., реже – *Botryococcus* sp. По берегам росли заросли рогоза широколистного и прибрежные представители злаковых. Среди споровых растений преобладали бриевые мхи и хвощи,

возможно свидетельствующие о заболачивании залива Лункуланлахти. В отложениях этого этапа не встречаются остатки кладоцер и раковинных амёб, вероятно в связи высокой волновой нагрузкой в прибрежной зоне залива.

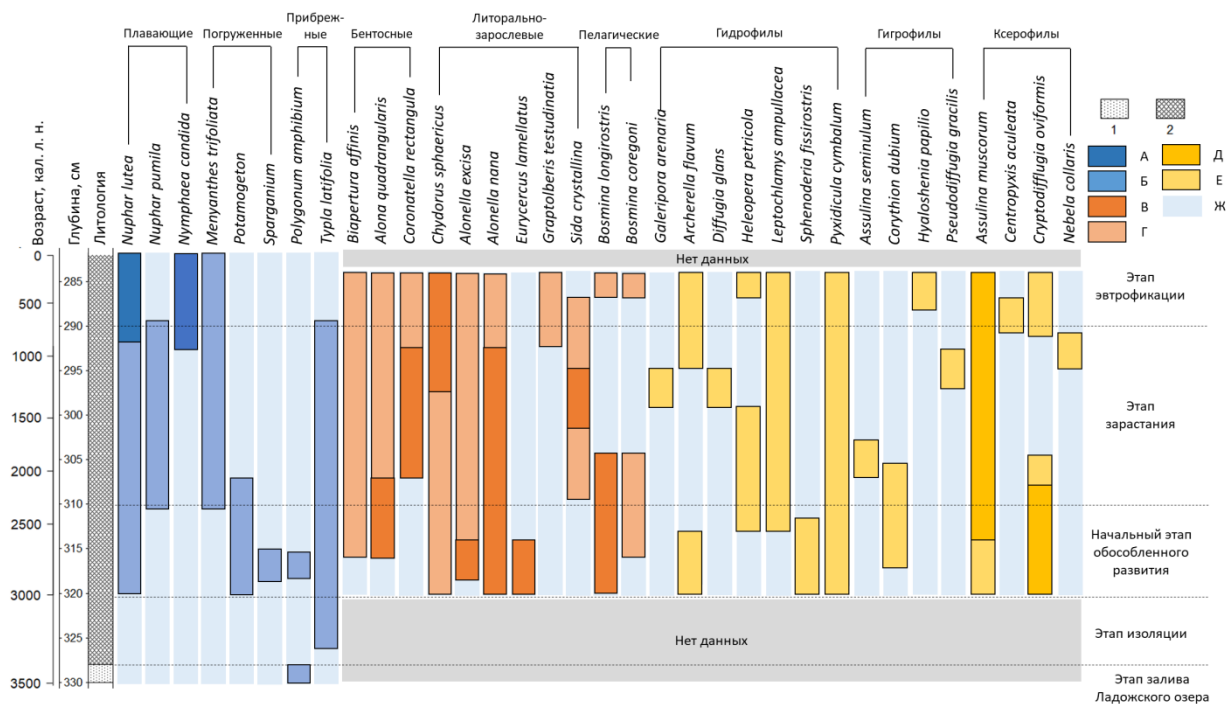


Рисунок 46 – Этапы развития оз. Куйккалампи по данным динамики макрофитов, кладоцер и раковинных амёб. Условные обозначения: 1 – гиттия; 2 – опесчаненная глина; А – макрофиты, высокое содержание пыльцы; Б – макрофиты, высокое содержание пыльцы; В – кладоцеры, высокое содержание остатков; Г – кладоцеры, низкое содержание остатков; Д – раковинные амёбы, низкое содержание створок; Е – раковинные амёбы, низкое содержание створок; Ж – отсутствие указанного вида (по [Сапелко и др., 2026])

2) Изоляция от Ладожского озера (3200–3000 кал. л. н.). В конце суббореального периода началась регрессия Ладожского озера. Первоначальное резкое падение уровня Ладоги вызвало дестабилизацию озерной экосистемы, что индицируется временным исчезновением пыльцы водных растений. Остатки кладоцер и раковинных амёб также отсутствуют, что может указывать на нестабильность водоема. Затем связь с Ладожским озером постепенно терялась, осадконакопление происходило в условиях мелководного залива, в бассейне накапливались зеленовато-коричневые гиттии. Берега обособляющегося оз. Куйккалампи начали заселяться рогозом широколистным и вересковыми. Резкое увеличение содержания спор грибов *Glomus* в донных отложениях свидетельствует об активных эрозионных процессах, связанных с размывом берегов вследствие регрессии Ладоги.

3) Начальный этап обособленного существования оз. Куйккалампи (3000–2200 кал. л. н.). После окончательной изоляции от Ладоги в оз. Куйккалампи начинает формироваться собственная экосистема. Накапливаются темно-коричневые гиттия,

перемена цвета донных осадков также свидетельствует о завершении изоляции. Рдесты и горец земноводный вновь заселяют оз. Куйккалампи. В тафокомплексе преобладают литорально-зарослевые виды *Eurycercus lamellatus* и *Alonella nana* и эвритоппный вид *Chydorus sphaericus*. Содержание водных раковинных амеб незначительно. Появляется кубышка желтая и ежеголовники. Кубышка становится одним из доминантных видов, она обитает в озере и в настоящее время. По берегам растут рогоз широколистный, вахта трехлистная, вех ядовитый, прибрежные виды злаковых, осоки, вересковые. К середине этапа содержание кладоцер возрастает, появляются придонные виды. Около 2500 кал. л. н. количество кладоцер крайне низкое (преобладают *Chydorus sphaericus* и бентосный вид *Alona quadrangularis*), что может говорить о понижении уровня воды. Увеличивается роль ксерофильного вида раковинных амеб (*Assulina muscorum*), что также свидетельствует в пользу изменения уровня озера и развитие сфагновых сообществ в прибрежной зоне. В это же время исчезают зеленые водоросли *Botryococcus* sp., роль *Pediastrum* sp. крайне низкая. В конце этапа содержание возрастает, в тафокомплексе доминирует пелагический таксон *Bosmina longispina*, вероятно указывающий на повышение уровня воды в оз. Куйккалампи.

4) Заращение оз. Куйккалампи (2200–700 кал. л. н.). Данный период характеризуется активным заращением озера и формированием сплавины, расселяется кубышка малая, по берегам растут рогоз широколистный и вахта трехлистная. На протяжении всего этапа в тафокомплексе преобладает ацидофильный вид *Alonella nana*, индицирующий закисление озера. В начале этапа также доминируют пелагические представители рода *Bosmina*, однако в середине исчезают, как и пыльца рдестов. Появляется кувшинка чисто-белая, вскоре после чего исчезает кубышка малая. К этому времени сплавина по берегам оз. Куйккалампи довольно мощная, о чем говорит исчезновение рогоза широколистного. Около 1400 кал. л. н. исчезают пелагические виды ризопод, увеличивается доля фитофильных видов. Возросшее разнообразие раковинных амеб свидетельствует о высокой пространственной неоднородности сплавины в результате формирования нанорельефа. Среди макрофитов встречается кубышка желтая, появляются ежеголовники. В конце этапа среди раковинных амеб преобладает ксерофильный сфагнобионтный вид *Assulina muscorum*. Доминантами среди макрофитов являются кубышка желтая и кувшинка чисто-белая. На сплавине, как и в настоящее время, преобладает вахта трехлистная, пыльцы которой появляется в отложениях после длительного перерыва. Формирование части сплавины, с которой был отобрана колонка торфяных отложений, вероятно началось именно в этот период – отмечается вахта трехлистная (рисунок 47). Отложения этого времени представлены низинными осоковым

и пушицево-осоковым торфами с преобладанием *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *Equisetum fluviatile* и *Eriophorum angustifolium*.

