

На правах рукописи

Леонтьев Петр Александрович

**ИЗМЕНЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ БЕЛОГО МОРЯ
В ГОЛОЦЕНЕ
(ОНЕЖСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА)**

1.6.14. Геоморфология и палеогеография

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург
2026

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

Научный руководитель:

Субетто Дмитрий Александрович, доктор географических наук, доцент, декан факультета географии, заведующий кафедрой физической географии и природопользования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена»

Официальные оппоненты:

Разжигаева Надежда Глебовна, доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории палеогеографии и геоморфологии федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук»

Константинов Евгений Александрович, кандидат географических наук, заведующий Отделом палеогеографии четвертичного периода федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт географии Российской академии наук»

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук»

Защита диссертации состоится в 11.00 часов «29» мая 2026 г. на заседании совета 33.2.018.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, созданного на базе федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена» по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48, корп. 12, ауд. 21.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48, корп. 5 и на сайте университета по адресу: https://dissertation.spb.ru/Preview/Karta/karta_000001231.html

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Сазонова Ирина Евгеньевна

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. Проблема изменения относительного уровня Белого моря в голоцене остается актуальной несмотря на многочисленные исследования, которые проводятся, начиная с конца XIX в. (Миддендорф, 1860; Иностранцев, 1887; Ramsay, 1898). Позднее на побережье Белого моря были изучены террасовые уровни (Лаврова, 1931), выполнены реконструкции истории развития побережья в неоплейстоцене и голоцене (Стрелков, 1976; Никонов, 1977; Кошечкин, 1979 и др.). На Соловецких островах Н.А. Никишиным (1984) были выделены впервые древние береговые линии на высотах 20,5–23,5 и 17–19 м над у.м. Получены обширные материалы о составе и строении четвертичных отложений котловины Белого моря и истории его развития в позднем неоплейстоцене и голоцене (Авилов, 1956; Невеский, 1977; Соболев, 2008; Рыбалко и др., 2017 и др.).

К настоящему времени установлены основные этапы развития Белого моря, сложилось представление о его позднеледниковой и голоценовых трансгрессиях, сменяющихся регрессиями. Радиоуглеродное датирование, в том числе озерно-болотных отложений изолированных водоёмов, позволило получить сведения о динамике береговой линии на разных участках побережья и уточнить хронологические границы крупных этапов развития бассейна и его берегов (Евзеров и др., 2007; Колька и др., 2013, 2017; Субетто и др., 2012; Репкина и др., 2017 и др.).

Динамика относительного уровня Белого моря в районах Балтийского щита и Русской плиты существенно различается. Для решения проблемы изменения относительного уровня Белого моря в голоцене необходимо проведение комплексных исследований на каждом отдельном участке его побережья, включая реконструкцию амплитуды и хронологии трансгрессивно-регрессивных фаз, выявление соотношения гляциоизостатических поднятий и эвстатических колебаний уровня Мирового океана, для дальнейшего создания общей схемы изменения относительного уровня Белого моря.

Цель исследования – реконструировать изменения относительного уровня Белого моря в голоцене на Соловецких островах и Онежском полуострове.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить строение, состав и возраст донных отложений изолированных озер Соловецких островов и Онежского полуострова;
- выделить этапы формирования донных отложений изолированных озер Соловецких островов и Онежского полуострова;
- соотнести выделенные этапы формирования донных отложений изолированных озер с трансгрессивно-регрессивными фазами Белого моря в голоцене;
- сравнить локальные особенности динамики береговой линии Соловецких островов и Онежского полуострова в голоцене.

Объект исследования – донные отложения изолированных озер на побережье Соловецких островов и Онежского полуострова Белого моря.

Предмет исследования – изменения относительного уровня Белого моря в голоцене, отраженные в строении и составе донных отложений озер.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Строение, состав и возраст донных отложений изолированных озер побережий Онежского полуострова и Соловецких островов, расположенных на разных гипсометрических уровнях, отражают трансгрессивно-регрессивные фазы Белого моря в голоцене.

2. Развитие исследованных участков побережья Белого моря происходило в несколько этапов. Раннеголоценовая регрессия фиксируется в диапазоне 10900–10200 кал л.н. и принята за точку отсчета. Среднеголоценовая трансгрессия установлена в интервале от 9000–8800 до 6000 кал л.н. Регрессия конца среднего – начала позднего голоцена датируется от 6000 до 2000 кал л. н.

3. Локальные особенности динамики береговой линии на островах Большой Соловецкий и Анзер, в губах Конюхова и Унской на Онежском полуострове заключаются в следующем: (1) относительные уровни раннеголоценовой регрессии отмечаются на современных высотах 24; 21; 17 и 11 м соответственно; (2) относительный уровень среднеголоценовой трансгрессии фиксируется на абсолютных отметках не выше 24–21 м и до 17 м на Соловецких островах и в губе Конюхова; не выше 9,5 в Унской губе; (3) снижение относительного уровня Белого моря во время регрессии конца среднего – начала позднего голоцена установлено в диапазоне от 14 до 6 м на Соловецких островах и в губе Конюхова, и от 8 до 4,5 м в Унской губе Онежского полуострова.

4. Разность современных высот между береговыми линиями раннего голоцена на Соловецких островах и на юге Онежского полуострова (Унская губа) составляет 13 м, снижается до 11 м в среднем голоцене и в конце среднего – начале позднего голоцена находится в диапазоне от 6 до 1,5 м, что обусловлено снижением интенсивности тектонических и гляциоизостатических движений в юго-восточном направлении.

Научная новизна

Впервые:

- установлено положение береговой линии в трансгрессивно-регрессивные фазы Белого моря в голоцене на побережье Онежского полуострова и уточнено её положение для побережья Соловецких островов;
- определена разность современных высот между береговыми линиями Белого моря на Соловецких островах и на Онежском полуострове в голоцене.

Личный вклад автора состоит в формулировании цели и задач исследования, сборе опубликованных материалов, участии в экспедициях в районы Онежского полуострова, Соловецких островов и др., сборе фактического материала и его аналитической обработке. Фактический материал, собранный в ходе полевых работ в период 2011–2022 гг. был обработан и проанализирован в НИЛ рационального природопользования РГПУ им. А. И. Герцена. В общей сложности были исследованы керны донных отложений 22 озер и болот, изучены лито-, био- и хроностратиграфическими методами около 500 образцов, построены авторские схемы и карты. Полученные результаты послужили основой для качественной и количественной реконструкции изменения относительного уровня Белого моря в голоцене в пределах выбранных ключевых участков.

Теоретическая и практическая значимость. Получены данные по изменению относительного уровня Белого моря для ряда неизученных участков южного побережья. Это вносит значительный вклад в общую картину эволюции береговой зоны Белого моря в голоцене. Результаты реконструкций включены в базу данных «Изменения уровня крупных водных объектов периферии Фенноскандинавского щита в позднем плейстоцене и голоцене Paleobasins». Материалы исследования применяются в образовательном процессе на факультете географии РГПУ им. А. И. Герцена в курсах «Геоинформатика», «Геоморфология», «Методы географических исследований» и др. при обучении студентов и аспирантов естественно-научных специальностей.

Степень достоверности и апробация исследования. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением комплексного палеолимнологического подхода. Содержание диссертационного исследования обсуждалось на конференциях: I, II, III, IV Международных конференциях «Палеолимнология Северной Евразии и Школа молодых ученых» (Петрозаводск, 2014; Якутск, 2016; Казань, 2018; Иркутск, 2020; Санкт-Петербург, 2022), IX Всероссийском совещании по изучению четвертичного периода «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований» (Иркутск, 2015), Международная научно-практическая конференция Герценовские чтения «География: развитие науки и образования» (Санкт-Петербург, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023), Совместная встреча IAL-IPA (Международная ассоциация лимногеологии и Международная палеолимнологическая ассоциация) «Озера, воспоминания о территории» (IAL-IPA joint meeting «Lagos, Memorias del Territorio») (Барилоче, Аргентина, 2022).

Исследование проводилось при поддержке Государственного задания при финансовой поддержке Минпросвещения России 2020–2022 гг. (проект № FSZN-2020-0016) «Палеогеография, развитие гидрографической сети и динамика уровней бассейнов на периферии Фенноскандинавского щита в позднем плейстоцене и голоцене», Российского научного фонда, Российского фонда фундаментальных исследований и Русского географического общества 2013–2024 гг. (РФФИ-РГО 13-05-41457 РГО_а «Природные катастрофы в позднем плейстоцене и голоцене: палеогеографическая диагностика», РФФИ 13-05-01039_А «Динамика уровня морей и крупных озер на восточной и юго-восточной периферии Балтийского кристаллического щита в позднем плейстоцене и голоцене», РФФИ 22-17-00081 «Последний гляциоседиментационный цикл Белого моря: морфо-, лито- и климатостратиграфия, корреляция морских и континентальных архивов»).

Публикации: по материалам диссертационного исследования опубликовано 32 работы, наиболее значимые – 22; из них в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ – 10; в изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных: RSCI – 3, Scopus/ WOS – 8.

Зарегистрирована база палеолимнологических данных «Изменения уровня крупных водных объектов периферии Фенноскандинавского щита в позднем плейстоцене и голоцене "Paleobasins"» (Свидетельство о государственной регистрации № 2022623647 от 23.12.22).

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность научному руководителю, д.г.н. Д.А. Субетто за помощь в организации исследований и научное наставничество; с.н.с. лаборатории геоморфологии ИГ РАН, к.г.н. Т.Ю. Репкиной за многочисленные совместные экспедиции и исследования; доценту, к.г.н. В.М. Фирсенковой и всем коллегам и студентам кафедры физической географии и природопользования РГПУ им. А. И. Герцена за помощь и всестороннюю поддержку. Автор благодарит коллег из ИВПС КарНЦ РАН (г. Петрозаводск), ИГ КНЦ РАН (г. Апатиты), ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН (г. Санкт-Петербург), ИГ РАН (г. Москва), МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Кенозерского национального парка (г. Архангельск) за многолетнее сотрудничество.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 3-х глав и заключения. Основной текст диссертации изложен на 109 страницах, включает 33 рисунка, 14 таблиц. Библиографический список включает 72 наименования, в том числе 15 на иностранном языке.

Основное содержание работы

Глава 1. Побережье Белого моря как объект палеогеографических исследований

В первой главе в разделе 1.1 рассматривается состояние палеогеографической изученности Соловецких о-вов и Онежского п-ва как части Беломорского региона. Приведен обзор геологических, геоморфологических, палеогеографических исследований (Рейнеке, 1883; Миддендорф, 1860; Иностранцев, 1872; Ramsay, 1898; Лаврова, 1931; Кальберг, 1940; Никонов, 1977; Кошечкин и др., 1977; Авиллов, 1956; Невеский и др., 1977; Мануйлов и др., 1981; Никишин, 1984; Метлицкий и др., 1987; Каплин, Селиванов, 1999; Авенариус, 2004; Макаров и др., 2007; Соболев, 2008; Евзеров, 2010; Колька и др., 2005; Субетто и др., 2012; Репкина и др., 2015; Рыбалко и др., 2017; Зарецкая, 2018 и др.).

Положение береговой линии Белого моря в позднем неоплейстоцене и голоцене на Кандалакшском, Карельском и Поморском берегах палеолимнологическими методами реконструировано в работах (Колька и др., 2005, 2013, 2018; Корсакова, 2022; Толстобров и др., 2022 и др.). Динамика и хронология развития берегов Онежского полуострова и других районов Белого моря установлены (Репкина и др., 2018, 2020, 2023). Реконструкция изменения относительного уровня Белого моря на Соловецких островах палеолимнологическими методами начаты в 2006 г. под руководством Д.А. Субетто (Субетто и др., 2012; Кузнецов и др., 2022; Ludikova et al., 2021). Палеогеографические реконструкции на Карело-Кольском берегу позволили выделить два трансгрессивно-регрессивных цикла (позднеледниковая трансгрессия, регрессия раннего голоцена, среднеголоценовая трансгрессия Тапес и последующая регрессия). Реконструкция для Большого Соловецкого острова достоверно отражает завершение среднеголоценовой трансгрессии.

В разделе 1.2 приводится физико-географическая характеристика района исследований. Природные условия района исследования как части Беломорского региона обуславливают сложный характер эволюции побережья Белого моря в

голоцене. Положение котловины Белого моря на контакте Балтийского кристаллического щита и Русской плиты, различная интенсивность гляциоизостатических движений, эвстатические колебания крупных приледниковых водоемов и Белого моря формируют крайне пеструю картину изменения его относительного уровня.

