

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. А. И. ГЕРЦЕНА»

*На правах рукописи*

**ЛЕОНТЬЕВ Петр Александрович**

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

Специальность 1.6.14 Геоморфология и палеогеография

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Научный руководитель:  
доктор географических наук, доцент  
Субетто Дмитрий Александрович

Санкт-Петербург  
2026

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ КАК ОБЪЕКТ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	8
1.1. Состояние палеогеографической изученности Соловецких островов и Онежского полуострова.....	8
1.2. Физико-географическая характеристика района исследований.....	13
1.3. Материалы и методы исследований.....	27
ГЛАВА 2. СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ АРХИВЫ ИЗОЛИРОВАННЫХ ВОДОЕМОВ КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ ПОБЕРЕЖЬЯ.....	35
2.1 Губа Конюхова. Озеро Конюховское и озерно-болотные объекты побережья.....	35
2.2. Большой Соловецкий остров. Озера: Моренное, Рыбка, Варваринское и озерно-болотные объекты побережья.....	44
2.3. Анзерский остров. Озера Надбанное, Банное, Голгофское, Капорское...50	
2.4. Унская губа. Озера: Мураканское, Малое Мураканское, Жирковское. Болото Горбоватый Мох.....	57
ГЛАВА 3. РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ.....	68
3.1. Относительные уровни и возраст голоценовых регрессий и трансгрессий в губе Конюхова.....	69
3.2. Относительные уровни и возраст голоценовых регрессий и трансгрессий на Большом Соловецком острове.....	75
3.3. Относительные уровни и возраст голоценовых регрессий и трансгрессий на Анзерском острове.....	79
3.4. Относительные уровни и возраст голоценовых регрессий и трансгрессий в Унской губе.....	82
3.5. Сравнительный анализ положения относительного уровня моря в разных районах побережья Белого моря.....	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	101

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Проблема изменения относительного уровня Белого моря в голоцене остается актуальной несмотря на многочисленные исследования, которые проводятся, начиная с конца XIX в. (Миддендорф А.Ф., 1860; Иностранцев А.А., 1887; Ramsay W., 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). На Соловецких островах Н.А. Никишиным (Никишин, 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; Невесский, 1977; Соболев, 2008; Рыбалко и др., 2017).

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).

Стало очевидным, что динамика береговой зоны в области Балтийского щита и Русской плиты существенно отличается. Отсюда следует, что на данном этапе для решения проблемы изменения относительного уровня моря в голоцене необходимо проведение комплексных исследований на каждом отдельном участке побережья, реконструкция амплитуды и хронологии трансгрессивно-регрессивных фаз, выявление соотношения гляциоизостатических поднятий и эвстатических колебаний уровня Мирового океана, определивших изменения береговой линии для 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 24,0; 21,0; 17,0 и 11,0 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 14,0 до 6,0 м на Соловецких островах и в губе Конюхова, и от 8,0 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 6,0 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 ее 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 донные отложения 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 Международные конференции «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 2020–22 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 2013–24 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», РНФ 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 благодарность 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 (Петрозаводск), ИГ КНЦ РАН (Апатиты), ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН (Санкт-Петербург), ИГ РАН (Москва), МГУ им. М. В. Ломоносова, Кенозерского национального парка (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.

## **ГЛАВА 1. ПОБЕРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ КАК ОБЪЕКТ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Одной из ключевых проблем Беломорского региона является установление этапов развития морского бассейна в позднем неоплейстоцене и голоцене, а также изменений положения береговой линии в трансгрессивные и регрессивные фазы. Пока еще нет общей схемы изменения относительного уровня Белого моря в связи с различной степенью изученности отдельных участков его побережья. Восполнить этот пробел позволят палеогеографические исследования на Онежском полуострове и Соловецких островах.