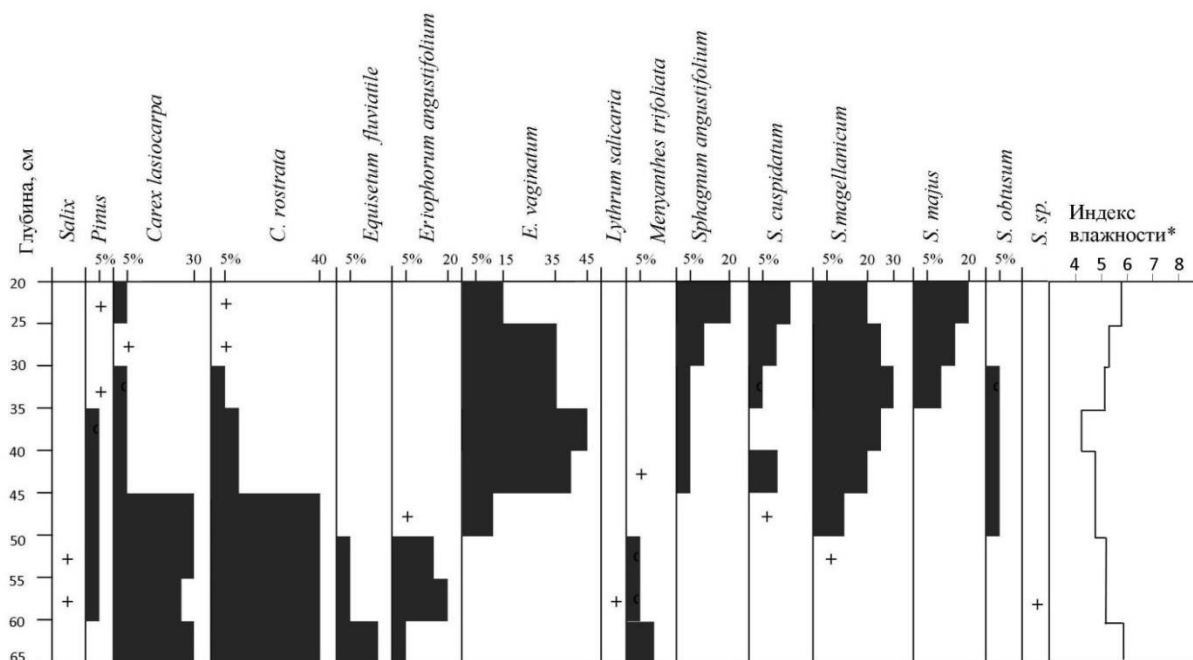


Рисунок 47 – Диаграмма ботанического состава торфа и индекса влажности (рассчитан по [Елина, Юрковская, 1992]) оз. Куйккалампи

5) Эвтрофикация оз. Куйккалампи (700 кал. л. н. – настоящее время). На данном этапе озеро продолжает активно зарастать и заболачиваться. Среди макрофитов доминирует кубышка желтая и вахта трехлистная на сплаvine. Пушицево-осоковый низинный торф перекрывается переходными осоковым и сфагново-пушицевым торфами, активно расселяется *Eriophorum vaginatum* и *E. angustifolium*, возрастает роль сфагновых мхов. Преобладает эвритопная группа клadoцер *Chydorus sphaericus*, что говорит о сильной эвтрофикации водоема. Среди раковинных амёб увеличивается доля эврибионтного вида *Cryptodiffugia oviformis*, свидетельствующего о нестабильности условий окружающей среды. По мере развития болота формируются пушицево-сфагновые торфа, начинают доминировать сфагновые мхи – *Sphagnum magellanicum*, *S. majus*, *S. cuspidatum*, *S. angustifolium*. В травянистом ярусе по-прежнему преобладает *Eriophorum vaginatum*. Развиваются сфагновые мезотрофные сообщества из *Sphagnum magellanicum*, *S. majus*, *S. cuspidatum*, *S. angustifolium*, формирующие сфагновый переходный торф. Роль *Eriophorum vaginatum* падает. В оз. Куйккалампи появляются пелагические виды клadoцер (*Bosmina coregoni*, *B. longispina*).

Этапы развития оз. Витальевского по материалам комплексного изучения донных отложений палинологическим, диатомовым и литологическим анализами

(по [Сапелко и др., 2023]). Сводная диаграмма, отражающая динамику макрофитов и диатомовых водорослей в озере представлена на рисунке 48.

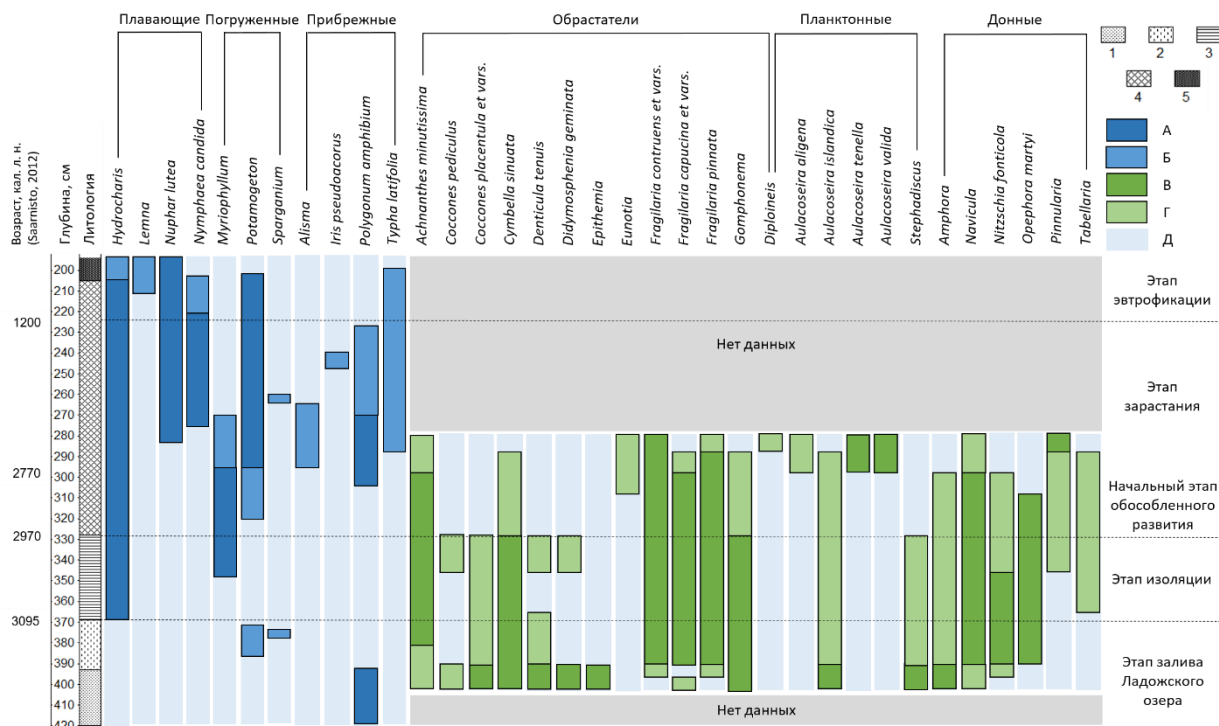


Рисунок 48 – Этапы развития оз. Витальевского по данным динамики макрофитов и диатомовых водорослей. Условные обозначения: 1 – песок, 2 – опесчаненный алеврит, 3 – алевритовая гиттия, 4 – гиттия, 5 – наилок; А – макрофиты, высокое содержание пыльцы; Б – макрофиты, высокое содержание пыльцы; В – диатомеи, высокое содержание створок; Г – диатомеи, высокое содержание створок; Д – отсутствие указанного вида (по [Сапелко и др., 2023])

1) Залив Ладожского озера (>3300 кал. л. н.). В это время в суббореальном периоде голоцена территория оз. Витальевского также, как и оз. Куйккалампи, являлась частью глубоко врезанного залива Ладожского озера, в котором накапливались пески. О непосредственной связи с Ладогой говорить высокая численность «ладожских» видов диатомовых водорослей – *Aulacoseira islandica*, *Cymbella sinuata*, *Didymosphenia geminata*, *Stephanodiscus medius* и *S. neoastrea*. Залив характеризовался небольшой глубиной и активной гидродинамикой, о чем говорит невысокая концентрация створок диатомей и преобладание видов-обрастателей (*Denticula tenuis*, *Cocconeis* sp., *Cymbella sinuata*, *C. silesiaca*, *Gomphonema* sp., *Epithemia* sp., *Fragilaria* sp.). Преобладание алкалифилов и нейтрофилов свидетельствует о слабощелочных условиях среды, а доминирование видов-эврибионтов по отношению к трофности (*Aulacoseira islandica*) – о хорошей обеспеченности биогенными элементами. Довольно бедная водная растительность была представлена рдестами и ежеголовниками. В заливе обитали зеленые водоросли

Pediastrum sp. и *Botryococcus* sp. Широкое распространение широколиственных пород на суше свидетельствует о теплом и влажном климате.

2) Изоляция от Ладожского озера (от 3095 до 2970 кал. л. н.). Регрессия Ладожского озера в конце суббореального периода вызвала изоляцию оз. Витальевского, начало которой индицируется исчезновением пыльцы макрофитов. В бассейне начала формироваться алевритовая гиттия с низким содержанием органического вещества (1-2%) и скоростью осадконакопления около 0,5 мм/год. Накопление алевритовой гиттии продолжалось около 250 лет [Saarnisto, 2012]. Постепенная потеря связи с Ладогой индицируется снижением роли «ладожских» видов диатомей, ослаблением гидродинамики и снижением трофности – существенно возрастает роль мезо-эвтрофных видов. Высокое содержание мелкоклеточных обрастателей *Fragilaria* sp. (*F. construens* et vars., *F. pinnata*), обитающих в широком диапазоне условий и массово развивающихся в недавно изолированных озерах, свидетельствует в пользу переходных, лагунных условий осадконакопления. Обособляющийся водоем начинает постепенно зарастать и заболачиваться, о чем говорит повышение роли карликовой березы, осок, вересковых бриевых и сфагновых мхов. Начинается заселение озера урутью, позднее появляются рдесты. Климат становится прохладнее.