В разделе 1.3 приведены методы исследования и материалы, полученные на четырех ключевых участках (рис. 1, 2). Основа реконструкции относительного уровня моря (ОУМ) – метод изолированных водоёмов (бассейнов), предложенный (Hafsten, 1960; Donner et al., 1977) и развитый в работах отечественных палеогеографов. Для Беломорского региона фации донных отложений изолированных озер систематизированы В.В. Колькой (Колька и др., 2013). Детальная последовательность литостратиграфических единиц с характерными литологическими и микропалеонтологическими признаками выделены А.Н. Толстобровой (2022).

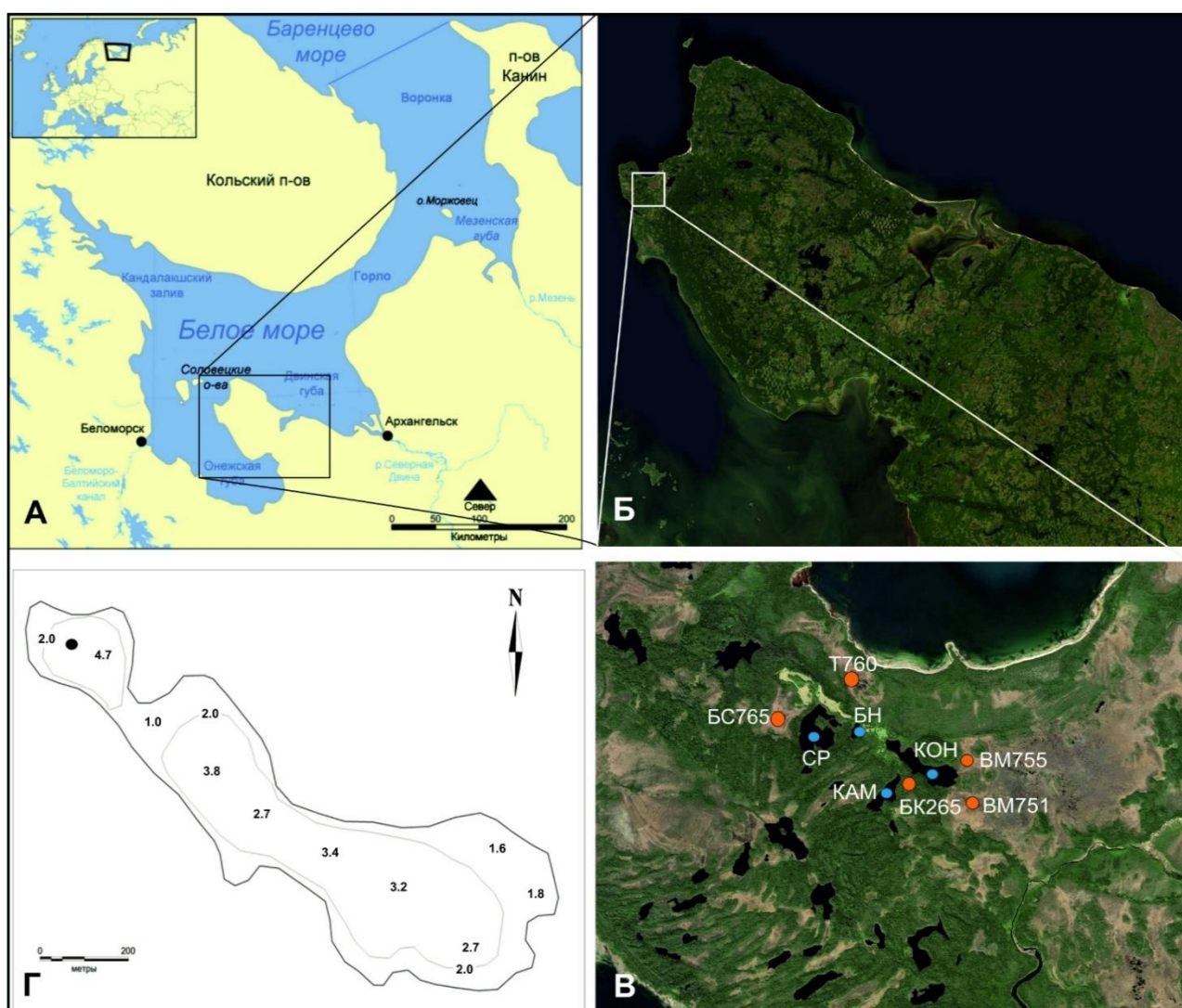


Рисунок 1 – А, Б, В - расположение разрезов донных отложений озер и болот побережья Губы Конюхова, КОН – Конюховское озеро, СР – Среднее озеро, КАМ – Каменное, БН – без названия, BM755 – скважина 755 на болоте Вензин Мох, BM751 – скважина 751 на болоте Вензин Мох, БК265 – болото у озера Каменное, BC765 – болото за озером Среднее, T760 – болото на морской террасе. Г - схема глубин Конюховского озера (сост. М.С. Потахиным), черная точка – место отбора образцов. (Леонтьев и др., 2022). Картографическая основа: <https://www.google.ru/maps>, <https://yandex.ru/maps>



Рисунок 2. Расположение разрезов донных отложений озер и болот побережья. А, Б – Большой Соловецкий и Анзерский острова (названия объектов на карте). В – Унская губа: ММ – Малое Мураканское озеро; МТ1 – Мураканское озеро, точка 1; МТ2 – Мураканское озеро, точка 2; МТ3 – Мураканское озеро, точка 3; СКВ 388 – скважина в болоте Горбоватый Мох, Ж1 – болото Жирковское. Картографическая основа: <https://www.google.ru/maps>, <https://yandex.ru/maps>

Изучение трансгрессивно-регрессивных контактов в осадочной последовательности серии озер на различных высотах в пределах локального участка побережья, их абсолютное датирование и гипсометрическая привязка порогов стока позволяют выполнить реконструкцию и представить её в виде кривой относительного перемещения уровня моря (крупного водоема), на которой указаны высоты порогов стока серии озер и хронология трансгрессивных и регрессивных событий.

Полевые палеолимнологические исследования на четырех ключевых участках включали: рекогносцировку, выбор и визуальное обследование озёр, определение или уточнение отметок уреза воды водоёмов и их порогов стока, батиметрические съёмки, выбор точек пробоотбора, отбор кернов донных отложений выбранных озер русским торфяным буром с платформы в летний период или со льда зимой, полевое литологическое описание (методика по Субетто, 2009).

Лабораторные работы. Донные отложения изучены комплексом палеолимнологических анализов: определение потери массы при прокаливании (ППП), диатомовый анализ, радиоуглеродное датирование.

На этапе обобщения полученных результатов использовался литолого-стратиграфический анализ осадочной последовательности, выделение естественных седиментационных пачек донных отложений согласно методике (Субетто, 2009), составление графиков изменения ОУМ на ключевых участках, сопоставление данных по ключевым участкам и другим участкам побережья, сравнительно-географический и картографический методы.

Расположение изученных озерно-болотных объектов показано на рисунках 1 и 2. Материалы, полученные нами в период 2011–2022 гг. по шести новым палеолимнологическим объектам на Большом Соловецком острове, по четырем – на острове Анзерском, по девяти – в губе Конюхова, по четырем (шесть колонок донных отложений) – в Унской губе позволили внести определенный вклад в решение проблемы изменения относительного уровня Белого моря в голоцене.

Глава 2. Седиментационные архивы изолированных водоемов ключевых участков побережья

Во второй главе рассматриваются особенности строения донных отложений озер ключевых участков, результаты лабораторно-аналитических исследований и раскрывается *первое защищаемое положение*.

Губа Конюхова. Озеро Конюховское и озерно-болотные объекты побережья. Детальное литологическое описание донных отложений Конюховского озера представлено на рисунке 3. Данные, полученные при определении ППП образцов донных отложений озера Конюховское (рис. 3) при 550°C (ППП₅₅₀), демонстрируют достаточно резкие колебания по профилю разреза (в пределах от 1,5 до 54%), которые отражают содержание органического вещества и могут свидетельствовать о значительных изменениях биопродуктивности водоёма и седиментационных условий. Потери при прокаливании при 950°C (ППП₉₅₀) не превышают 5%.

На основании выявленных смены литологического состава и изменения оценочного содержания органического вещества (ОВ) в донных отложениях выделено пять зон, характеризующих условия осадконакопления (рис. 3). В зоне 1, соответствующей условиям крупного водоёма, отмечается минимальное оценочное содержание ОВ (~2–3% ППП₅₅₀), а также карбонатного углерода (~1% ППП₉₅₀). В зоне 2 (изоляция водоема, понижение уровня) оба показателя резко возрастают и достигают значений 44% и ~3% соответственно. Зона 3 – минимальные значения ОВ с небольшими колебаниями (ППП₅₅₀ от 2 до 6%), что предположительно соответствует характеру осадконакопления в морских условиях. В зоне 4 (переходные условия) в целом наблюдается увеличение обоих показателей (ППП₅₅₀ достигают 50%, ППП₉₅₀ ~4%), и в 5-ой зоне (озерные условия) они относительно стабилизируются на этом уровне. Также в 5 зоне отмечаются разнонаправленные колебания значений ППП₅₅₀ и ППП₉₅₀, в то время как в зонах 1–4 увеличения и уменьшения обоих показателей почти совпадают. В целом изменения значений потерь массы при прокаливании соответствуют смене литологического состава донных отложений.

Результаты диатомового анализа (рис. 3), показали, что в верхней части серого алевролита и перекрывающей его опесчаненной глине в составе диатомовых комплексов преобладают морские и солоноватоводно-морские литоральные диатомеи. В слоистой гиттии доминируют диатомеи *Fragilariaceae spp.* (переходные, нестабильные обстановки). В однородной гиттии постепенно в составе диатомовых

комплексов возрастает доля пресноводных диатомей.

Результаты радиоуглеродного датирования образцов донных отложений Конюховского озера находятся в диапазоне дат от 10206–10234 календарных лет назад (кал л.н.) до 3701–3825 кал л.н. (рис. 3).

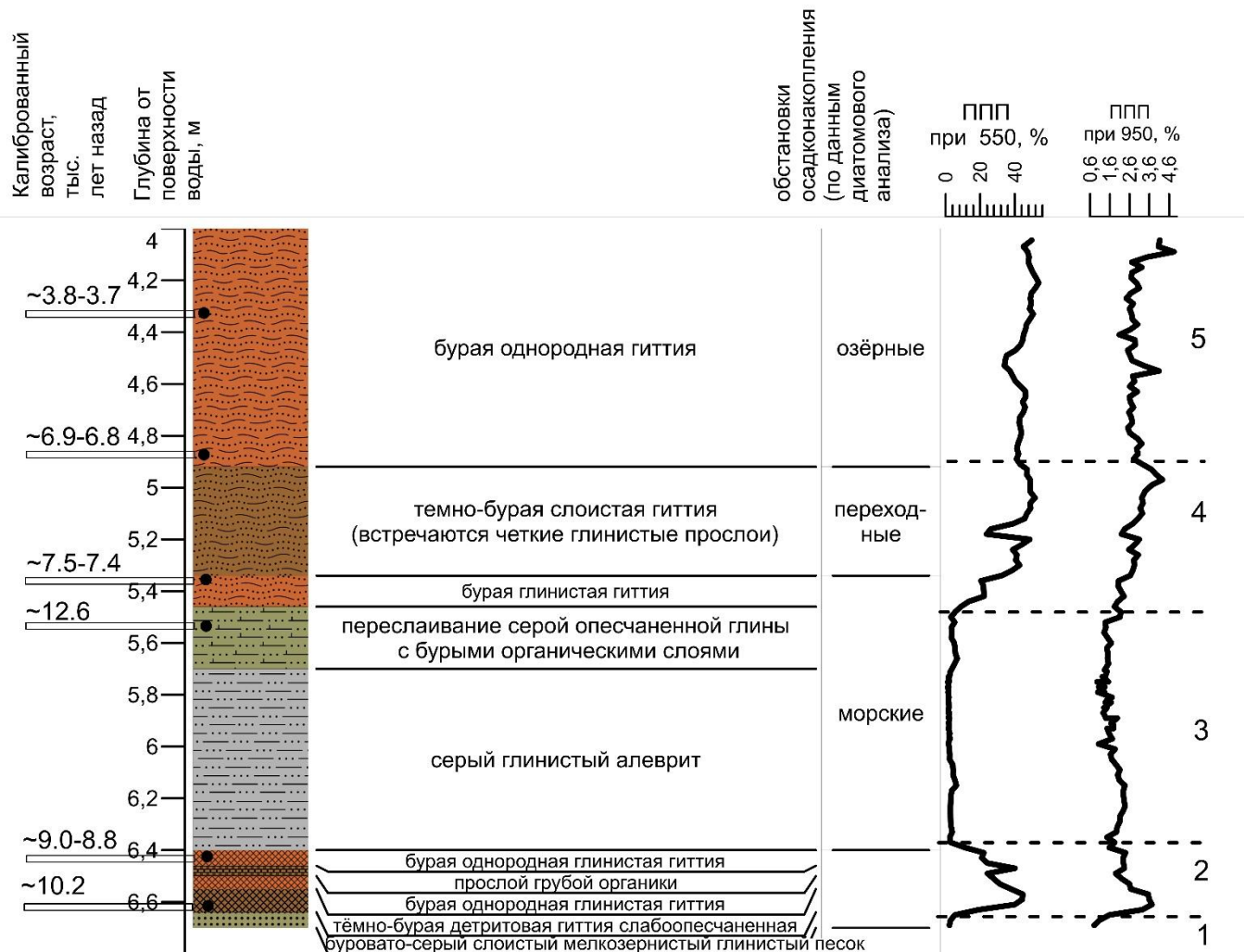


Рисунок 3. Литология донных отложений Конюховского озера. Результаты радиоуглеродного датирования и определения потери массы при прокаливании. Обстановки осадконакопления по данным диатомового анализа (выполнен А.В. Лудиковой) (Леонтьев и др., 2022).