### **1.1. Состояние палеогеографической изученности Соловецких островов и Онежского полуострова.**

Палеогеографические исследования побережья Белого моря проводятся с XIX в. (Миддендорф, 1860; Иностранцев, 1871, 1872; Ramsay, 1898). В работах М.А. Лавровой (Лаврова, 1931, 1960), Э. А. Кальберг (Кальберг, 1940) выявлены факторы и прослежены этапы послеледникового развития побережья Белого моря, в том числе Онежского полуострова. Были сделаны попытки реконструировать историю развития побережья в неоплейстоцене и голоцене (Никонов, 1977; Кошечкин и др., 1977; Кошечкин, 1979). Обширные материалы о строении четвертичных отложений котловины Белого моря и истории его развития в позднем неоплейстоцене и голоцене изложены в работах (Авилов, 1956; Невесский и др., 1977; Каплин, Селиванов, 1999; Соболев, 2008; Евзеров, 2010; Рыбалко и др., 2017, 2022).

В результате к настоящему времени были установлены основные этапы развития морского бассейна в Белом море в неоплейстоцене и голоцене, сложилось представление о позднеледниковой и голоценовых трансгрессиях, сменяющихся регрессиями. В последние десятилетия для побережья Белого моря получен массив радиоуглеродных дат, в том числе озёрно-болотных отложений

изолированных водоёмов, что позволило получить сведения о динамике береговой линии на отдельных 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). Было установлено, что динамика береговой линии в области Балтийского щита существенно отличается от динамики береговой линии в области Русской плиты. Остаются актуальными вопросы реконструкции амплитуды и хронологии трансгрессивно-регрессивных фаз; соотношения гляциоизостатического и эвстатического факторов, определивших изменения береговой линии; создания общей схемы изменения относительного уровня Белого моря в голоцене. С этой целью продолжились более детальные исследования побережья отдельных районов Онежского полуострова и Соловецких островов.

Изучение Соловецкого архипелага началось в конце XVIII в. с первых геологических и географических описаний. Первые работы носили преимущественно описательный характер и представляли общую характеристику природных условий архипелага. Важнейшим этапом раннего периода (1833) стали исследования под руководством М.Ф. Рейнеке (Рейнеке, 1983). Эти работы заложили основу картографического изучения островов и долгое время оставались основным источником информации о географии островов. Фундаментальное значение имели исследования А.А. Иностранцева, которые отличались системностью подхода и высоким для своего времени уровнем детализации геологических наблюдений. Он дал первое подробное научное описание рельефа и рыхлых отложений островов (Иностранцев, 1872).

Государственная геологическая съемка масштаба 1:200000 на Соловецких островах проводилась в 1960-х и в 1990-х годах (Государственная..., 2000). Результатом стала детальная геологическая основа и стандартизация представлений о строении четвертичных отложений региона (Репкина и др., 2023).

Детальные геолого-геоморфологические исследования выполнены на

нескольких участках в 1980-х годах под руководством А.В. Метлицкого. В рамках геофизических работ определена мощность рыхлых отложений (25–170 м) и показана блоковая структура кровли коренных пород, разбитых разрывными нарушениями (Метлицкий и др., 1987; Репкина и др., 2023).

Геоморфологические и палеогеографические исследования получили импульс развития благодаря работам Н.А. Никишина, который в 1978–1984 гг. возглавлял отдел охраны природы музея-заповедника и проводил систематические полевые исследования. Впервые он представил систематическую реконструкцию береговой эволюции архипелага, основанную на анализе положения морских террас, ледниково-морских отложений и геоморфологических форм. Н.А. Никишин выделил основные этапы развития береговой линии, связанные с послеледниковым поднятием и регрессией Белого моря, а также установил высотные отметки древних береговых линий (Никишин, 1984).

Палеогеографические данные об Анзерском межостровье (лагуне) были получены экспедицией Института океанологии РАН под руководством Е. Н. Невесского в 1964–68 гг. В районе Анзерского плеса в донных отложениях обнаружены скопления ракуши в песчано-илистых грунтах. На основе биостратиграфии и абсолютного датирования осадки соотнесены со временем климатического оптимума голоцена. Потепление морских вод в атлантический период подтверждено изотопными исследованиями (Невесский и др., 1977; Рыбалко и др., 2025).