3) Начальный этап обособленного существования оз. Витальевского (2970-2770 кал. л. н.). После окончательной изоляции от Ладоги в оз. Витальевском формируется собственная экосистема. Начинают накапливаться гиттии с постоянным постепенным ростом содержания органического вещества от 3 до 20% вверх по колонке. Озеро начинает активно заселяться водными растениями – продолжает расти уруть, появляется водокрас, затем рдесты и горец земноводный. Содержание «ладожских» видов диатомей сокращается до минимума. Начинают доминировать планктонные виды – *Aulacoseira tenella*, *A. valida* и *A. alpigena*, а доля обрастателей (*Fragilaria* sp., *Achnanthes* sp., *Cymbella* sp., *Gomphonema* sp.) сокращается. Резкое увеличение численности ацидофилов свидетельствует о снижении pH водоема. Преобладают олиготрофные вид диатомей – трофность озера падает, что связано с дефицитом биогенных элементов вследствие небольшой площади водосбора и бедного минерального состава почв. В середине этапа широко расселяется кубышка желтая, также встречаются частуха, кувшинка чисто-белая, ежеголовники. Роль пионерного вида, урути, постепенно снижается и вскоре она исчезает. По берегам растут ирис ложноаировый и рогоз широколистный. Возросшая роль черной ольхи и карликовой березы может говорить об увеличении площади сырых и заболоченных территорий. Широко распространяются березовые леса, что вероятно свидетельствует о зарастании освободившихся от вод Ладоги участков. Параллельно в

отложениях появляются споры грибов *Glomus*, индикаторов почвенной эрозии. В конце периода снижается роль зеленых водорослей *Pediastrum* sp. Снижение роли ели и некоторых широколиственных пород индицирует ухудшение климатических условий.

4) Заращение оз. Витальевского (SA-2) (2770–1200 кал. л. н.). На данном этапе происходит активное заращение озера. Продолжают накапливаться гиттии с очень высоким содержанием органического вещества (до 47%). В водной среде доминирует водокрас, также преобладают кубышка желтая, кувшинка чисто-белая и рдесты. Реже встречается ряска и горец земноводный. В озере обитают зеленые водоросли *Botryococcus* sp. По берегам продолжают расти ирис ложноаировый и рогоз широколистный. Климат становится холоднее. Увеличение роли открытых травянистых сообществ и широкое распространение березы индицирует высокий уровень антропогенного воздействия на окружающую территорию. Также об этом свидетельствует возросшая роль спор грибов *Glomus*, вероятно индицирующая распашку земель.

5) Эвтрофикация оз. Витальевского (SA-3) (<1200 кал. л. н. – настоящее время). Заращение и заболачивание озера происходит активно, водная растительность довольно бедная – водокрас и ряска. По берегам растет рогоз широколистный. Зеленые водоросли в отложениях не встречаются. В формировании сплавины принимают участие осоки, сфагновые и бриевые мхи. Активно происходит накопление органики в отложениях, представленных гиттиями. Отсутствие спор грибов *Glomus* свидетельствует о прекращении сельскохозяйственной нагрузки на территорию.

Этапы развития оз. Соккасенлампи по материалам комплексного изучения донных отложений палинологическим и ботаническим анализами (по [Газизова и др., 2025]).

1) Залив Ладожского озера (до 2865 кал. л. н.). На данном этапе во второй половине суббореального периода современная территория оз. Соккасенлампи, как и оз. Куйккалампи, являлась заливом Ладожского озера Лункуланлахти, в котором накапливались серые глины. Бедная водная растительность была представлена кувшинкой чисто-белой и ежеголовниками.

2) Изоляция от Ладожского озера (2865-2600 кал. л. н.). Регрессия Ладоги в конце суббореального периода вызвала изоляции оз. Соккасенлампи, что индицируется временным исчезновением пыльцы водных растений, за исключением прибрежного рогоза широколистного. В бассейне стала накапливаться темно-бурая гиттия. На освобожденных от воды территориях начали разрастаться березняки. Климатическая

обстановка благоприятная, о чем свидетельствует высокая роль ели и широколиственных пород.

3) Начальный этап обособленного существования и зарастание оз. Соккасенлампи (2600-1000 кал. л. н.). После окончательной изоляции от Ладоги в оз. Соккасенлампи формируется собственная экосистема, продолжают накапливаться гиттии. Первоначально расселяется прибрежная растительность – рогоз широколистный и частуха. Заметно возрастает роль спор грибов *Glomus*, что говорит об активных эрозионных процессах в связи с регрессией Ладоги. В оз. Соккасенлампи появляются уруть, кубышки желтая и малая, рдесты и ежеголовники. Ближе к середине этапа в отложениях исчезает пыльца макрофитов и споры грибов *Glomus*, однако изменений в типе отложений не происходит. Позднее вновь отмечены кубышка малая и ежеголовники, появляется кувшинка чисто-белая. Климат прохладный, о чем свидетельствует сокращение роли ели и повышение доли открытых травянистых сообществ.

4) Заболачивание оз. Соккасенлампи (1000 кал. л. н. – настоящее время). Начинается активное заболачивание озера, о чем говорит смена осадконакопления с гиттии на торфянистую гиттию. В оз. Соккасенлампи доминирует кувшинка чисто-белая и кубышка малая. Ботанический анализ торфяной залежи (рисунок 49) позволяет подробно рассмотреть процесс заболачивания.

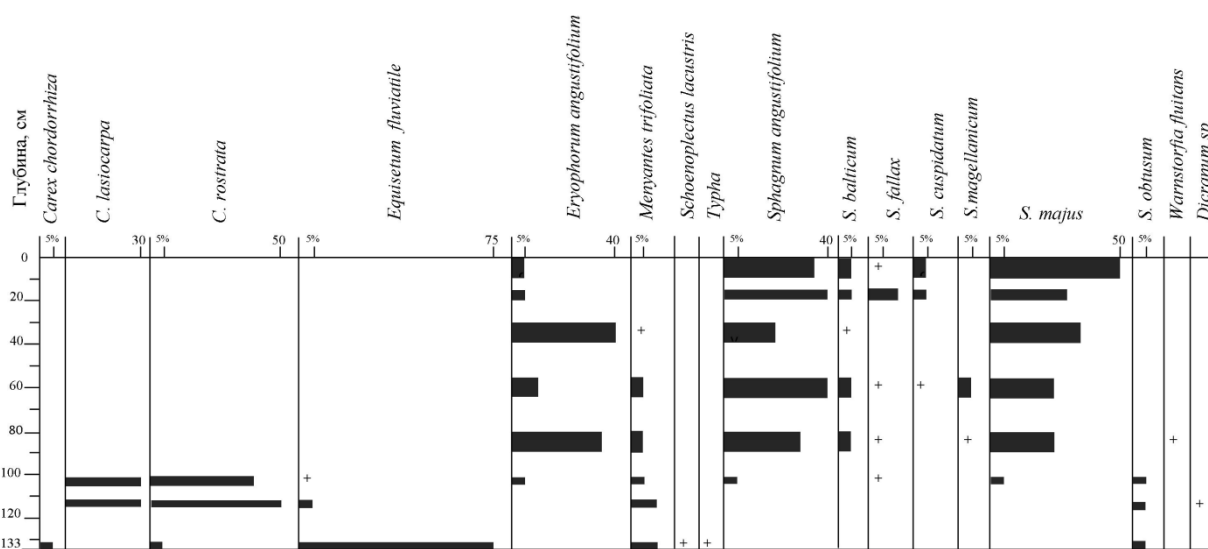


Рисунок 49 – Диаграмма ботанического состава отложений торфяной залежи оз. Соккасенлампи (по [Газизова и др., 2025])

Нижний слой этого горизонта представлен торфянистой гиттией, содержащей растительные остатки *Sphagnum riparium*, *S. obtusum*, *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum fluviatile*. Начинается начальный этап торфонакопления, формируется эвтрофное болото с низинными торфами. Около 530 кал. л. н. происходит смена отложений на

неразложившийся торф. Водная растительность водоема представлена кувшинкой чисто-белой, частухой, урутью и ежеголовниками. По берегам растет рогоз широколистный. Существенно возрастает роль хвощей и осок. Осадконакопление в колонке донных отложений практически не происходит. Активно формируется торфяная залежь. Низинные торфа сменяются низинными хвощовыми торфами из *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Sphagnum obtusum*, *Carex chordorrhiza*, *C. rostrata*, *Schoenoplectus lacustris*, *Typha* sp., и затем – осоковыми низинными торфами из *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *Sphagnum obtusum*, *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*. Верхние отложения соответствуют мезотрофной стадии развития болота, преобладают сфагновые мхи – *Sphagnum majus*, *S. angustifolium*, присутствует *Menyanthes trifoliata*, появляется *Eriophorum angustifolium*. Выше формируется осоковый переходный торф из *Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *Sphagnum obtusum*, *S. majus*, *S. angustifolium*, *S. fallax*, *Menyanthes trifoliata*. По мере развития болота создаются условия для произрастания сфагновых и пушицево-сфагновых мезотрофных сообществ, под которыми откладываются сфагновые и пушицево-сфагновые переходные торфа из *Sphagnum majus* и *S. angustifolium*. Роль *Eriophorum angustifolium* заметно возрастает, в настоящее время роль пушицы на сплаvine довольно высока.