В южной котловине болота Вензин Мох с порогом стока ~18,5 м, нижний слой торфа, залегающий на разнозернистом песке с гравием датирован ~8300–8200 кал л.н. (скважина ВМ 751, рис. 4). В этом разрезе по данным диатомового анализа морские условия осадконакопления не зафиксированы. В северной котловине болота Вензин Мох с порогом стока около 17,5 м (скважина ВМ 755, рис. 4) нижний слой оторфованной гиттии, подстилаемой серыми суглинками датирован ~6300–6200 кал л.н. По данным диатомового анализа серые суглинки формировались в обмелевшем морском заливе с соленостью, пониженной вследствие приближающейся изоляции.

Строение, состав и возраст донных отложений озер и болот побережья губы Конюхова кратко приводятся на рисунке 4.

Большой Соловецкий остров. Озера Моренное, Рыбка, Варваринское и озерно-болотные объекты побережья. На побережье Большого Соловецкого

острова возраст слоистой гиттии, перекрывающей пачку слоистого алевроита в донных отложениях озера Рыбка с урезом 24 м составил ~11000 кал л.н. В озере Моренное с урезом воды 25,7 м подобный переход не обнаружен, но субаэральные отложения (контакт торфа и песка) имеют возраст ~10400 кал л.н. В отложениях Варваринского озера с урезом воды 8 м, возраст гиттии, перекрывающей алевроиты, составил ~2800 кал л.н. (рис. 5). Торф начал накапливаться на террасах ~3500 кал л.н. на высоте 15,6 м; ~3900 кал л.н. – на высоте 10,5 м; ~900 кал л.н. – на высоте 1,8 м (рис. 6).

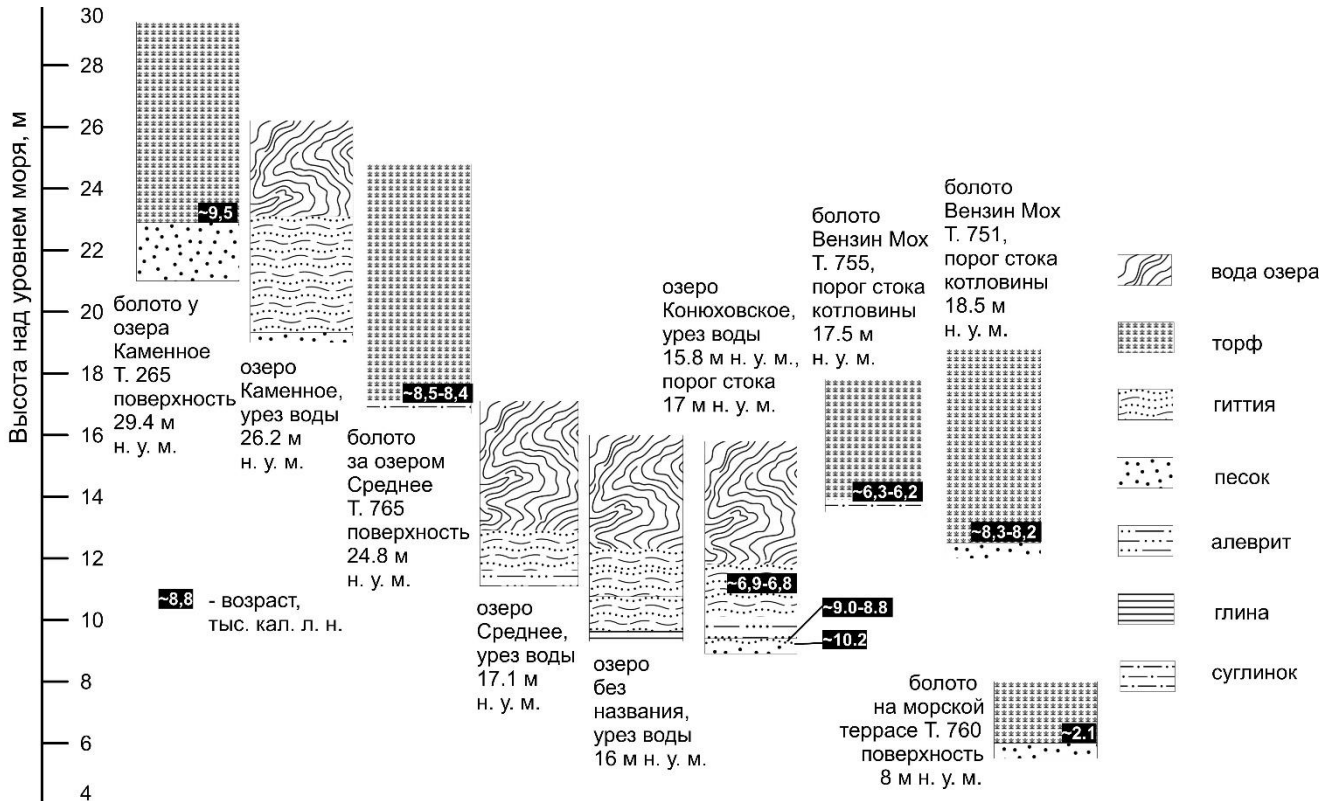


Рисунок 4. Гипсометрическое положение и стратиграфия донных отложений озер (Леонтьев и др., 2022) и болот (по Репкина и др., 2017) побережья губы Конюхова и результаты радиоуглеродного датирования.

Анзерский остров. Озера Надбанное, Банное, Голгофское, Капорское. В осадочной последовательности донных отложений четырех исследованных озер побережья о. Анзерского выделена переходная зона, литологически соответствующая смене крупного (морского или приледникового) бассейна изолированным озёрным. Строение, состав и возраст донных отложений озер побережья о. Анзерского кратко приводятся на рисунке 10. Завершение формирования слоистых переходных зон в осадочной последовательности датировано: ~10500–10200 кал л.н. на высоте 21 м н.у.м.; ~4800–4400 кал л.н. на высоте 14 м н.у.м.; ~5600–5000 кал л.н. на высоте 11 м н.у.м.; ~2200–1700 кал л.н. на высоте 3 м н.у.м. Динамика потерь массы при прокаливании в целом совпадает с изменением литологического состава.

В водоемах на **побережье Унской губы** субаэральное органонакопление датировано 10600–10200 кал л.н. на высоте 11 м н.у.м.; 9400–9100 кал л.н. на 7 м н.у.м.; 1900–1700 кал л.н. на 6,5 м н.у.м. На высоте 7 м н.у.м. морские условия осадконакопления по данным диатомового анализа отмечаются позднее 8500–8400 кал л.н. и в интервале от 7400–7000 до 6400–6000 кал л.н.; завершение образования

слоистых переходных зон в разрезе отложений происходило в интервале от 4800–4500 до 4000–3900 кал л.н. (рис. 11).

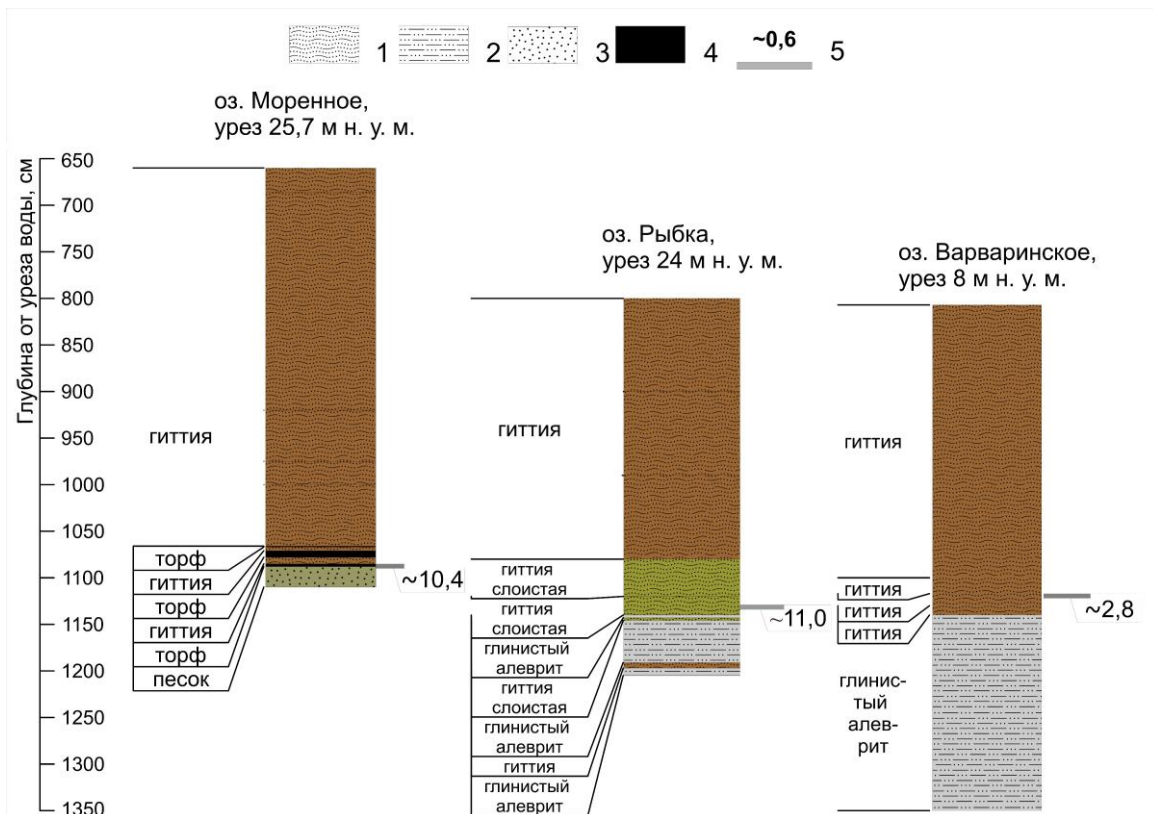


Рисунок 5. Стратиграфия донных отложений озер побережья Большого Соловецкого острова и результаты радиоуглеродного датирования. 1 – гиттия, 2 – глинистый алеврит, 3 – песок мелко-среднезернистый, 4 – торф, 5 – возраст, тыс. кал л.н.