В донных отложениях Анзерского плёса, отобранных в процессе геологосъемочных работ ВСЕГЕИ 1984–86 гг., по результатам спорово-пыльцевого анализа выделены осадки аллерёда, верхнего дриаса, пребореала, бореала, атлантики, суббореала и субатлантики. В отложениях бореального периода отмечается появление раковин морских моллюсков, в осадках атлантического периода – ракушечных илов. В составе диатомовых комплексов описаны морские тепловодные виды (Мануйлов и др., 1981; Рыбалко и др., 2025).

Новейшие морские и сухопутные геолого-геофизические исследования на Соловецких островах и Анзерском плёсе и корреляция их результатов (Рыбалко и

др., 2025; Rybalko et al., 2025) подтвердили эволюцию приледникового бассейна в ледниково-морской и морской. В конце бореального периода Анзерский плёс существовал в качестве тепловодной лагуны, максимальное развитие малакофауны отмечается в начале климатического оптимума голоцена, а к концу атлантического периода морские условия осадконакопления приблизились к современным.

Исследования неотектонических движений на архипелаге связаны с работами В.И. Макарова (Макаров и др., 2007). Анализ авторов положения Соловецких островов в неотектонической структуре Беломорья показал генетическую связь неотектонических структур онежской зоны поднятий с тектонико-магматическими процессами. Высказано предположение о влиянии блоковой структуры кристаллического фундамента на формирование современного рельефа островов и Онежского полуострова.

Региональный контекст исследований дополняется работами И. Г. Авенариус по морфоструктуре Беломорского региона (Авенариус, 2004, 2008). Морфоструктурное районирование региона стало основой для понимания крупномасштабных геологических процессов, влияющих на эволюцию архипелага.

В 2006 г. палеолимнологические исследования на архипелаге были начаты группой ученых под руководством Д.А. Субетто из Института озероведения РАН и Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена, в ходе которых методом изолированных бассейнов были изучены пять внутренних озер острова Большой Соловецкий (Субетто и др., 2012; Ludikova et al., 2021) и девять озер острова Анзер (Кузнецов и др., 2022). По результатам диатомового и радиоуглеродного анализов и содержанию органического вещества в донных отложениях были выделены три стадии развития озер: (1) стадия крупного водного бассейна (моря) с низким содержанием органического вещества и створками морских диатомей в донных отложениях, (2) стадия изоляции водоема от моря с формированием тонкослоистых донных отложений (прослой гидротроилита) и солоноватоводными диатомеями, (3) стадия изолированного пресноводного озера с

накоплением органогенных осадков и с пресноводными диатомеями. На основе полученных данных построена кривая относительных изменений уровня Белого моря (в дальнейшем ОУМ – относительный уровень моря) для островов Большой Соловецкий и Анзер. Кривая ОУМ свидетельствует о непрерывном понижении уровня моря, начиная со среднего голоцена (Субетто и др., 2012; Кузнецов и др., 2022; Ludikova et al., 2021). Согласно палеогеографическим реконструкциям, около 4800–4400 кал. л. н. ОУМ находился на отметках ниже 11 м относительно современного уровня. Около 1900–1700 кал. л. н. ОУМ установился на отметках ниже 2,0 м относительно современного уровня. Скорость этой регрессии оценивается в 2–3 мм/год. Полученные результаты позволили скорректировать положение верхней морской границы для изучаемого региона в диапазоне 17–21 м.

В последние годы проводятся комплексные работы, связанные с изучением рельефа, георадиолокационным профилированием, установлением абсолютных высот структурных элементов рельефа с использованием систем дифференциальной коррекции глобальных навигационных спутниковых систем (СДК ГНСС), ручным бурением озерных и болотных отложений.

Так, по результатам георадиолокационных исследований, подтвержденных использованием заверочных скважин и разрезов на Соловецких островах выделены три георадарных комплекса отложений (Рыбалко и др., 2025; Rybalko et al., 2025): (1) ледниковые, (2) флювиогляциальные (в понижениях кровли морены, преимущественно слоистые), (3) морские и озерно-болотные отложения (голоценовые, на радарограммах отделены четкой границей). Выделенные георадарные комплексы, наряду с палеолимнологическими данными позволили идентифицировать верхнюю границу позднеледниковой трансгрессии на высоте около 23–25 м н. у. м. (Репкина и др., 2023).