Этапы развития оз. Куйккалампи выделенные по данным кладоцерного и ризоподного анализов, и оз. Витальевского, выделенные по данным диатомового и литологического анализов, соотносятся с результатами палинологического анализа. 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 Соккасенампи позволили получить подробную реконструкцию заболачивания береговой зоны водоемов и формирования болота за последнее тысячелетие.

6.3 Реконструкция изменений уровня Ладожского озера

Реконструированные по пыльце макрофитов и радиоуглеродному датированию этапы развития озер позволили проследить изменения уровня Ладожского озера на территории островов Лункулансаари и Валаам в позднем голоцене (рисунок 50), произошедшее после прорыва р. Невы. Синяя пунктирная линия на схеме отражает максимум Ладожской трансгрессии – около 21 м, нижнее значение – современную высоту

Ладоги (около 5 м). На о. Валаам первым предположительно изолировалось оз. Германовское (18 м н. у. м). Колонка оз. Германовского содержит только отложения периода изолированного существования, поэтому можно лишь предполагать, что, находясь выше над уровнем моря, оно отделилось раньше остальных озер на о. Валаам. Учитывая общую динамику более ранней изоляции озер на о. Валаам по сравнению с о. Лункулансаари это вероятно могло произойти около 3400 кал. л. н. На о. Лункулансаари 3350 кал. л. н. началась изоляция оз. Куйккалампи, связь озера с Ладогой сохранялась более 300 лет. Окончательно водоем отделился 3000 кал. л. н.

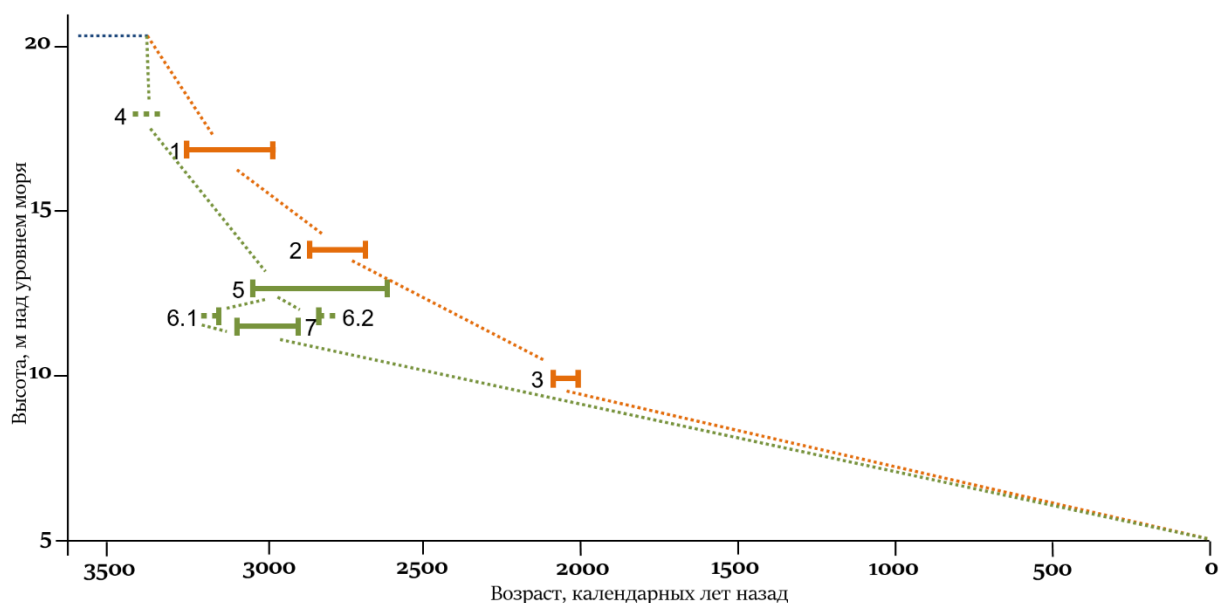


Рисунок 50 – Изменения уровня Ладожского озера на островах Лункулансаари (оранжевая линия) и Валаам (зеленая линия) по времени изоляции островных озер. Условные обозначения: 1 – оз. Куйккалампи; 2 – оз. Соккасенлампи; 3 – оз. Ховатанлампи; 4 – оз. Германовское; 5 – оз. Антониевское; 6 – оз. Зимняковское; 7 – оз. Витальевское

В это время на о. Валаам происходила изоляция оз. Зимняковское, завершившаяся 3170 кал. л. н. Для оз. Зимняковское было получено две радиоуглеродные даты – Su-2819 (2680 ± 80 BP) из нижнего слоя глинистой гиттии и Su-2818 (3010 ± 100 BP) из верхнего слоя глинистой гиттии [Saarnisto, 2012]. Первый образец был отобран авторами в полевых условиях при отборе кернов, второй – во время разбора колонок в лаборатории. Полученные даты отражают инверсию, поэтому авторами было принято решение считать более достоверной вторую дату – 3170 кал. л. н. – полученную в более надежных лабораторных условиях отбора образцов. Применяя эту дату на результаты в настоящем исследовании получается, что оз. Зимняковское, расположенное на абсолютной высоте 12,3 м н. у. м., изолировалось раньше, чем оз. Антониевское (13 м н. у. м.). Изоляция последнего началась 3050 кал. л. н., а немного раньше – 3095 кал. л. н. – начало отделяться от Ладоги оз. Витальевское (10,8 м н. у. м.) [Saarnisto, 2012]. Чтобы

уравновесить разрыв во времени изоляции озер Зимняковское и Антониевское, на рисунок 50 была добавлена и первая дата – 2780 кал. л. н., отражающая время начало изоляции оз. Зимняковского. Однако она не коррелирует с периодом изоляции оз. Витальевского.

Обособление оз. Витальевского продолжалось 195 лет и завершилось 2900 кал. л. н. [Saarnisto, 2012]. Немного позднее, 2865 кал. л. н., на о. Лункулансаари началось отделение оз. Соккасенлампи, процесс изоляции занял более 150 лет и завершился около 2700 кал. л. н. – время окончания установлено путем экстраполяции полученных дат (рисунок 6). Изоляция оз. Антониевского продолжалась более 600 лет и завершилась 2410 кал. л. н. [Saarnisto, 2012], однако за это время отложилось всего 5 см донных отложений, что свидетельствует об их активном размыве в ходе обособления. Наконец 2090 кал. л. н. на о. Лункулансаари началась изоляция оз. Ховатанлампи, она продолжалась менее 100 лет и завершилась около 2000 кал. л. н.

Для расположенных ниже остальных на островах озер, Ховатанлампи (10 м н. у. м.) и Витальевское (10,8 м), можно выделить период перехода от «большой» Ладоги к заливам – по увеличению смене донных отложений и последующему повышению содержания пыльцы макрофитов. Эти озера дольше остальных испытывали влияние регрессии Ладожского озера, их осадки отражают и плавный переход к мелководным заливам, и резкое падение уровня Ладоги с последующим отделением озер.

Очевидные изменения в литостратиграфии в начале и в конце изоляции и свидетельствуют о резкой смене условий осадконакопления. Во всех колонках сразу после начала отделения начинают накапливаться переходные от минеральных к органогенным отложения. Окончательная изоляция определяется по границе с полностью органогенными отложениями – гиттиями. Для оз. Куйккалампи время окончания изоляции было установлено по динамике содержания пыльцы макрофитов (рисунок 23), так как сразу после начала отделения накапливались органогенные гиттии.