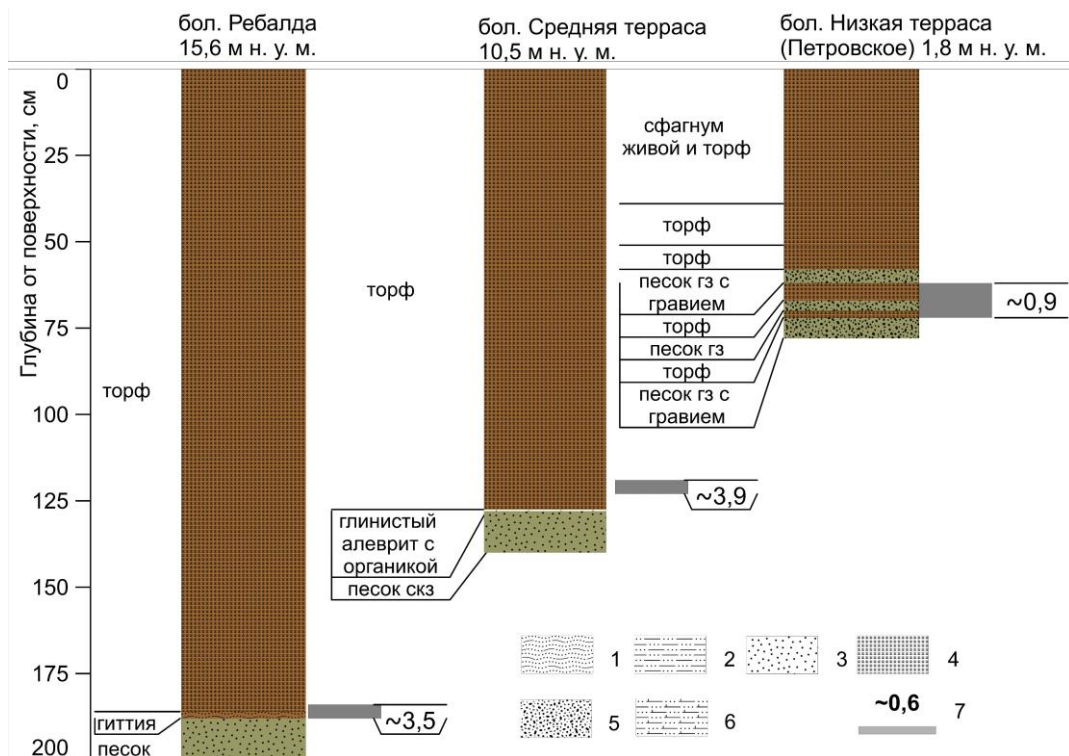


Рисунок 6. Стратиграфия донных отложений болот побережья Большого Соловецкого острова и результаты радиоуглеродного датирования. 1 – гиттия, 2 – глинистый алеврит, 3 – песок, 4 – торф, 5 – песок грубозернистый, 6 – глинистый алеврит с органикой, 7 – возраст, тыс. кал л.н.

Глава 3. Реконструкция изменения относительного уровня Белого моря в голоцене

В третьей главе раскрываются *второе, третье и четвертое защищаемые положения*.

Губа Конюхова. Литологическая последовательность (рис. 3) донных отложений оз. Конюховского с порогом стока 17 м над у. м. в целом может рассматриваться как аналог последовательности фаций донных отложений, выделенных на южном побережье Кольского п-ва (Колька и др., 2013). Интерпретация условий осадконакопления донных отложений озер Конюховское, Среднее и Без названия сопоставлена в таблице 1.

Стратиграфия донных отложений озер и болот побережья губы Конюхова с интерпретацией их генезиса представлены на рисунке 7. Сопоставление пространственно-временных маркеров трансгрессивно-регрессивных событий позволило установить локальные особенности динамики береговой линии в губе Конюхова (рис. 8).

Таблица 1

Литологическая интерпретация донных отложений озер побережья губы Конюхова

Фация	Конюховское озеро (17 м)	Озеро Среднее (17,1 м)	Озеро без названия (16 м)	Интерпретация условий осадконакопления
I	Мелкозернистый глинистый песок	—	Глина	Отложения приледникового озера
II	Детритовая гиттия	—	Однородная и торфянистая гиттия	Понижение уровня, изоляция
III	Алеврит и глинистая гиттия	Алеврит	Глинистая гиттия с алевритовыми прослоями	Морские осадки
IV	Слоистая гиттия	Детритовая глинистая гиттия	Слоистая гиттия	Переходные от морских к современным озёрным условиям
V	Гиттия	Однородная гиттия	Однородная гиттия	Современные озёрные отложения

Слоистые мелкозернистые глинистые пески в подошве керна донных отложений оз. Конюховского (рис. 3, 7) сформировались ранее ~10200 кал л.н., вероятно, во время *позднеледниковой трансгрессии*. К отложениям этой стадии можно отнести также суглинистые пески и опесчаненные суглинки, вскрытые при бурении в болотно-торфянистых залежах около оз. Каменное (29,4 м н. у. м) и Среднее (24,8 м н.у.м.). Возраст подошвы торфа ~9500 и 8500–8400 кал л.н., соответственно (рис. 7).

Детритовая гиттия (~10200 кал л.н.), перекрывающая пески в подошве керна донных отложений из оз. Конюховское (рис. 3, 7), маркирует переход от относительно глубоководных условий к обстановкам изолированного или более мелководного бассейна (*раннеголоценовая регрессия*). Аналогичные осадки, залегающие выше раннеголоценовых минерагенных отложений, представлены в регионе довольно

широко. Можно предположить, что относительный уровень большого водоёма был близок к порогу стока озера Конюховское (17 м). Фаза изолированного озера/мелководного бассейна продолжалась около 1500 лет (рис. 8).

Следующие значимые изменения в литологии донных отложений оз. Конюховское произошли позже ~9000–8800 кал л.н. – детритовая гиттия замещается в верх по разрезу глинистой гиттией, а затем глинистым алевритом (рис. 3, 7). Подобные изменения в литологии, фиксирующие замещение органогенных отложений (гиттии, торфа) на минерагенные (алевроиты, глинистые алевриты, глинистые гиттии), часто встречаются в регионе и указывают на начало морской трансгрессии Тапес. Об установлении морских условий свидетельствуют и результаты диатомового анализа (рис. 3). Относительный уровень Белого моря в это время был выше порога стока озера Конюховское. Максимальный уровень трансгрессии вероятно не превышал 18,5 м, поскольку в южной котловине палеозалива Вензин Мох с порогом стока ~18,5 м, осушенной не позднее ~8300–8200 кал л.н. (скважина 751 на рис. 7, 8) морские трансгрессивные отложения не зафиксированы (Репкина и др., 2020).

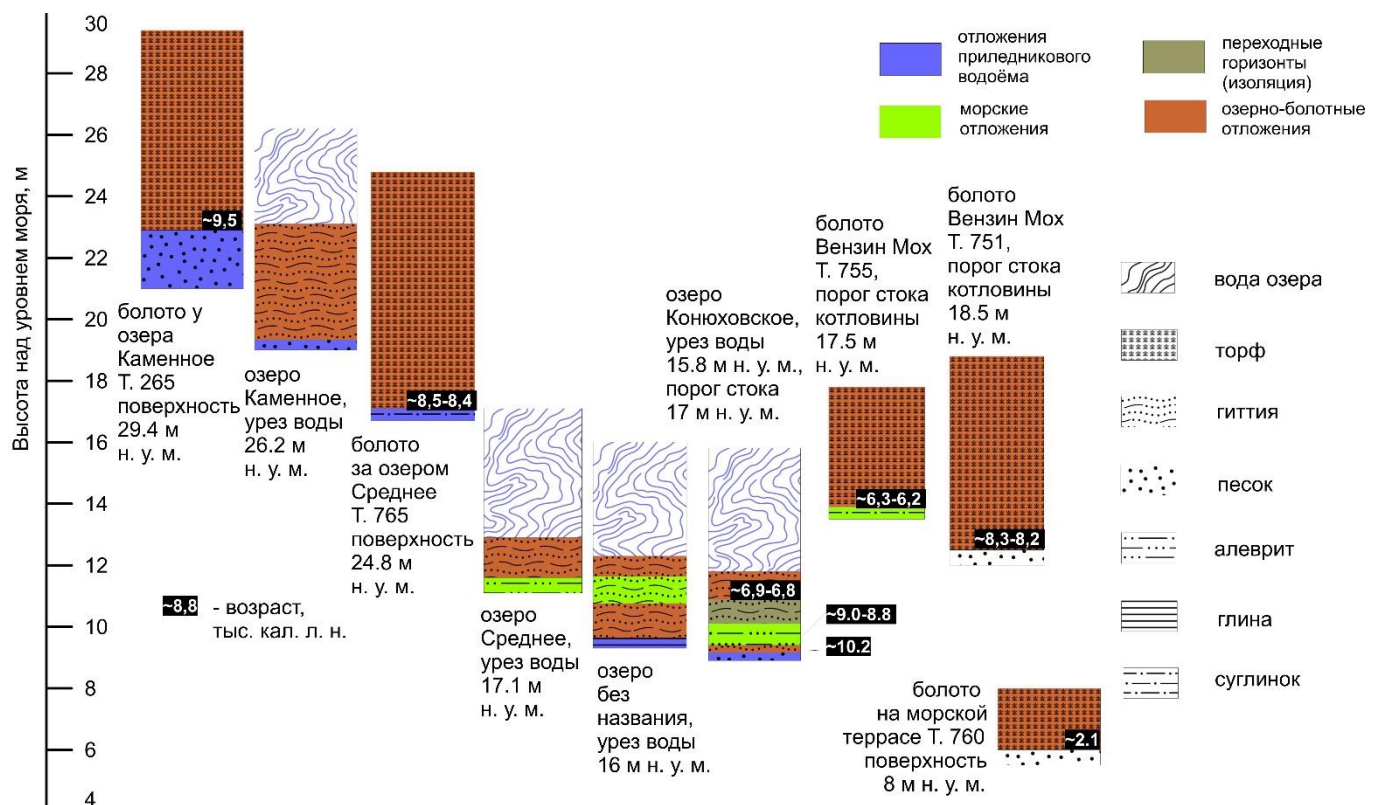


Рисунок 7. Стратиграфия донных отложений озёр Каменное, Среднее, без названия, Конюховское (Леонтьев и др., 2022) и болот у озёр Каменное и Среднее, Вензин Мох и на морской террасе (Репкина и др., 2017) побережья губы Конюхова с интерпретацией их генезиса

На изучаемом участке *морская трансгрессия Тапес* датируется в интервале времени от ~9000–8800 до ~6200 кал л.н. В разрезе донных отложений Конюховского озера глинистый алеврит, начиная с глубины 5,7 м от поверхности озера, перекрывается опесчаненной глиной с бурыми органическими прослоями и бурой глинистой гиттией. Наблюдается увеличение значений ППП для образцов из этих горизонтов (рис. 3).

После ~7500–7400 кал л.н. (рис. 3, 7) происходит смена донных отложений в

оз. Конюховском: поверх глинистой гиттии формируется слоистая гиттия, что указывает на постепенную изоляцию озера от морского бассейна и смену морских условий седиментации пресноводными. Об установлении переходных, нестабильных обстановок свидетельствует доминирование в составе диатомовых комплексов мелкоклеточных диатомей семейства *Fragilariaceae*. Содержание органического вещества (ППП₅₅₀) в слоистой гиттии достигают 50%, тогда как в глинистом алеврите ОВ не превышает 2–6%, что указывает на повышение роли органического вещества в осадконакоплении в условиях небольшого изолированного водоема.