При палеогеографических реконструкциях на Карело-Кольском берегу (Колька и др., 2005, 2013; Колька, Корсакова, 2017; Корсакова, 2022) и Онежском полуострове (Леонтьев и др., 2022, Kublitskiy et al., 2023) выделяются два трансгрессивно-регрессивных цикла (позднеледниковая трансгрессия, регрессия раннего голоцена, среднеголоценовая трансгрессия Тапес и последующая

регрессия).

В отличие от региональных палеогеографических реконструкций при изучении донных отложений озер Соловецкого архипелага ранее не удавалось идентифицировать первые два из этих событий – позднеледниковую трансгрессию и регрессию раннего голоцена.

Возраст террас и поднятых береговых линий Восточного Беломорья до недавнего времени подтверждался лишь небольшим количеством определений радиоуглеродного возраста (Девятова, 1976; Барановская и др., 1977; Кошечкин и др., 1977; Кошечкин, 1979; Боярская и др., 1986, Каплин и др., 1999). В последнее время установлен абсолютный возраст отложений в Двинском заливе и у острова Анзерский (Полякова и др., 2014), реконструирована история развития дельты Северной Двины (Zaretskaya et al, 2011; Зарецкая и др., 2018), определен возраст морских террас острова Большой Соловецкий (Субетто и др., 2012), северо-западной оконечности Онежского полуострова (Репкина и др., 2015), северных берегов Двинского залива (Репкина и др., 2016) и юго-восточных берегов Горла Белого моря (Репкина и др., 2023). Исследования, проведенные в районе Сумского Посада (Поморский берег) (Колька и др., 2015), установили существование пресноводного бассейна в Онежском заливе вплоть до конца пребореала (Репкина и др., 2018).

Однако до сих пор нет единого мнения по ключевым вопросам голоценовой истории, в том числе по динамике изменения относительного уровня Белого моря, по соотношению гляциоизостатической и тектонической составляющих в этом процессе.

## **1.2. Физико-географическая характеристика района исследований**

Исследования изменений относительного уровня Белого моря, проводились на побережье Соловецкого архипелага и Онежского полуострова (рис.1).

**Соловецкий архипелаг** расположен в сравнительно мелководной юго-западной части Белого моря у входа в Онежский залив между  $64^{\circ}57'$  и  $65^{\circ}12'$  с. ш.,  $35^{\circ}30'$  и  $36^{\circ}17'$  в. д. Архипелаг состоит из шести крупных (Большой Соловецкий,

Анзер, Большая Муксалма, Малая Муксалма, Большой Заяцкий, Малый Заяцкий) и более 100 мелких островов общей площадью 347 км<sup>2</sup>. Онежский полуостров, омываемый водами Онежского и Двинского заливов, выступает в Белое море на 150 км в северо-западном направлении при ширине 60–75 км. Площадь полуострова составляет 8177,1 км<sup>2</sup> (рис. 1.1).