Полученные результаты позволили впервые получить представление об изменении уровня Ладожского озера на территории о. Лункулансаари и дополнили имеющиеся данные [Saarnisto, 2012] для о. Валаам. Данные по трем озерам позволяют предположить, что на о. Лункулансаари уровень Ладоги понизился на 10 м после прорыва Невы. Понижение уровня Ладоги и отделение малых 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 водоемов заняла 100-300 лет. На о. Валаам уровень воды в Ладожском озере понизился на 12–12,5 м после открытия Невы [Saarnisto, 2012], в рамках данного исследования по четырем озерам охвачены почти 10 м. Для о. Валаам наблюдается непоследовательная изоляция озер, расположенных на разных высотных отметках. Это может объясняться следующими факторами: отсутствие собственных радиоуглеродных дат и вынужденная корреляция с имеющимися датами по другим колонкам; изостатическое поднятие территории о. Валаам; различия в глубинах и положением озер в рельефе. Данные моделирования абсолютных высот озер [Сапелко и др., 2018] показывают, что на момент регрессии Ладоги озера располагались на высотах 6,7-7 м, 5,5 м и 7,5 м н. у. м. соответственно. Изоляция водоемов на о. Валаам 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]. Несмотря на небольшие различия в абсолютной высоте отдельных озер на двух 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. соответственно; оз. Ховатанлампи и оз. Витальевское – 10 и 10,8 м н. у. м. соответственно), 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 состав современной водной растительности 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 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 практически все доминирующие по площади зарастания на момент изучения современной растительности 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 вырубki 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, алевроит); 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 [Saarnisto, 2012]. 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова С. А., Давыдова Н. Н., Квасов Д. Д. История Ладожского озера в голоцене по данным спорово-пыльцевого и диатомового анализов // История озер Северо-Запада. – Л., 1967. – С. 113–132.
2. Абрамова С. А., Давыдова Н. Н. К палеолимнологии Ладожского озера // Известия ВГО. – 1966. – Т. 98, № 1. – С. 19–25.
3. Александровский, А. Л., Арсланов, Х. А., Давыдова, Н. Н. и др. Новые данные относительно трансгрессии Ладожского озера, образования реки Невы и земледельческого освоения Северо-Запада России // ДАН. – 2009. – Т. 424. № 5. – С. 682-687.
4. Амантов, А. В. Геология дочетвертичных образований и тектоника Ладожского озера // Регион. геология и металлогения. – 2014. – № 58. – С. 22-32.
5. Амантов, А. В., Амантова, М. Г., Рябчук и др. Проблемы голоценового развития Южного Приладожья // Региональная геология и металлогения. – 2016. – № 65. – С. 37-49.
6. Андроникова, И. Н., Распопов, И. М. Зоны риска в прибрежных районах Ладожского озера // Биология внутренних вод. – 2007. – № 2. – С. 2–10.
7. Белавская, А. П. Водные растения России и сопредельных государств. – СПб, 1994. – 64 с. ISBN 5201110827.
8. Бискэ, Г. С. Четвертичные отложения и геоморфология Карелии : специальность 11.00.00 : диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук / Государственное издательство Карельской АССР. – Петрозаводск, 1959. – 307 с.
9. Бискэ, Г. С., Горюнова Н. Н., Лак Г. Ц. Голоцен Карелии. // Труды Карельского филиала Академии наук СССР. – 1959. – Вып. XI. – 55 с.
10. Бискэ, Г. С., Лак, Г.Ц., Лукашов, А. Д., Экман, И. М. О природе ладожской трансгрессии // Природа, береговые образования и история развития внутренних водоемов и морей Восточной Прибалтики и Карелии. – Петрозаводск, 1971. – С. 42-52.
11. Богдановская-Гиенэф, И. Д. Водная растительность СССР // Ботанич. журн. – 1974. – № 12. – С. 1728-1733.
12. Валаам – феномен природы / Кучко, А. А, Белоусова, Н. А., Курхинен, Ю. П., Лазарева И. П., Морозова Р. М. – Петрозаводск: Изд-во «Карелия», 1988. – 107 с.
13. Вейсберг, Е. И. Структура и динамика сообществ макрофитов озер Ильменского заповедника. – Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1999. – 122 с.
14. Верзилин, Н. Н., Клейменова, Г. И. К проблеме оценки изменений уровня вод Ладожского озера в позднее послеледниковье // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2006. – №4. – С. 55–70.

15. 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.
16. 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. doi: 10.17076/lim1703.
17. Газизова, Т. Ю., Куприянов, Д. А., Сапелко, Т. В. Свидетельства антропогенной деятельности на острове Валаам в позднем голоцене по данным палинологического и палеоантракологического анализов // Палинология в XXI веке: материалы XVI Всероссийской палинологической конференции. Москва, 2025. – С. 80–83.
18. Геологический словарь: в 2-х томах / Под ред. К.Н. Паффенгольца и др. – М.: Недра, 1978. – 447 с.
19. Гигевич, Г. С. Ресурсы высших водных растений озер Беларуси / Г. С. Гигевич, Б. П. Власов, Г. В. Вынаев // Вестник ВитГУ. – 1999. – № 3(13). – С. 66-71.
20. Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана. – Минск: БГУ, 2001. – 230 с.
21. Горелова, Э. М., Кириллова, В. А., Распопов, И. М. Ладога. – Л.: Лениздат, 1974. – 140 с.
22. ГОСТ 30813–2002. Вода и водоподготовка. Термины и определения. – Утвержден и введен в действие Постановлением N 409-ст. Государственного комитета по стандартизации и метрологии от 12 ноября 2002 г. – Дата введения 2004-01-01.
23. Гричук, В. П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физической географии. – 1940. – Вып. 8. – С. 53–58.
24. Гричук, В. П., Заклинская, Е. Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. – М.: Географгиз, 1948. – 224 с.
25. Давыдов, Л.К. Гидрография СССР. Т.2. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1955. – 600с.
26. Давыдов, Л. К., Дмитриева, А. А., Конкина, Н. Г. Общая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 463 с.
27. Давыдова Н. Н. Опыт районирования поверхностных донных осадков Ладожского озера по составу диатомового комплекса // Известия ВГО. – 1961. – Т. 93, Вып. 3. – С. 221–228.

28. Делюсина, И. В. Биостратиграфия поздне- и послеледниковых отложений Ладожского озера и палеоклиматология Приладожья по палинологическим данным : специальность 04.00.09 «Палеонтология и стратиграфия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / АН ЭССР. Ин-т геологии. – Таллин, 1988. – 15 с.
29. Елина, Г. А., Кузнецов, О. Л., Максимов, А. И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. – Л.: Наука: Ленингр. отд-ние, 1984. – 128 с.
30. Елина, Г. А., Юрковская, Т. К. Методы определения палеогидрологического режима как основа объективизации причин сукцессий растительности болот // Ботанический журнал. – 1992. – Т. 77, № 7. – С. 120–124.
31. Елина, Г. А., Лукашов, А. Д., Токарев, П. Н. Картографирование растительности и ландшафтов на временных срезах голоцена таежной зоны Восточной Фенноскандии. – СПб.: Наука, 2005. – 112 с.
32. Зуева, Н. В., Вельгоша, А. Г., Зуев, Ю. А. Видовой состав макрофитов заливов Валаамского архипелага // Гидробиотаника: материалы VIII Всероссийской конференции с международным участием по водным макрофитам. – Ярославль, 2015. – С. 123–125.
33. Иллюстрированный определитель растений Средней России / Губанов, И. А., Киселева, К. В., Новиков, В. С., Тихомиров, В. Н. Т. 1: Папортники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). – Москва: Товарищество науч. изд. КМК: Ин-т технол. исслед. – 2002. – 526 с.
34. Иностранцев, А.А. Доисторический человек каменного века побережья Ладожского озера. – СПб., 1882. – 244 с.
35. Информационная система идентификации растительных объектов на основе карпологических, палинологических и анатомических данных [Электронный ресурс]. – URL: <http://botany-collection.bio.msu.ru/>. – Дата обращения: 26.08.2025.
36. История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки / Ред.: Д. Д. Квасов, Г. Г. Мартинсон, А. Б. Раукас // Серия: История озер СССР. – Л.: Наука, 1990. – 280 с.
37. Кабайлене, М. В. Формирование пыльцевых спектров и методы восстановления палеорастительности. – Вильнюс: Минтис, 1969. – 148 с.
38. Калесник, С. В. Ладожское озеро. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 160 с.
39. Карякин, И. В., Лапшин, Р. Д., Шестакова, А. А. ArcView GIS для экологов: инструктивно-методическое пособие. – Н. Новгород, 2009. – 543 с.