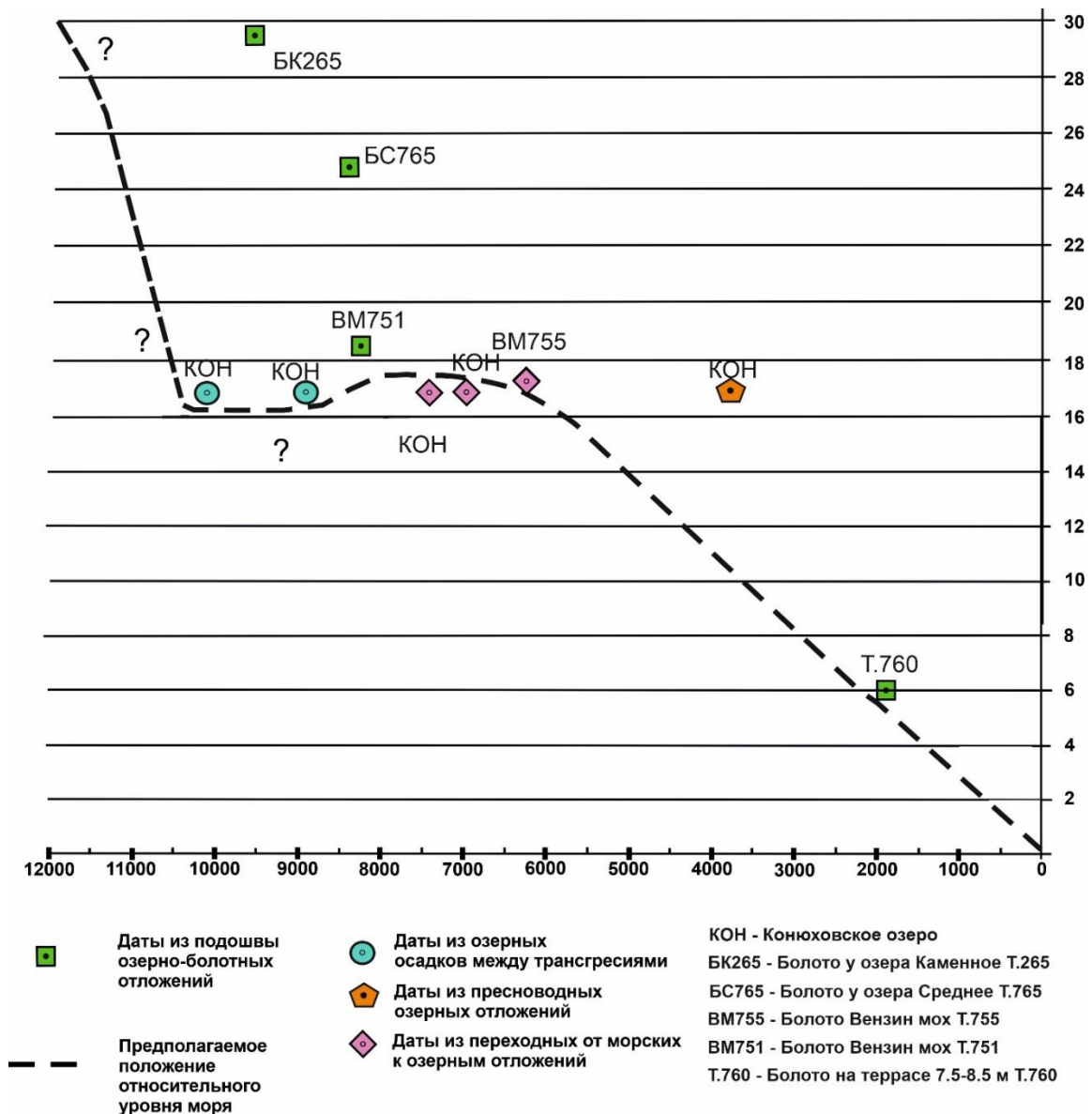


Рисунок 8. Перемещение относительного уровня моря в губе Конюхова. Горизонтальная ось — календарных лет, вертикальная — отметки абсолютных высот, м

Начало формирования озерных отложений — гиттии (~6900–6800 кал л.н.) маркирует *завершение изоляции* оз. Конюховского. В это время уровень Белого моря

опустился ниже порога стока (около 17 м), о чем свидетельствует увеличение доли пресноводных диатомей в составе диатомовых комплексов (рис. 3). Ранее установлено (Репкина и др., 2020), что северная котловина палеозалива Вензин Мох с порогом стока около 17,5 м (скважина 755 на рис. 7) ~6300–6200 кал л.н. находилась на стадии отчленения от моря. Диатомовые комплексы из осадков, подстилающих датированный горизонт, характерны для обмелевшего морского залива с низкой соленостью. Различия в оценке возраста изоляции водоемов могут быть связаны с возможной погрешностью в определении высоты порога стока болота.

Дальнейшее понижение относительного уровня Белого моря происходило более плавно: в период с ~6300–6200 (скважина 755 на рис. 7, 8) до ~2100 кал л.н. (скважина 760 на рис. 7, 8) ОУМ понизился с ~17,5 м до ~6 м.

Большой Соловецкий остров. Ход регрессии раннего голоцена (спуск предположительно крупного приледникового водоёма) и изменения уровня во время последующей морской трансгрессии Тапес на побережье Бол. Соловецкого острова были реконструированы ранее (Субетто и др., 2012). Установлены регрессивные контакты Тапес в озерах, расположенных на более низких гипсометрических уровнях: Святое (8 м н.у.м.) – изоляция около 2800 кал л.н., Исаковское (3 м н.у.м.) – изоляция около 1500 кал л.н. В оз. Бол. Зеленое (33,7 м н.у.м.) в основании отобранной колонки донных отложений выделены осадки, которые формировались в условиях прогляциального (приледникового) озера (Ludikova et al., 2023). Эти данные использованы нами для построения уточненной кривой изменения относительного уровня Белого моря в голоцене (рис. 9).

Принимая во внимание строение переходных зон в донных отложениях в озерах Рыбка (24 м) и Надбанное (21 м) (рис. 5, 10), датированных началом голоцена и представляющих собой относительно мощный слоистый горизонт, очень напоминающий по морфологии переходную зону регрессии Тапес – фация IV по (Колька и др., 2013), нам представляется, что именно они являются более вероятным маркером регрессии крупного водоема в раннем голоцене.

На графике перемещения ОУМ для побережья Бол. Соловецкого о-ва (рис. 9) наиболее вероятной представляется регрессия крупного водоема на уровне 24–25 м от ~11000 до ~10200 кал л.н., поскольку в осадках оз. Рыбка вскрыта классическая переходная зона и датирован литологический горизонт завершения изоляции ~10200 кал л.н. В отложениях оз. Моренное (25,7 м н.у.м.), в основании керна донных отложений вскрыты пески, перекрытые торфом (10400 кал л.н.), что обычно нехарактерно для крупного глубоководного водоема (рис. 5).

Начало органонакопления (торфяник, подстилаемый песками) зафиксировано на террасовых уровнях – Ребалда (15,6 м н.у.м.) ~3500 кал л.н., Средняя терраса (10,5 м н.у.м.) ~3900 кал л.н., Низкая терраса (1,8 м н.у.м.) ~900 кал л.н. (рис. 6). Эти данные можно использовать в качестве маркера начала субэрального осадконакопления, что в целом согласуется с выводами, установленными ранее.

В оз. Варваринское (8 м н.у.м.) гиттия, перекрывающая глинистый алевроит, датирована ~2800 кал л.н., что маркирует изоляцию этого водоема в ходе регрессии позднего голоцена (рис. 5). Оз. Варваринское является аналогом оз. Святое (8 м н.у.м., изоляция ~2800 кал л.н.).

Таким образом, полученные нами новые данные существенно уточняют

реконструкцию перемещения ОУМ на побережье Бол. Соловецкого о-ва.

- ▲▲ Новые объекты острова Б. Соловецкий
- Объекты острова Б. Соловецкий, 2012, 2023 г.

- предполагаемый ход регрессии раннего голоцена
- × по литологическим данным без слоистой переходной зоны

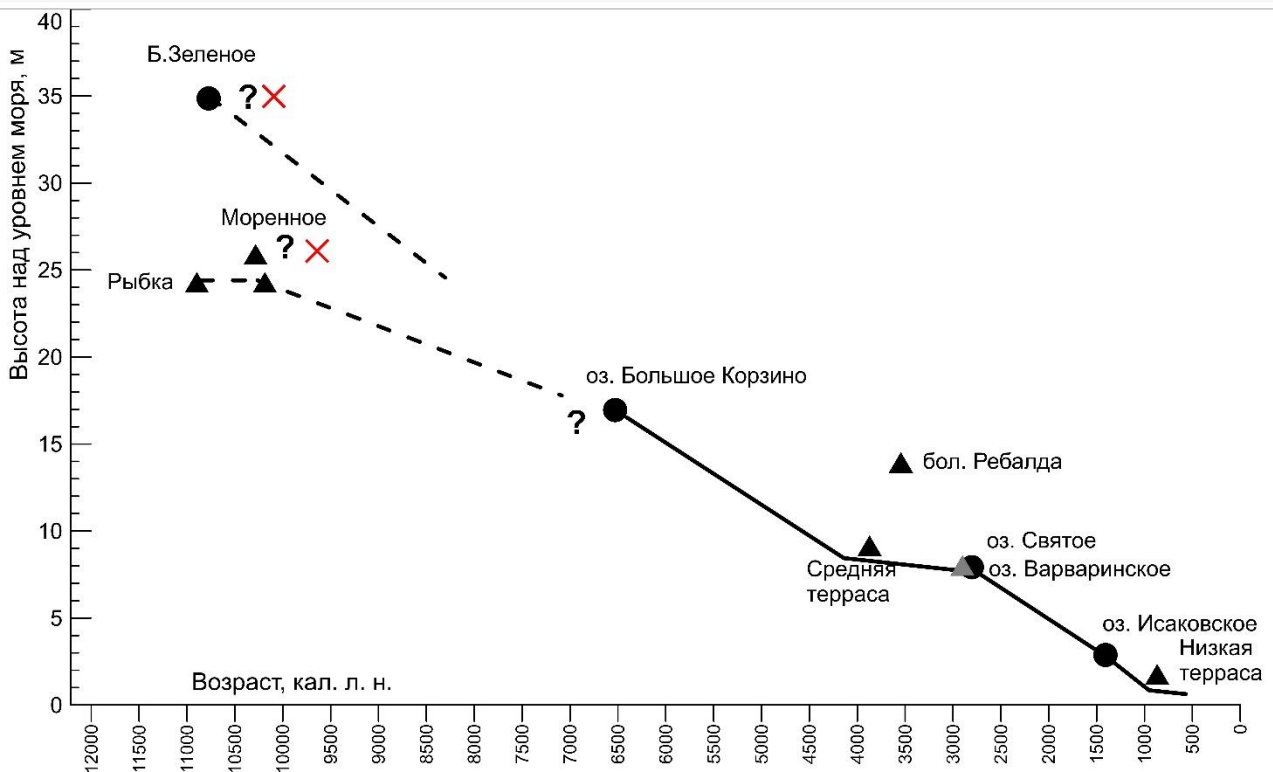


Рисунок 9. Перемещение относительного уровня моря на побережье Бол. Соловецкого о-ва. Горизонтальная ось – календарных лет назад, вертикальная – отметки абсолютных высот порогов стока озер, м. Составлено автором по (Субетто и др., 2012; Ludikova et al., 2023; Кублицкий и др., 2024) и по новым данным

Анзерский остров. В донных отложениях озер выделены седиментационные пачки, сопоставимые с фациями донных отложений, систематизированных в (Колька и др., 2013). Помимо литологического состава данная интерпретация подтверждается результатами радиоуглеродного анализа. Завершение формирования слоистых переходных зон (фация IV) датировано: ~10500–10200 кал л.н. 21 м; ~4800–4400 кал л.н. на 14 м; ~5600–5000 кал л.н. на 11 м; ~2200–1700 кал л.н. на 3 м н.у.м. (рис. 10). Учитывая возраст завершения переходных условий в оз. Надбанном ~10500-10200 кал л.н., подстилающие переходный горизонт глины накопились в крупном приледниковом водоёме, а изоляция датируется ранним голоценом. Завершение изоляции Банного, Голгофского и Капорского озер маркирует среднеголоценовую регрессию Тапес.

Таким образом, перемещение ОУМ (рис. 12 – объекты острова Анзер) между порогами стока озер Надбанного и Банного показывает общее направление **раннеголоценовой регрессии**, начиная с изоляции оз. Надбанного от ~11200–10600 до ~10500–10200 кал л.н. на высоте 21 м н.у.м. Минимальный уровень раннеголоценовой регрессии и время начала морской трансгрессии Тапес не установлены. Можно утверждать, что уровень максимума трансгрессии не достигал 21 м, поскольку позднее ~10500–10200 кал л.н. осадки оз. Надбанного представлены

исключительно однородной органогенной гиттией (фация V). На графике положение ОУМ (рис. 12) между Банным, Голгофским и Капорским озерами показывает ход *завершения трансгрессии Tanes*. Завершение переходных условий в оз. Голгофском (11 м н.у.м.) датировано ранее, чем изоляция Банного озера (14 м н.у.м.).

Унская губа. Регрессия раннего голоцена зафиксирована в колонках ММ и МТ2 (рис. 11). В нижнем горизонте ММ (11 м н.у.м.) отсутствуют диатомеи. Структура разреза предполагает полное осушение и изоляцию бассейна после накопления песка и последующего заполнения пресной водой. Отсортированные, слабосуглинистые, среднезернистые пески накапливались в относительно активных гидродинамических условиях ранее 10600–10200 кал л.н., когда проливы соединяли оз. Мал. Мураканское с оз. Мураканское (Репкина и др., 2019). Таким образом, ОУМ во время раннеголоценовой регрессии опустился ниже отметки 11 м не позднее 10600–10200 тыс. кал л.н. (рис. 11, 12). Признаки регрессии раннего голоцена были также обнаружены в керне донных отложений МТ2: на глинистых алевритах позднеледниковой трансгрессии начал накапливаться торф возрастом 9400–9100 кал л.н., что указывает на осушение восточной части оз. Мураканское до этого времени. Таким образом, средний уровень моря опустился ниже порога стока бассейна (7 м н.у.м.).