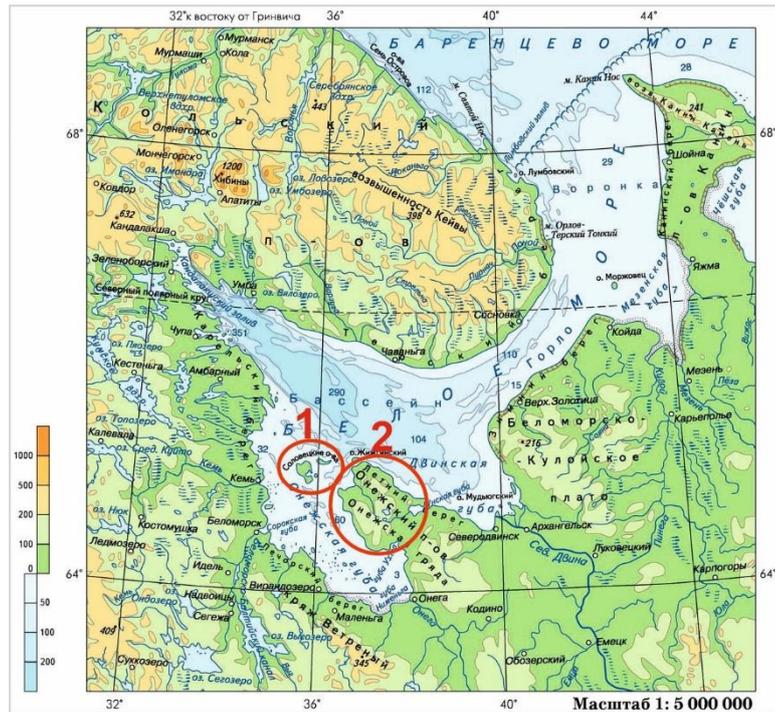


Рисунок 1.1. Географическое положение районов исследования: 1– Соловецкий архипелаг; 2– Онежский полуостров. (Географический атлас России, 1998)

**Геологическое строение и рельеф.** Образование Соловецких островов и Онежского полуострова связано с формированием котловины Белого моря, приуроченной к зоне сочленения Балтийского кристаллического щита и Русской плиты Восточно-Европейской платформы. Система глубинных разломов определила блоковую структуру котловины Белого моря. Архипелаг приурочен к поднятому блоку на пересечении глубинных разломов северо-западного и северо-восточного простираний. На последующих этапах развития разнонаправленные движения по сбросам носили унаследованный характер. В среднем палеозое вследствие активизации тектонических движений произошло обновление разрывных нарушений, сопровождавшееся вулканизмом. На неотектоническом

этапе не только возрождались древние, но и закладывались новые разломы. Система новейших грабенов разной ориентировки обусловила мелкоблоковую структуру островов (Авенариус, 2008).

В плейстоцене всю котловину Белого моря покрывал ледник мощностью 400–2000 м. По мере его отступления обособлялись Двинская и Онежская лопасти, разделенные Онежским ледоразделом. Стадии отступления ледника фиксирует система конечноморенных гряд. Одна система протягивается по южному побережью Онежского полуострова и выходит к островам Большая и Малая Муксалма, Большой и Малый Заяцкий. Другая система охватывает северное побережье Онежского полуострова и выходит на остров Анзер. Гряды сливаются на Большом Соловецком острове, образуя выпуклую к северо-западу дугу. В разломах и местах их пересечений, где скапливался лед, при таянии происходила интенсивная аккумуляция и формировались водноледниковые формы рельефа (озы, камы). Предполагают, что именно процесс таяния глыб мертвого льда объясняет кольцевой рисунок рельефа, выявленный на космических снимках (Авенариус, 2008). Однако существует другое представление о природе кольцевых структур. Считают, что крупная кольцевая структура Большого Соловецкого острова является палеовулканом, во внутренней части которой наблюдается скопление озер. Кольцевые структуры второго порядка рассматривают как паразитические кратеры (Никишин, 1986).

Докембрийский кристаллический фундамент сложен в основном гранитами, гнейсами, амфиболитами, возраст которых превышает 1,5–2 млрд. лет. Перекрывающие их осадочные толщи рифейского возраста встречаются только на прилегающей акватории, где их мощность составляет 100 м, и на западном побережье Онежского полуострова мощностью 50 м. Докембрийский кристаллический фундамент погружен относительно неглубоко, но гранито-гнейсы не выходят на поверхность. На большей части архипелага на кристаллическом фундаменте непосредственно залегают четвертичные отложения мощностью от первых метров до 150 м (Метлицкий и др., 1987). Таким образом на Соловецких островах сформировалась структурная равнина.

В голоцене рельеф островов развивался под влиянием гляциоизостатических поднятий, происходивших вследствие таяния ледников и эвстатических колебаний уровня моря, связанных с фазами потепления и похолодания климата. Активное поднятие островов начинается около 10 тыс. лет назад и оценивается в 1,1–1,5 см/год (Каплин, Селиванов, 1999). Средняя скорость современных поднятий составляет 1–2 мм/год.

В рельефе островов прослеживается два основных генетических типа равнин: ледниковая или гляциальная, и морская равнины.