40. Катанская, В. М. Высшая водная растительность // Методические аспекты лимнологического мониторинга. – Л.: Наука, 1988. – С. 102–113.
41. Кокин, К.А. Экология высших водных растений. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 158 с.
42. Комолова, С. А., Степанова, А. Б., Кузьмина, Е. Ю. и др. Сфагновые мхи водосбора озера Германовского (природный парк «Валаамский архипелаг») // Новости сист. низш. раст. – 2015. – № 49. – С. 328–344.
43. Кошечкин, Б. И., Адаменко, И. В., Арсланов, Х. А., Джиноридзе, Р. Н., Хомутова, В. И. Береговые образования голоценовой трансгрессии в Южном Приладожье // Известия РГО. – 1992. – Т. 124. Вып. 6. – С. 541-547.
44. Куприянова, Л. А., Алёшина, Л. А. Палинологическая терминология покрытосеменных растений. – Л.: Наука, Ленингр. отд., 1967. – 86 с.
45. Куприянова, Л. А., Алёшина, Л. А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. – Л.: Наука, 1972. – 171 с.
46. Куприянова, Л. А., Алёшина, Л. А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Lamiaceae – Zygophyllaceae. – Л.: Наука, 1978. – 184 с.
47. Курочкина, М. А., Малюта, О. В., Туев, А. С. Фитоиндикация в оценке качества водных объектов // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 91. – С. 387-397.
48. Кучко, А. А. Леса Валаама и их значение // Природные комплексы Валаама и воздействие на них рекреации. – Петрозаводск, 1983. – С. 5–33.
49. Ладога / Распопов, И. М., Вилинбахов, В. Б., Горелова, Э. М., Кириллова, В. А. – Петрозаводск: Карельское книжное изд-во, 1969. – 188 с.
50. Ладога : монография / Под ред. В. А. Румянцева, С. А. Кондратьева. – СПб.: Нестор-История, 2013. – 468 с.
51. Ладожское озеро и достопримечательности его побережья: атлас / Под ред. Румянцева В. А. – Санкт-Петербург: Нестор-История, 2015. – 200 с.
52. Лепилова, Г. К. Водные растения и роль их в зарастании озер и образовании болот // Озера Карелии. – Л.: Издание Бородинской биологической станции при Совнаркоме АКССР и Ленинградского Общества Естествоиспытателей. – 1930. – С. 39-48.
53. Лийва, А. А., Сарв, А. А., Экман, И. М. К истории послеледникового (голоценового) развития Ладоги по данным новых исследований в северо-восточном Приладожье // Природа, береговые образования и история развития внутренних водоемов и морей Восточной Прибалтики и Карелии. – Петрозаводск, 1971. – С. 23-26.

54. Лудикова А. В., Субетто Д. А., Давыдова Н. Н. и др. Колебания уровня Ладожского озера в голоцене (на основе палеолимнологических исследований оз. Святого Сергия на о. Путсаари) // Известия РГО. – 2005. – Т. 137, Вып. 6. – С. 34–41.

55. Малаховский, Д.Б., Арсланов, Х.А., Гей, Н.А., Джиноридзе, Р.Н., Козырева, М.Г. Новые данные по голоценовой истории Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера. – СПб.: Изд-во Российского географического общества. – 1993. – С. 61-73.

56. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды / Дубына Д. В., Стойко С. М., Сытник К. М. и др. / Отв. ред. Гейны С., Сытник К. М.; АН Украины, Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного, Чеш. – Киев: Наук. думка, 1993. – 432 с.

57. Марков, К.К. Послеледниковая история юго-восточного побережья Ладожского озера // Вопр. географии. – 1949. – Вып. 12. – С. 213-220.

58. Матинян, Н. Н., Урусевская, И. С. Почвы острова Валаам. – СПб: Изд-во СПбГУ, 1999. – 32 с.

59. Методы рыбохозяйственных исследований: учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки бакалавриата и магистратуры "Водные биоресурсы и аквакультура" / Сост.: А. Ю. Волкова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Петрозаводский государственный университет. – Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2021. – 78 с.

60. Морозова, Р. М., Лазарева, И. П. Почвы и почвенный покров Валаамского архипелага. – Петрозаводск, 2002. – 170 с.

61. Назарова, Л. Е. Климат Республики Карелия (Россия): температура воздуха, изменчивость и изменения. // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10., № 1. – 746–749 с.

62. Науменко, М. А. Анализ морфометрических характеристик подводного рельефа ладожского озера на основе цифровой модели // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2013. – № 1. С. 62–72.

63. Папченков, В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. – Ярославль, 2001. – 213 с.

64. Распопов, И. М. Высшая водная растительность шхерного района Ладожского озера // Комплексные исследования шхерной части Ладожского озера. – М.-Л.: Наука, 1961. – С. 193–210.

65. Распопов, И. М. Высшая водная растительность Ладожского озера // Растительные ресурсы Ладожского озера. – Л., 1968. – С. 16–72.

66. Распопов, И. М. Высшая водная растительность больших озер северо-запада СССР. – Л.: Наука, 1985. – 198 с.
67. Распопов, И. М., Адамец, Л., Гусак, Ш. Зарастание двух разнотипных заливов Ладожского озера в многолетнем аспекте // Ладожское озеро. Мониторинг, исследование современного состояния и проблемы управления Ладожским озером и другими большими озерами. – Петрозаводск, 2000. – С. 245–248.
68. Распопов, И. М. Видовое разнообразие высших водных и прибрежно-водных растений в литоральной зоне Ладожского озера // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2009. – № 7. – С. 173–180.
69. Распопов, И. М., Рычкова, М. А. Геоботаническая характеристика заливов западной части шхерного района Ладожского озера // Очерки по растительному покрову Карельской АССР. – Петрозаводск, 1971. – С. 60–72.
70. Садчиков, А. П., Кудряшов, М. А. Гидрботаника: прибрежно-водная растительность. Учебное пособие для вузов. – М.: Издат. центр «Академия», 2005. – 240 с.
71. Сапелко, Т. В., Кузнецов, Д. Д., Корнеенкова, Н. Ю. и др. Палеолимнология внутренних озер острова Путсаари (Ладожское озеро) // Известия Русского географического общества. – 2014. – Т. 146, № 3. – С. 29-40.
72. Сапелко, Т. В., Корнеенкова, Н. Ю. Реконструкция истории островных озер по данным палинологического и ботанического анализов // Актуальные проблемы современной палинологии: материалы XIV Всероссийской палинологической конференции. – М., 2017. – С. 311–315.
73. Сапелко, Т. В., Гусенцова, Т. М., Кулькова, М. А., Лудикова, А. В., Денисенков, В. П., Корнеенкова, Н. Ю. Ладожская трансгрессия и ландшафты второй половины голоцена в Южном Приладожье (по данным изучения археологического памятника Подолье-1) // Известия РАН. Серия географическая. – М. – 2019. – № 5. – С. 78-95
74. Сапелко, Т. В., Газизова, Т. Ю., Моисеенко, А. Д. и др. 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. DOI: 10.31857/S2949178923040126
75. Сапелко, Т. В., Газизова, Т. Ю., Мазей, Н. Г. и др. 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.

76. Свириденко, Л. П., Светов, А. Я. Валаамский силл габбро-долеритов и геодинамика котловины Ладожского озера. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. – 123 с.
77. Семенович Н. И. Донные отложения Ладожского озера. – М.-Л.: Издательство АН СССР, 1966. – 124 с.
78. Сибирская палинологическая база данных Sibpal [Электронный ресурс] / Лаборатория естественнонаучных методов в археологии и палеоэкологии НГУ. – URL: <https://www.paleoaltai.com/sibpal>. – Дата обращения: 13.02.2024.
79. Сладков, А. Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. – М.: Наука, 1967. – 270 с.
80. Словарь ботанических терминов / Под общ. ред. И. А. Дудки. – Киев: Наук. думка, 1984. – 307 с.
81. Степанова, А. Б., Воякина, Е. Ю., Зуева, Н. В. и др. Водная система Валаамского архипелага. Малые лесные озера // Современное состояние и проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата. – СПб, 2021. – С. 477–485.
82. Субетто, Д. А., Арсланов, Х. А., Долуханов, П. М. и др. Формирование стока Ладожского озера в голоцене и расселение человека // Экологическое состояние континентальных водоемов северных территорий. – СПб.: Наука, 2005. – С. 207–214.
83. Субетто, Д. А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2009. – 343 с.
84. Тетерюк, Б. Ю. Флора и растительность древних озер Европейского Северо-Востока России. – СПб.: Наука, 2012. – 237 с.
85. Филимонова, Л. В. История растительности в позднеледниковье и голоцене на территории заказника «Толвоярви» (Карелия) // Труды КарНЦ РАН. – 2014. – №2. – С. 3–14.
86. Чепинога, В. В., Росбах, С. А. Водная растительность класса Lemnetaea на территории Байкальской Сибири // Растительность России. – 2012. – № 21. – С. 106–123. 10.31111/vegus/2012.21.106.
87. Чернова, Г. М., Арсланов, Х. А., Денисенков, В. П. и др. Палеоэкология и биоразнообразие растительности Северо-Западного Приладожья в голоцене // Вестн. СПбГУ. Серия 7. География. – 1998. – Вып. 4, № 28. – С. 129–137.
88. Шелехова, Т. С., Лаврова, Н. Б., Субетто, Д. А. Реконструкция палеогеографических условий позднеледниковья-голоцена в центральной Карелии (на

основе комплексного анализа озерных отложений озера Южное Хаугилампи) // Известия РГО. – 2021. – Т. 153, № 6. – С. 73–89.

89. Шенников, А. П. Экология растений. – М.: Советская наука, 1950. – 375 с.

90. Шешукова, А. А., Шибина, Т. Д., Матинян, Н. Н. Минеральный состав магматических почвообразующих пород острова Валаам. // Вестник СПбГУ. Серия 3. Биология. – 2005. – № 1. – С. 122–127.