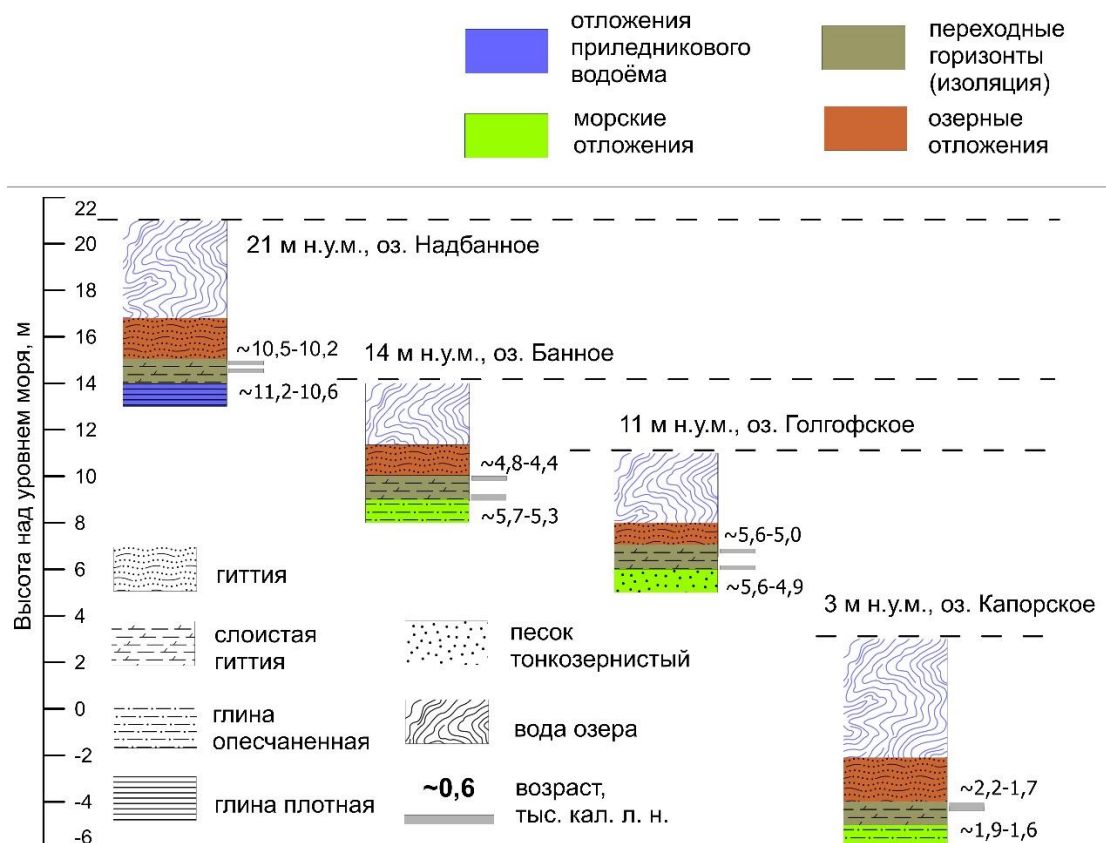


Рисунок 10. Гипсометрическое положение, возраст и стратиграфия донных отложений озер побережья Анзерского острова с интерпретацией их генезиса.

Составлено автором по материалам экспедиционных работ и по (Кузнецов и др., 2022).

В районе Унской губы время начала *среднеголоценовой морской трансгрессии (Tanes)* и ее максимальный уровень были установлены в результате изучения разреза донных отложений оз. Мураканское (7 м н.у.м., керны МТ2, МТ3, МТ1) и

установления высот береговых валов. После 8500–8400 кал л.н. в оз. Мураканское на слое торфа (589–525 см, МТ2) сформировался горизонт алевроита (526–509 см), в котором доминируют морские и солоноватоводные виды диатомей. Нижняя часть керна МТ3 (691–734 см, серо-оливковый алевроит), сформировавшаяся ранее 7400–7000 тыс. кал л.н., также имеет признаки морского происхождения – диатомовый комплекс представлен мелководными морскими видами. Нижняя часть керна МТ1 (426–450 см, серый алевроит) накапливалась ранее 6400–6000 кал л.н. также в прибрежно-морских условиях.

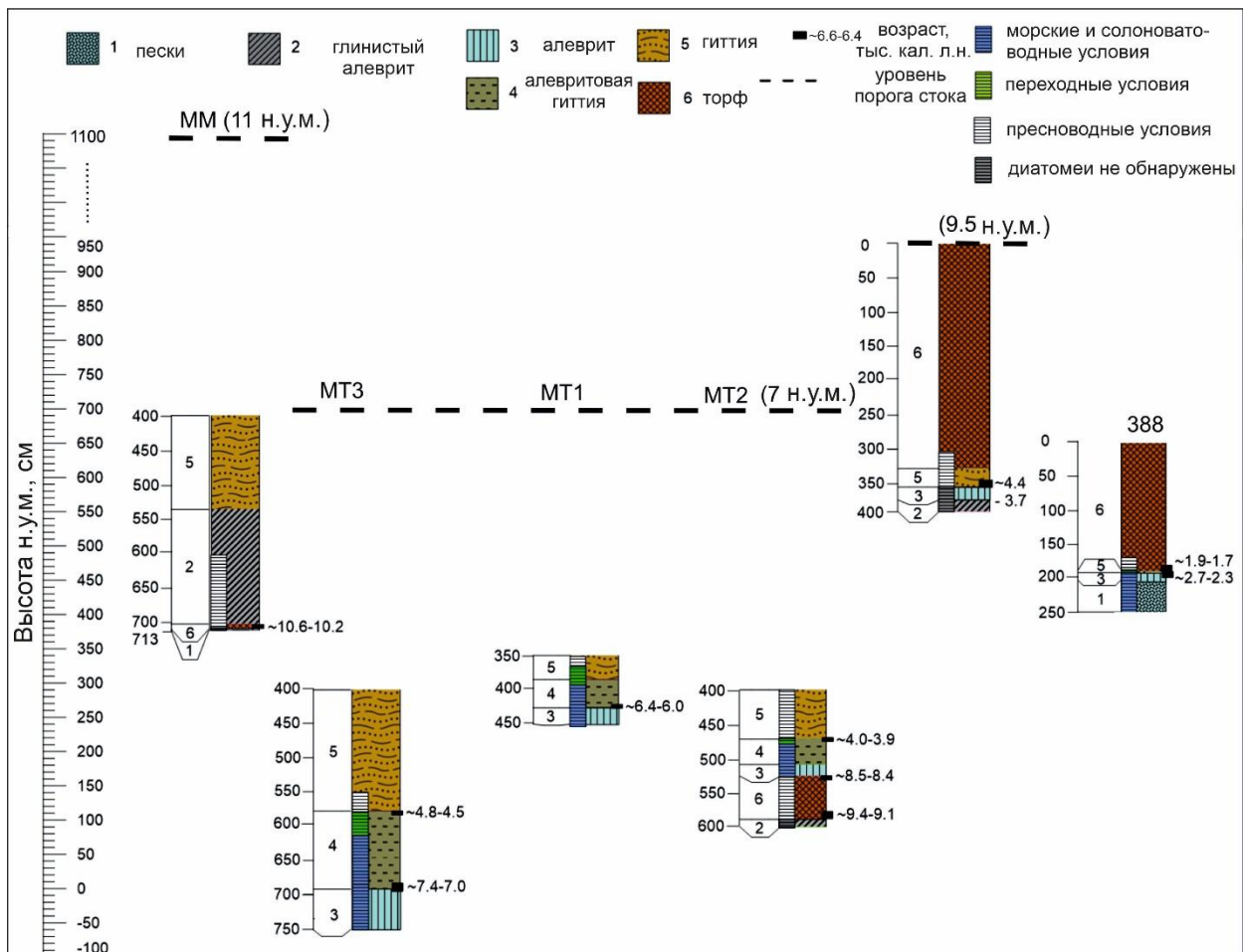


Рис. 11. Литостратиграфия, хронология и палеоэкологическая интерпретация изученных разрезов с указанием фаций (по Kublitskiy et al., 2023). Масштаб слева от литостратиграфической колонки показывает глубину от поверхности воды (для колонок ММ, МТ1, МТ2, МТ3) и глубину от поверхности торфа (для колонок 9,5 и 388) в сантиметрах.

В начале трансгрессии Тапес между 8400 и 7400 кал л.н. произошел быстрый подъем относительного уровня Белого моря, средний уровень в рассматриваемое время не превышал 9,5 м. Около 7400 кал л.н. ОУМ снизился примерно до 8–8,5 м н.у.м. и оставался на этой высоте до ~6400–6000 тыс. кал л.н.

Позже 6400–6000 кал л.н. ОУМ начал постепенно снижаться (рис. 11, 12). Его падение зафиксировано в кернах донных отложений оз. Мураканское (МТ3, МТ2, МТ1 и Zh1). Изменения в литологическом составе донных отложений и смена в составе диатомовых комплексов (морские и солоноватоводные на пресноводные) в связи с переходом условий осадконакопления от морских (лагунных) к пресноводным

(изолированный бассейн) датируются 4800–4500 кал л.н. (керн МТ3) и 4000–3900 кал л.н. (МТ2).

Дальнейшее снижение ОУМ было зафиксировано в керне донных отложений 388 (палеопроток, бол. Горбоватый Мох). Изменения литологического состава от оливково-серой гиттии к торфу и диатомового комплекса от литорального к пресноводному произошли на высоте 4,5 м, около 2700–2300 кал л.н. К 1900–1700 кал л.н. установились пресноводные условия, на что указывают диатомовые ассоциации. После этого ОУМ снизился до современного положения.

Сравнительный анализ положения относительного уровня моря в разных районах побережья Белого моря. Изучение четырех ключевых участков побережья – Бол. Соловецкого о-ва, о-ва Анзерский, Губы Конюхова и Унской губы, позволило установить существенные пространственные различия в динамике береговой линии и уровня моря на протяжении голоцена (рис. 12, 13).

Данные о трансгрессивно-регрессивных событиях систематизированы в таблице 2. Группировка пространственно-временных маркеров проведена по трем событиям, фиксируемым в голоценовой динамике ОУМ. Раннеголоценовая регрессия зафиксирована завершением изоляции озер побережья от крупного приледникового водоёма около 10200 кал л.н. Маркеры трансгрессии Тапес в основном представлены изоляцией озер от морского бассейна, а также началом накопления торфа (субаэральные условия). При этом только в губе Конюхова однозначно установлены время и уровень моря в начале трансгрессии (поступление соленых вод в котловину озера) позже 9000–8800 кал л.н. В Унской губе установлено время начало трансгрессии позднее 8500–8400 кал л.н. На Соловецких о-вах начало трансгрессии Тапес не установлено. Средне- и позднеголоценовая регрессия зафиксирована изоляцией озер от морского бассейна и началом накопления торфа.

Раннеголоценовая регрессия Белого моря – это первый значительный этап понижения относительного уровня моря после максимума позднеледниковой трансгрессии. Результаты исследования демонстрируют дифференциацию амплитуд процесса на ограниченной территории побережья (рис. 13). На о. Бол. Соловецкий начало раннеголоценовой регрессии на абсолютной отметке 24–25 м маркируется изоляцией озерных водоемов от крупного водного бассейна и датируется около 11000–10200 кал л.н. На о. Анзерский завершение изоляции водоемов произошло на отметке 21 м около 10200 кал л.н. Таким образом, разница современных высот береговых линий в 3–4 м даже на соседних островах указывает на локальные тектонические различия в поднятиях земной коры. На побережье Онежского п-ва в Губе Конюхова уровень крупного водоема опустился ниже отметки 17 м не позднее 10200 кал л.н., в Унской губе не превышал отметку 11 м около 10600–10200 кал л.н. Эти данные свидетельствуют о снижении относительного уровня Белого моря на разных участках побережья с различными скоростями, что может быть объяснено разной интенсивностью гляциоизостатических поднятий от северо-западного побережья Соловецкого архипелага в сторону Онежского п-ва.

Среднеголоценовая трансгрессия (Тапес) охватывала временной интервал приблизительно от 9000–8800 до 6200 кал л.н. и являлась второй крупной фазой переформирования морского побережья. В отличие от раннеголоценовой регрессии, амплитуды трансгрессии на исследуемых участках демонстрируют более близкие

значения, хотя и сохраняют заметную пространственную дифференциацию.