91. Шитов, М. В. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера : специальность 25.00.01 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / СПбГУ. – Санкт-Петербург, 2007. – 16 с.

92. Экосистемы Валаамского архипелага (Ладожское озеро) на рубеже 20 и 21 веков. Черты уникальности и современное состояние: атлас / Под ред. А. Б. Степановой. – СПб.: РГТМУ, 2016. – 44 с.

93. Ailio, J. Die geographische Entwicklung des Ladogasees in Postglaziales Zeit und ihre Beziehung zur steinzeitlichen Besiedelung // Fennia. – 1915. – Vol. 38, № 3. – P. 157.

94. Alenius, T. H., Grönlund, E., Simola, H., Saksa, A. Land-use history of Riekkalansaari island in the northern archipelago of Lake Ladoga, Karelian Republic, Russia. Vegetation History and Archaeobotany. – 2004. – № 13. P. 23–31.

95. Baisheva, I., Biskaborn, B. K., Stoof-Leichsenring, K. R. et al. Late Glacial and Holocene vegetation and lake changes in SW Yakutia, Siberia, inferred from sedaDNA, pollen, and XRF data // Front. Earth Sci. – 2024. – № 12. – P. 1354284. doi: 10.3389/feart.2024.1354284.

96. Bennike, O., 1995. Palaeoecology of two lake basins from Disko, West Greenland // J. Quat. Sci. – № 10. – P. 149–155.

97. Birks, H. Aquatic macrophyte vegetation development in Kråkenes Lake, western Norway, during the late-glacial and early-Holocene // Journal of Paleolimnology. – 2000. – № 23. – P. 7–19.

98. Bronk-Ramsey, C. B. Deposition models for chronological records // Quaternary Science Reviews. – 2008. – Vol. 27, № 1-2. – P. 42–60.

99. Bronk-Ramsey, C. B., Lee, S. Recent and planned developments of the program OxCal // Radiocarbon. – 2013. – Vol. 55, № 2-3. – P. 720–730.

100. Coops, H. Ecology of charophytes: an introduction // Aquat. Bot. – 2002. – № 72. – P. 205–208.

101. De Geer, G. Öfversigt öfver mina kvartägeologiska iakttagelser under en nyligen afvslutad resa till Finland och Ryssland // Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar. – 1893. – Vol. 15, № 7. – P. 537–538.

102. Delusin, I., Donner, J. Additional evidence of the Holocene transgression in Lake Ladoga on the basis of an investigation of the beach deposits on the island of Mantsinsaari // Bulletin of the Geological Society of Finland. – 1995. – Vol. 67, № 2. – P. 39–50.
103. Djamali, M., Cilleros, K. Statistically significant minimum pollen count in Quaternary pollen analysis: the case of pollen-rich lake sediments // Review of Palaeobotany and Palynology. – 2020. – Vol. 275. – P. 104–156.
104. Duigan, C., Kovach, W., Palmer, M. Vegetation communities of British lakes: a revised classification scheme for conservation // Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst. – 2007. – № 17. – P. 147–173. <https://doi.org/10.1002/aqc.780>.
105. Faegri, K., Iversen, J. Textbook of Pollen Analysis. – The Blackburn Press, 1989. – 328 pp.
106. Fredskild, B. The Greenland limnophytes – their present distribution and Holocene history // Acta Bot. Fenn. – 1992. – № 144. – P. 93–113.
107. Gałka, M, Tobolski, K, Kołaczek, P. The Holocene decline of slender naiad (*Najas flexilis* (Willd.) Rostk. & Schmidt) in NE Poland in the light of new paleobotanical data // Acta Palaeobot. – 2012. – № 52. – P. 127–138.
108. Gałka, M, Sznal, M. Late Glacial and Early Holocene development of lakes in northeastern Poland in view of plant macrofossil analyses // Quaternary International. – 2013. – № 292. – P. 124-235.
109. Gałka, M, Tobolski, K, Zawisza, E, Goslar, T. Postglacial history of vegetation, human activity and lake-level changes at Jezioro Linowek in northeast Poland, based on multi-proxy data // Vegetation History and Archaeobotany. – 2014. – № 23. – P. 123–52.
110. Gałka, M., Sypniewski, J., & Apolinarska, K. Early Holocene succession of vegetation and molluscs in Lake Jaczno, East-Central Europe // Quaternary International. – 2019. – № 524. – P. 31–39.
111. Grace, J. B., Wetzel, R. G. 1982. Niche differentiation between two rhizomatous plant species: *Typha latifolia* and *Typha angustifolia* // Canadian Journal of Botany. – № 60. – P. 46–57.
112. Grace, J. B., Harrison, J. S. The biology of Canadian weeds. 73. *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L. and *Typha xglauca* Godr. // Canadian Journal of Plant Science. – 1986. – № 66. – P. 361–379.
113. Granéli, W., Solander D. Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes // Hydrobiologia. – 1988. – № 170. – P. 245–266.
114. Grimm, E.C. TGView. – Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center, 2004. – 25 pp.

115. Hansen, P. L., Chadde, S. W., Pfister, R. D. Riparian dominance types of Montana. – Missoula, MT: University of Montana, School of Forestry, Montana Forest and Conservation Experiment Station, 1988. – 411 pp.
116. Hofmann, W. Cladocerans and chironomids as indicators of lake level changes in north temperate lakes // *Journal of Paleolimnology*. – 1998. – Vol. 19. – P. 55–62.
117. Jiang, Q., Ji, J., Shen, J. et al. Holocene vegetational and climatic variation in westerly-dominated areas of Central Asia inferred from the Sayram Lake in northern Xinjiang, China // *China Earth Sci.* – 2013. – № 56. – P. 339–353. <https://doi.org/10.1007/s11430-012-4550-9>.
118. Karachurina, S., Rudaya, N., Frolova, L. et al. Terrestrial vegetation and lake aquatic community diversity under climate change during the mid–late Holocene in the Altai Mountains // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2023. – 623. – P. 111623.
119. Kare, E. Maanmittaushallituksen topografinen toimisto, Sotilasjaosto 1929. 6800/13 30° 546/56 VALAMO. – Maanmittaushallituksen kivipaino. Helsinki. – 1930.
120. Stoof-Leichsenring K., Huang S., Liu S. et al. Sedimentary DNA identifies modern and past macrophyte diversity and its environmental drivers in high-latitude and high-elevation lakes in Siberia and China // *Limnology and Oceanography*. – 2022. – № 67. – P. 1126–1141. doi: 10.1002/lno.12061.
121. Kennison, G. C. B., Dunsford, D. S., Schutten, J. Stable or changing lakes? A classification of aquatic macrophyte assemblages from a eutrophic shallow lake system in the United Kingdom // *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. – 1998. – № 8. – P. 669–684.
122. Kokko, P., Käki, Y. Maanmittaushallituksen topografinen toimisto, Siviilijaosto 1933. 6795/6800 30° 600/10 KARKUNKYLÄ. – Maanmittaushallituksen kivipaino. Helsinki. – 1934.
123. Kolada, A., Seppo, H., Kanninen, A. et al. Deliverable D3.2-1: Overview and comparison of macrophyte survey methods used in European countries and a proposal of harmonized common sampling protocol to be used for WISER uncertainty exercise including a relevant common species list. – 2009. – URL: <http://www.wiser.eu/download/D3.2-1.pdf> (дата обращения: 15.12.2023).
124. Li, W., Cao, X., Stoof-Leichsenring, K. et al. Holocene lake response to glacier and catchment changes on the eastern Tibetan Plateau from quantitative conductivity reconstructions based on sedaDNA-derived macrophyte records // *Quaternary Science Reviews*. – 2024. – № 338. – P. 108806.

125. Matilainen, J. A., Kokko, P. S. Maanmittaushallituksen topografinen toimisto, Siviilijaosto 1933. 6800/10 30° 590/600 LUNKULANSAARI. – Maanmittaushallituksen kivipaino. Helsinki. – 1940.

126. Matilainen, J. A. Maanmittaushallituksen topografinen toimisto, Siviilijaosto 1933. 6795/6800 30° 590/600 PARHANSAARI. – Maanmittaushallituksen kivipaino. Helsinki. – 1934.

127. Miettinen, J. O., Grönlund, E., Simola, H., Huttunen, P. Palaeolimnology of Lake Pieni-Kuuppalanlampi (Kurkijoki, Karelian Republic, Russia): isolation history, lake ecosystem development and long-term agricultural impact // *Journal of Paleolimnology*. – 2002. – Vol. 27, № 1. – P. 29–44.

128. Mjelde, M., Faafeng, B. Ceratophyllum demersum hampers phytoplankton development in some small Norwegian lakes over a wide range of phosphorus concentrations and geographical latitude // *Freshwater Biology*. – 1997. – № 37. – P. 355–365.