На о. Бол. Соловецком максимум трансгрессии не превышал отметку 24 м над уровнем моря, на соседнем о. Анзер — не выше 21 м над у. м. Однако время начала трансгрессии на этих участках Соловецкого архипелага не установлено с достаточной точностью, что затрудняет оценку скоростей выдвигения береговой линии. В оз. Конюховском подъем уровня моря фиксируется на отметках 17–18,5 м н.у.м. в интервале 9000–8800 кал л.н., отмечая начало трансгрессии в северо-западной части Онежского п-ва.

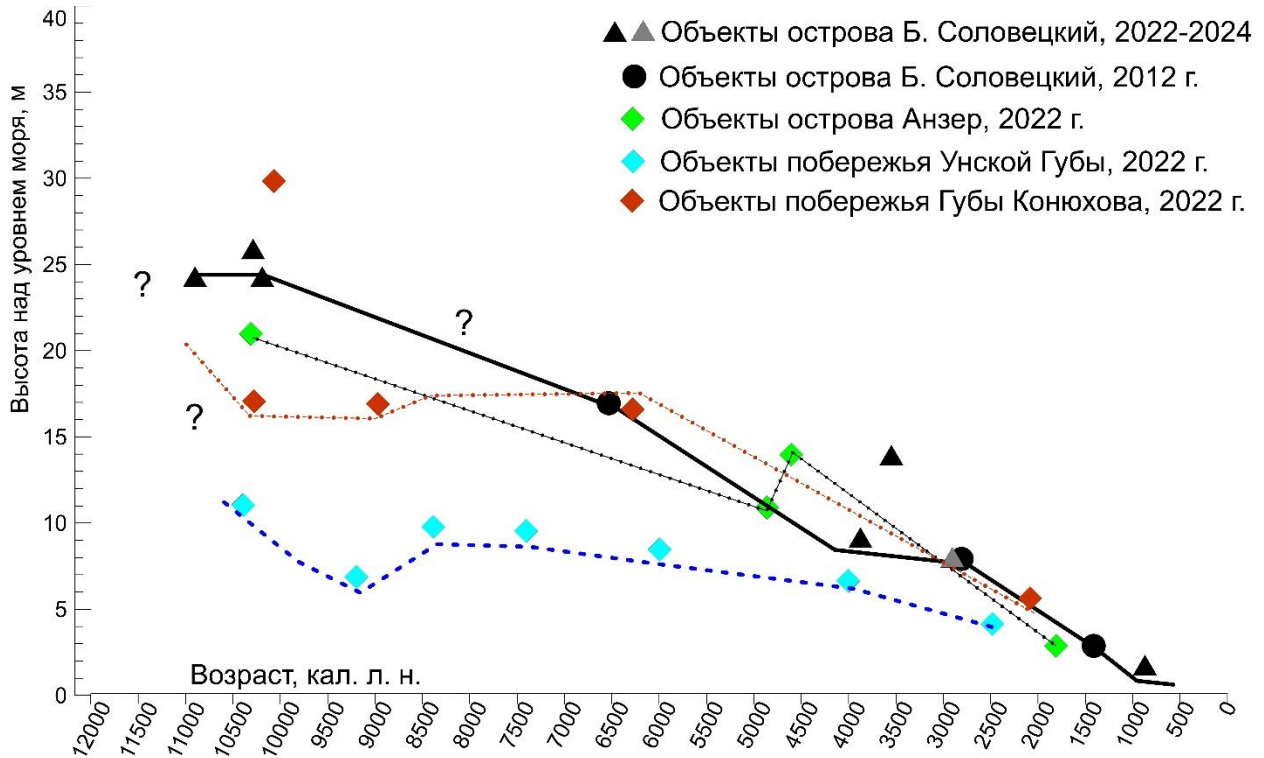


Рисунок 12. Изменения ОУМ на ключевых участках

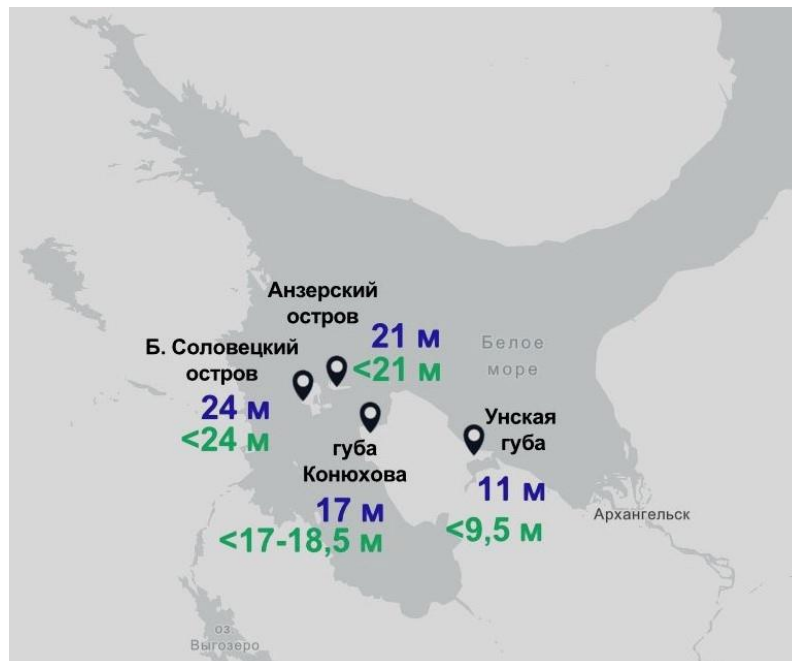


Рисунок 13. Современные высоты уровней крупных водоемов во время раннеголоценовой регрессии (синий цвет) и трансгрессии Тапес (зелёный цвет).

Динамика ОУМ на ключевых участках (составлена автором)

№	Событие	Возраст, кал л.н.	Уровень изолированных озер, м	Ключевой участок
1	Ранне-голоценовая регрессия	11000–10200	24	о. Б. Соловецкий, оз. Рыбка (изоляция)
2		11200–10200	21	о. Анзер, оз. Надбанное (изоляция)
3		ранее 10200	17	Губа Конюхова, оз. Конюховское (изоляция)
4		ранее 10600–10200	11	Унская губа, оз. М. Мураканское (начало торфонакопления)
5		ранее 9400–9100	7	Унская губа, оз. Мураканское МТ2 (начало торфонакопления)
6	Трансгрессия Тапес	6600–6500	17	о. Б. Соловецкий, оз. Большое Корзино (изоляция)
7		9000–8800	17	Губа Конюхова, оз. Конюховское (нач. трансгрессии)
8		7400–6900	17	Губа Конюхова, оз. Конюховское (изоляция)
9		6300–6200	17,5	Губа Конюхова, бол. Вензин Мох (изоляция)
10		позднее 8400	не выше 9,5	Унская губа, оз. Мураканское МТ2 (нач. трансгрессии)
11		7400–6000	8,5–8	Унская губа, оз. Мураканское (изоляция)
12		Средне- и поздне-голоценовая регрессия	5500–4600	14
13	4900–5600		11	о. Анзер, оз. Голгофское (изоляция)
14	2200–1600		3	о. Анзер, оз. Капорское (изоляция)
15	3900		10,5	о. Б. Соловецкий, торфяник Средняя терраса (начало торфонакопления)
16	2800		8	о. Б. Соловецкий, оз. Варваринское (изоляция)
17	1500		3	о. Б. Соловецкий, оз. Исаковское (изоляция)
18	900		1,8	о. Б. Соловецкий, торфяник Низкая терраса (начало торфонакопления)
19	2100		6	Губа Конюхова, торфяник Т.760 (начало торфонакопления)
20	6000–3900		8-7	Унская губа, оз. Мураканское (изоляция)
21	2700–2300		4,5	Унская губа, торф. Горбоватый Мох (изоляция)

Наиболее существенные отличия обнаруживаются в Унской губе, где максимум среднеголоценовой трансгрессии не превышал отметку 9,5 м над уровнем моря. Разница между возможным максимумом трансгрессии на Соловецком архипелаге (21–24 м) и в Унской губе (9,5 м) составляет более 10 метров, что подтверждает наличие четко выраженного градиента послеледниковых вертикальных движений.

Данные по оз. Конюховское позволили детально реконструировать процесс изоляции водоема. Смена в строении донных отложений около 7500–7400 кал л.н. — переход от глинистой к слоистой гиттии, свидетельствует о начале постепенной изоляции озера от морского бассейна. Окончательное обособление оз. Конюховского произошло ранее 6900–6800 кал л.н., когда уровень моря опустился ниже порога стока около 17 м. Изоляция озера от моря подтверждена сменой состава диатомовых комплексов в разрезе донных отложений.

После максимума среднеголоценовой трансгрессии начался длительный период понижения ОУМ, продолжавшийся вплоть до современности. На основе полученных радиоуглеродных дат и палеолимнологических данных можно оценить скорость этого процесса. В Губе Конюхова относительный уровень моря понизился с ~17,5 м в период 6300–6200 кал л.н. до ~6 м к 2100 кал л.н. Это позволяет оценить среднюю скорость регрессии в 0,28 см/год. Дальнейшее понижение до современного уровня проходило с близкой скоростью.

Снижение интенсивности тектонических и гляциоизостатических движений в юго-восточном направлении наблюдается и в других районах побережья Белого моря и отражается в установленных значениях ОУМ. В проливе Горло Белого моря относительный уровень позднеледниковой трансгрессии не превышал 15 м над у. м., максимум трансгрессии Тапес – около 5 м над у. м (Репкина и др., 2023).

На юго-западном побережье Онежского п-ва регрессия раннего голоцена ниже отметки 11,6 м н.у.м. имела место около 11100 кал л.н., трансгрессия Тапес – около 9–9,5 м н.у.м. (Lidikova et al., 2025).

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационного исследования.

1. Физико-географические условия района исследования как части Беломорского региона обуславливают сложный характер эволюции побережья Белого моря в голоцене. Положение котловины Белого моря на контакте Балтийского кристаллического щита и Русской плиты, различная интенсивность гляциоизостатических движений, эвстатические колебания крупных приледниковых водоемов и Белого моря формируют крайне пеструю картину изменения ОУМ.

2. В губе Конюхова во время регрессии раннего голоцена относительный уровень моря стал ниже порога стока озера Конюховского (17 м) не позднее ~10200 кал л.н. Трансгрессия Тапес с подъемом уровня не ниже 17, но не выше 18,5 м н.у.м. проходила в интервале времени от ~9000–8800 до ~6200 кал л.н. В ходе последующей регрессии относительный уровень моря достиг ~6 м не позже ~2100 кал л. н.

3. На Бол. Соловецком о-ве регрессия крупного водоема в раннем голоцене наиболее вероятно фиксируется на уровне 24–25 м от ~11000 до ~10200 кал л.н. Минимальный уровень регрессии раннеголоценового водоема, а также время начала и максимальный уровень трансгрессии Тапес, не установлены. Маркеры регрессии среднего голоцена отмечаются на 17 м н.у.м. около 6500 кал л.н.; 8 м н.у.м. около 2800 кал л.н.; 3 м н.у.м. около 1500 кал л.н. Субаэральные условия зафиксированы на террасовых уровнях в торфяниках – Ребалда 15,6 м н.у.м. ~3500 кал л.н., Средняя терраса 10,5 м н.у.м. ~3900 кал л.н., Низкая терраса 1,8 м н.у.м. ~900 кал л.н.

4. На о. Анзерском раннеголоценовая регрессия фиксируется на высоте 21 м н.у.м. от ~11200–10600 до ~10500–10200 кал л.н. Минимальный уровень раннеголоценовой регрессии и время начала трансгрессии Тапес не установлены. Уровень трансгрессивного водоёма не достигал 21. Завершение трансгрессии и последующее понижение уровня фиксируется на 14 м ~4800–4400 кал л.н.; 11 м ~5600–5000 кал л.н.; 3 м н.у.м. ~2200–1700 кал л.н.

5. В Унской губе время начала позднеледниковой трансгрессии и ее максимальный уровень однозначно не установлены. Регрессия раннего голоцена

была не выше 11 м до 10600–10200 кал л.н. и не выше 7 м до 9400–9100 кал л.н. Трансгрессия среднего голоцена началась около 8400 кал л.н. и достигла своего максимума (не выше 9,5 м) в интервале 8400–7400 кал л.н. Уровень моря стабилизировался на отметке около 8,5–8 м в течение 7400–6000 кал л.н. и до 4000 кал л.н. – очень медленно снижался. Падение началось около 4000 кал. л.н., и к 2700–2300 кал л.н. уровень моря снизился с 7 до 4,5 м.

6. Развитие исследованных участков побережья Белого моря происходило в несколько этапов. Раннеголоценовая регрессия фиксируется в диапазоне 10900–10200 кал л.н. и принята за точку отсчета. Среднеголоценовая трансгрессия установлена в интервале от 9000–8800 до 6000 кал л.н. Регрессия конца среднего – начала позднего голоцена датируется от 6000 до 2000 кал л.н.

Локальные особенности динамики береговой линии на островах Большой Соловецкий и Анзер, в губах Конюхова и Унской на Онежском п-ве заключаются в следующем: (1) относительные уровни раннеголоценовой регрессии отмечаются на современных высотах 24; 21; 17 и 11 м соответственно; (2) относительный уровень среднеголоценовой трансгрессии фиксируется на абсолютных отметках не выше 24–21 и до 17 м на Соловецких островах и в губе Конюхова; не выше 9,5 в Унской губе; (3) снижение относительного уровня Белого моря во время регрессии конца среднего – начала позднего голоцена установлено в диапазоне от 14 до 6 м на Соловецких о-вах и в губе Конюхова, и от 8 до 4,5 м в Унской губе Онежского п-ва.

Разность современного высотного положения береговых линий раннего голоцена на Соловецких о-вах и на юге Онежского п-ва (Унская губа) составляет 13 м, снижается до 11 м для среднеголоценовых и достигает 6–1,5 м для береговых линий, сформировавшихся в конце среднего голоцена, что обусловлено снижением интенсивности тектонических и гляциоизостатических движений в юго-восточном направлении.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

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

1. Леонтьев, П. А. Реконструкция относительного перемещения уровня моря в голоцене на Северо-Западе Онежского полуострова (губа Конюхова, Белое море) на основе палеолимнологических исследований / П. А. Леонтьев, Д. А. Субетто, Т. Ю. Репкина и др. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Том 86, № 6. – С. 933-945. DOI: 10.31857/S2587556622060097. (0,8 п.л /0,7 п.л.) (Scopus; RSCI, Q3)

2. Леонтьев, П. А. Хроно- и литостратиграфия озерных отложений острова Анзер (Соловецкие острова) в контексте послеледниковой истории Белого моря / Д. Д. Кузнецов, А. В. Лудикова, Д. А. Субетто, П. А. Леонтьев и др. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Том 86, № 6. – С. 914-932. DOI: 10.31857/S2587556622060085. (1,2 п.л /0,4 п.л.) (Scopus; RSCI, Q3)

3. Леонтьев, П. А. Изменение относительного уровня Белого моря в позднеледниковье – раннем голоцене (восточный берег пролива Горло, озеро Средняя Треть) / Т. Ю. Репкина, Ю. А. Кублицкий, П. А. Леонтьев и др. // Геоморфология и палеогеография. – 2023. – Том 54, № 4. – С. 105-130. DOI: 10.31857/S2949178923040084. (1,6 п.л /0,4 п.л.) (Scopus; RSCI, Q3)

4. Леонтьев, П. А. Стратиграфия озёрных отложений Онежского полуострова, Белое море / П. А. Леонтьев, И. М. Греков, Д. А. Субетто и др. // Общество. Среда. Развитие. – 2016. – № 3 (40). – С. 125-130. (0,3 п.л /0,2 п.л.)

5. Леонтьев, П. А. Резкие/катастрофические природно-климатические изменения и явления на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена на Северо-Западе России / Д. А. Субетто, П. А. Леонтьев, Л. С. Сырых и др. // Общество. Среда. Развитие. – 2016. – № 2 (39). – С. 87-96. (0,6 п.л /0,2 п.л.)

6. Leontiev, P. A. The Solovetskiy Islands (White Sea): Interweaving of Geomorphology and Recent History / D. A. Subetto, V. M. Firsenkova, P. A. Leontiev [et al.] // Doklady Earth Sciences. – 2024. – Vol. 519, No. S1. – P. S67-S74. DOI 10.1134/S1028334X24604747. (0,5 п.л /0,2 п.л.) (Scopus, WOS)

7. Leontiev, P. A. Solovetsky Archipelago in the Late Pleistocene-Holocene: Correlation of Marine and Land Research Data / A. E. Rybalko, T. Yu. Repkina, O. P. Korsakova, A. A. Vashkov, N. E. Zaretskaya, M. Yu. Tokarev, D. A. Subetto, M. I. Aleshin, P. Yu. Belyaev, O. V. Dron, S. R. Kotov, A. K. Krekhov, Yu. A. Kublitskiy, A. A. Kudinov, P. A. Leontiev, A. V. Orlov, L. A. Savelieva // Doklady Earth Sciences. – 2025. – Vol. 525, No. 2. – P. 1-8. DOI 10.1134/S1028334X25608727. (0,5 п.л /0,1 п.л.) (Scopus, WOS)

8. Leontev, P. A. Relative Sea-level Changes in the Southern Part of the Onega Bay of the White Sea in the Late Glacial and the Holocene / A. V. Ludikova, D. A. Subetto, D. D. Kuznetsov, P. A. Leontev // Doklady Earth Sciences. – 2025. – Vol. 522, No. 2. – P. 1-9. DOI 10.1134/S1028334X25605814. (0,6 п.л /0,2 п.л.) (Scopus, WOS)

9. Leontiev, P. Reconstruction of Relative Sea-Level Changes Based on a Multiproxy Study of isolated basins on the Onega Peninsula (White Sea, Northwestern Russia) / Y. Kublitskiy, T. Repkina, P. Leontiev [et al.] // Quaternary International. – 2023. – Volumes 644-645. – P. 79-95. DOI: 10.1016/j.quaint.2022.04.016. (1,1 п.л /0,3 п.л.) (SJR 2022 0.86; Q1; Scopus; WOS)

10. Leontiev, P. From the sea strait to the meromictic lake: Evolution and ecosystem of a water body at the Fiard Coast (Lake Kislo-Sladkoe at the Karelian Coast of the Kandalaksha Bay, the White Sea, Russia) / T. Repkina, O. Shilova, E. Krasnova, A. Entin, V. Grigoriev, E. Vakhrameyeva, G. Losyuk, Y. Kublitskiy, P. Leontiev, N. Lugovoy, D. Voronov, N. Frolova // Quaternary International. – 2023. – Volumes 644-645. – P. 96-119. DOI: 10.1016/j.quaint.2022.05.015. (0,3 п.л /0,1 п.л.) (SJR 2022 0.86; Q1; Scopus; WOS)

Базы данных

11. Леонтьев, П. А. Изменения уровней крупных водных объектов периферии фенноскандинавского щита в позднем плейстоцене и голоцене "Paleobasins"/ Ю.А. Кублицкий, И.М. Греков, Д.А. Субетто, А.Е. Шаталова, А.В. Орлов, А.В. Баранская, П.А. Леонтьев, Т.Ю. Репкина // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2022623647, 23.12.2022. Заявка № 2022623627 от 12.12.2022.

Иные публикации по теме исследования

12. Leontiev, P. A. Reconstruction of the relative sea-level (RSL) of the Gulf of Dvina (White Sea) based on the study of lake sediments on the Onega Peninsula / Y. A. Kublitskiy, T. Y. Repkina, P. A. Leontiev [et al.] // Limnology and Freshwater Biology. 2020. № 4. С. 451-452. (0,1 п.л /0,03 п.л.)

13. Leontev, P. A. From the strait to the meromictic lake: water bodies of fjard and skerry coasts, their relief, hydrological features, and ecological communities (on the example of Lake Kislo-Sladkoe, Karelian Coast of the White Sea, Russia) / T. Yu. Repkina, E. D. Krasnova, P. A. Leontev [et al.] // Limnology and Freshwater Biology. – 2020. – No. 4. – P. 495-497. DOI 10.31951/2658-3518-2020-A-4-495. (0,2 п.л /0,05 п.л.)

14. Leontev, P. A. From the lagoon to the meromictic lake: a case study of lake-bottom sediments of Lake Kislo-Sladkoe (the Karelian Coast of White Sea, Russia) / O. S. Shilova, P. A. Leontev, E. A. Vakhrameeva [et al.] // Limnology and Freshwater Biology. – 2020. – No. 4. – P. 490-491. DOI 10.31951/2658-3518-2020-A-4-490. (0,1 п.л /0,03 п.л.)

15. Leontev, P. A. The relative sea level changes and aeolian processes on the eastern coast of the White Sea (Gorlo Strait) during the Late Glacial and Holocene (based on studies of Lake Srednyaya Tret') / T. Yu. Repkina, Y. A. Kublitskiy, P. A. Leontev [et al.] // Limnology and Freshwater Biology. – 2022. – No. 4. – P. 1544-1546. DOI 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1544. (0,2 п.л /0,05 п.л.)

16. Leontiev, P. A. The Study of Holocene aeolian morpholithogenesis of the eastern coast of the White Sea using georadiolocation and palaeolimnological methods / T. Yu. Repkina, P. A. Leontiev, Yu. A. Kublitskiy [et al.] // Limnology and Freshwater Biology. – 2022. – No. 4. – P. 1541-1543. DOI

10.31951/2658-3518-2022-A-4-1541. (0,2 п.л /0,04 п.л.)

17. Leontev, P. A. Lake sediments of the Kindo Peninsula and its surroundings (Karelian Coast of the White Sea) - Holocene stratigraphy and dynamics of organic accumulation / D. D. Kuznetsov, A. V. Ludikova, D. A. Subetto, Yu. A. Kublitskiy, P. A. Leontev, M. S. Potakhin // *Limnology and Freshwater Biology*. – 2022. – No. 4. – P. 1456-1458. DOI 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1456. (0,2 п.л /0,04 п.л.)

18. Leontiev, P. A. Bottom sediments of the Eastern part of the Onega Peninsula Lakes in the context of the White Sea relative level changes / Yu. A. Kublitskiy, T. Yu. Repkina, P. A. Leontiev [et al.] // *Limnology and Freshwater Biology*. – 2022. – No. 4. – P. 1450-1452. DOI 10.31951/2658-3518-2022-A-4-1450. (0,2 п.л /0,05 п.л.)

19. Леонтьев, П. А. Морфодинамика берегов северо-запада Онежского полуострова Белого моря в голоцене. Губа Конюхова / Т. Ю. Репкина, Н. Е. Зарецкая, Д. А. Субетто, М. С. Потахин, М. Ч. Кунгаа, А. В. Новикова, П. А. Леонтьев // *Труды Карельского научного центра Российской академии наук*. – 2018. – № 1. – С. 3-22. DOI: 10.17076/bg717. (1,1 п.л /0,3 п.л.)

20. Леонтьев, П. А. Палеолимологические исследования на Онежском полуострове Белого моря в 2014 году / П. А. Леонтьев, Д. Д. Кузнецов, Д. А. Субетто // *География: развитие науки и образования: Коллективная монография по материалам Международной научно-практической конференции LXVIII Герценовские чтения, посвященной 70-летию создания ЮНЕСКО, Санкт-Петербург, 22–25 апреля 2015 года*. – Санкт-Петербург: РГПУ им. А.И. Герцена, 2015. – С. 228-230. (0,2 п.л /0,1 п.л.)

21. Leontev, P. A. Paleolimnological investigations in the Onega peninsula, the White Sea / P. A. Leontev, D. A. Subetto, I. M. Grekov, D. D. Kuznetsov [et al.] // *Paleolimnology of Northern Eurasia. Experience, Methodology, Current Status: Proceedings of the International Conference, Yakutsk, 22–27 August 2016* / Eds.: S. Levina, R. Gorodnichev, I. Yadrikhinski, P. Davydova. – Yakutsk: North-Eastern Federal University, 2016. – P. 27–30. ISBN 978-5-7513-2290-8. (0,3 п.л /0,2 п.л.)

22. Leontev, P. A. Paleolimnology investigations of the Anzersky Island, the Solovetsky Archipelago, the White Sea / P. A. Leontev, D. A. Subetto, I. M. Grekov // *Paleolimnology of Northern Eurasia: experience, methodology, current status and young scientists school in microscopy skills in paleolimnology: proceedings of the 3rd International Conference, Kazan, 1–4 of October 2018* / Kazan Federal University. – Kazan, 2018. – P. 63–64. (0,2 п.л /0,1 п.л.)

Полный список публикаций доступен на сайте Научной электронной библиотеки: https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=618207