129. Nevalainen, L., Sarmaja-Korjonen, K., Luoto, T. P. Sedimentary Cladocera as indicators of past water-level changes in shallow northern lakes // *Quaternary Research*. – 2011. – Vol. 75, № 3. – P. 430–437.

130. Nurminen, L. Macrophyte species composition reflecting water quality changes in adjacent water bodies of lake Hiidenvesi, SW Finland // *Ann. Bot. Fennici*. – 2003. – Vol. 40. – P. 199–208.

131. PalDat – Palynological Database [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.paldat.org/>. – Дата обращения: 16.05.2025.

132. Pastukhova, Yu. A., Tsyganov, A. N., Sapelko, T. V. et al. Paleoecological reconstruction of water level changes in a cascade of the lakes on Lunkulansaari Island (Lake Ladoga) based on the results of the analysis of Cladocera remains in lake sediments // *Limnology and Freshwater Biology*. – 2024. – Vol. 4. – P. 574–579. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-4-574>.

133. Pełechaty, M. The phytosociological characteristic and habitat requirements of the *Phragmitetum communis* (Gams, 1927) Schmale 1939 phytocoenoses in the lakes of the Wielkopolski National Park // *Hydrobiologia*. – 1999. – № 408. – P. 327–334.

134. Pollen Atlas [Электронный ресурс]. – URL: <https://pollenatlas.net/homepage>. – Дата обращения: 26.08.2025.

135. Preston, C. D., Croft, J. M. Aquatic plants in Britain and Ireland. – Colchester: Harley Books, 1997. – 365 pp.

136. Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E. et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // *Radiocarbon*. – 2020. – Vol. 62, № 4. – P. 725–757. DOI:10.1017/RDC.2020.41.
137. Robiansyah, I., Yu, Y., Styperek, Ł., Męczekalska, M. Macrophytes as indicators of the ecological status of Durowskie Lake. – Varsovia: International Summer School «RESTLAKE», 2010.
138. Rørslett, B. An integrated approach to hydropower impact assessment. II. Submerged macrophytes in some Norwegian hydro-electric lakes // *Hydrobiologia*. – 1989. – № 175. – P. 65–82.
139. Saarnisto, M., Grönlund, T. Shoreline displacement of Lake Ladoga – new data from Kilpolansaari // *Hydrobiologia*. – 1996. – № 322. – P. 205–215.
140. Saarnisto, M. Late Holocene land uplift/neotectonics on the island of Valamo (Valaam), Lake Ladoga, NW Russia // *Quaternary International*. – 2012. – № 260. – P. 143–152.
141. Saksa, A. I. Rautakautinen Karjala-Karjalan synty // *Kahden Karjalan välillä Kahden Riikin riitamaalla* // *Studia Carelica Humanistica* 5. – 1994. – S. 29-45.
142. Sapelko, T., Ignatyeva, N., Kuznetsov, D. et al. Natural and anthropogenic impacts on Lake Ladoga and its catchment area through the late glacial and Holocene according to a new paleolimnological record // *Journal of Paleolimnology*. – 2024. – Vol. 72, № 2. – P. 241–259. – <https://doi.org/10.1007/s10933-024-00329-9>.
143. Sapelko, T., Pozdnyakov, Sh., Kuznetsov, D. et al. Holocene sedimentation in the central part of Lake Ladoga // *Quaternary International*. – 2019. – № 524. – P. 67–75. – <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.05.028>.
144. Sapelko T.V., Gazizova T.Yu., Rusanov A.G. et al. The use of macrophytes in paleoreconstructions of lakes and seas coastlines dynamics // *Limnology and Freshwater Biology*. SI: «The 6th International Conference Paleolimnology of Northern Eurasia». – 2024. – № 4. – P. 618-623. – DOI:10.31951/2658-3518-2024-A-4-618.
145. Savelieva, L. A., Andreev, A. A., Gromig, R. et al. Vegetation and climate changes in northwestern Russia during the Lateglacial and Holocene inferred from the Lake Ladoga pollen record // *Boreas*. – 2019. – Vol. 48. – P. 349–360.
146. Sayer, C. D., Burgess, A., Kari, K. et al. Long-term dynamics of submerged macrophytes and algae in a small and shallow, eutrophic lake: implications for the stability of macrophyte-dominance // *Freshwater Biology*. – 2010. – № 55. – P. 565–583. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02353.x.
147. Scussolini, P., Vegas-Villarubia, T., Rull, V. et al. Middle and late Holocene climate change and human impact inferred from diatoms, algae and aquatic macrophyte pollen in

sediments from Lake Montcortès (NE Iberian Peninsula) // *J Paleolimnol.* – 2011. – № 46. – P. 369–385. DOI 10.1007/s10933-011-9524-y.

148. Silva E. F., Lopes K. S., Alves R. et al. Late Quaternary hydroclimate and vegetation changes in an upland lake in southeastern Amazonia // *An Acad Bras Cienc.* – 2023. – № 95. – P. e20230173. DOI 10.1590/0001-3765202320230173.

149. Sladeczek, V. A guide to limnosaprobical organisms, *Sb. Vysokeskoly chem. – technol. v Praze.* – 1963. – Bd. 7, № 2. – P. 543-612.

150. Søndergaard, M., Johansson, L. S., Lauridsen, T. L. et al. Submerged macrophytes as indicators of the ecological quality of lakes // *Freshwater Biology.* – 2009. – Vol. 55, №4. – P. 893–908. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2009.02331.x.

151. Spence, D. H. N. Factors controlling the distribution of freshwater macrophytes with particular reference to the lochs of Scotland // *J. Ecol.* – 1967. – № 55. – P. 147–170. <https://doi.org/10.2307/2257723>.

152. Stewart, N. F. Stoneworts – connoisseurs of clean water // *British Wildlife.* – 1996. – № 8. – P. 92–99.

153. Taavitsainen, J.-P., Ikonen, L., Saksa, A. On early agriculture in the archipelago of Lake Ladoga // *Fennoscandia archaeologica.* – 1994. – № XI. – P. 29–39.

154. Toivonen, H., Huttunen, P. Aquatic macrophytes and ecological gradients in 57 small lakes in southern Finland // *Aquat. Bot.* – 1995. – Vol. 51. – P. 197–222.

155. Tsyganov, A. N., Malysheva, E. A., Zharov, A. A. et al. Distribution of benthic testate amoeba assemblages along a water depth gradient in freshwater lakes of the Meshchera Lowlands, Russia, and utility of the microfossils for inferring past lake water level // *Journal of Paleolimnology.* – 2019. – Vol. 62. – P. 137–150.

156. Valiranta, M., Weckstrom, J., Siitonen, S. et al. Holocene aquatic ecosystem change in the boreal vegetation zone of northern Finland // *Journal of Paleolimnology.* – 2011. – Vol. 45, № 3. – P. 339–352. DOI 10.1007/s10933-011-9501-5.

157. Vuorela, I. Microspores of Isoetes as indicators of human settlement in pollen analysis // *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica.* – 1980. – Vol. 56, № 1. – P. 13–19.

158. Vuorela, I., Saarnisto, M. Introduction of agriculture in Valamo, Russian Karelia: palaeoecology of Lake Niikkanlampi // *ISKOS.* – 1997. – № 11to – P. 140–151.

159. Vuorela, I., Lempiäinen, T., Saarnisto, M. Land use pollen record from the Island of Valamo, Russian Karelia // *Annales Botanici Fennici.* – 2001. – № 38. – P. 139–165.

160. Wade, P. M. The colonisation of disturbed freshwater habitats by Characeae // *Folia geobot. Phytotax.* – 1990. – № 25. – P. 275–278.

161. Wilmanns, O. Ökologische Pflanzensoziologie. Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. – Aufl. Quelle und Meyer, Wiesbaden, 1998. – 406 pp.
162. Wu, Z., Ding, Z., Yu, D., Xu, X. Influence of niche similarity on hybridization between *Myriophyllum sibiricum* and *M. spicatum* // J. Evol. Biol. – 2015. – № 28. – P. 1465–1475. <https://doi.org/10.1111/jeb.12667>.
163. Xu, X., Trumbore, S. E., Zheng, S. et al. Modifying a sealed tube zinc reduction method for preparation of AMS graphite targets: Reducing background and attaining high precision // Nucl. Instrum. Meth. B. – 2007. – № 259. – P. 320–329.
164. Zhang, Q., Dong, X., Yang, X. et al. Aquatic macrophyte fluctuations since the 1900s in the third largest Chinese freshwater lake (Lake Taihu): Evidences, drivers and management implications // Catena. – 2022. – № 213. – P. 106153. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106153>
165. Zharov, A. A., Tchabovsky, A. V., Neplyukhina, A. A. et al. Changes in the composition of subfossil algae and invertebrate assemblages along the depth gradient in dimictic Lake Valdayskoye (Novgorod Area, Russia) // Journal of Paleolimnology. – 2024. – Vol. 72. – P. 429–442.