*Ледниковая равнина.* Рельеф низкой (35–50 м) ледниковой грядово-холмистой равнины, сложенной с поверхности песчаной, супесчаной и суглинистой мореной, представляет собой чередование пологих холмов и котловин, занятых озёрами и болотами; узких длинных гряд с довольно крутыми склонами западных экспозиций и более пологими северо-восточными склонами. Отдельные холмы, называемые горами, возвышаются над равниной более чем на 20 м, например, Поднебесная (80, 7 м), Межозерная (77,6 м), Секирная (71,0 м) на Большом Соловецком острове. Современные флювиальные процессы, характерные для зоны избыточного увлажнения, в которой находятся острова, неразвиты. Многочисленные озера приурочены к замкнутым котловинам и не связаны протоками. Вокруг озер образовались мелкие верховые болота. На юго-востоке острова Большая Муксалма и на юге острова Анзер на некоторых безлесных склонах холмов развиваются слабые оползневые и эрозионные процессы; на безлесных камовых холмах – эоловые.

*Морская равнина.* В береговой зоне вследствие эвстатических колебаний уровня моря на фоне однонаправленных гляциоизостатических поднятий сформировалась ступенчатая морская равнина. На Большом Соловецком острове выделяют пять основных морских террас на высотах 20–25, 17–19, 11–13; 6,5–8,5 и 3,0–5,0 м. Их выраженность и высотное положение в отдельных частях архипелага разные, что связывают с мелкоблоковой структурой островов, отдельные фрагменты которой поднимались с разной интенсивностью. На поверхности террас, сложенных перекрытой мореной, прослеживаются береговые валы,

песчаные массивы, скопления валунов и большое количество неглубоких реликтовых озер, часто соединенных протоками с морем. Террасы разделены довольно четкими уступами.

Современные берега, изрезанные многочисленными мелкими неглубоко (до 150 м) вдающимися в сушу заливами и мысами, относятся к абразионно-аккумулятивному типу. В приливной зоне шириной до 0,5 км образуются формы аккумулятивного берегового рельефа: песчаные косы с острыми выступающими камнями, песчаные и валунно-галечные пляжи, береговые валы. Современный уровень высотой до 1,5 м отделяется от первой террасы уступом (Соловецкие острова, 2006; Авенариус, 2008).

**Климат** островов умеренный морской с переходом к континентальному с мягкой зимой и прохладным летом, что нехарактерно для данной широты. Его особенности связаны с обособленным положением в высоких широтах и в замкнутой акватории Белого моря, а также нахождением в зоне интенсивной деятельности атлантических циклонов. С марта по август на архипелаге преобладают ветры северо-восточных, с сентября по февраль – юго-западных румбов со средней скоростью 6,8 м/с. С частыми вторжениями арктических воздушных масс устанавливается ясная, но холодная погода. Зимой выпадает 34% от годовой суммы осадков. Устойчивый снежный покров образуется в середине ноября и в марте достигает 60 см. За последние десятилетия климат меняется (табл. 1.1).

**Таблица 1.1**

**Температура воздуха (t °C) и осадки (мм)**

Составлена автором по данным (Соловецкие острова, 2006)

Период наблюдений	Ср. год. t °C	Ср. t °C января	Ср. t °C июля	Абсол. мин. t °C	Абсол. макс. t °C	Годовая сумма осадков, мм
До 1977 г.	+0,5	-9,6	+12,2	-36,5	+31,2	600
1977–2006	+1,5	-9,4	+13,8	-33,3	+28,6	561
2009–2018	+2,9	-8,2	+14,9	-29,2	+29,8	553

Из таблицы следует, что климат островов становится более сухим и тёплым. При низкой испаряемости (155 мм) увлажнение избыточное, и в течение всего года сохраняется высокая (70–90%) относительная влажность воздуха (Соловецкие острова, 2006). У берегов с конца декабря образуется неподвижный лёд (береговой припай), который держится до середины мая.

**Гидрографическая сеть.** Речная сеть на островах практически не развита. На Большом Соловецком, Большой Муксалме и Анзере имеются небольшие меандрирующие ручьи длиной 1,5–3,0 км. Их долины располагаются в обширных заболоченных низинах-впадинах среди островных холмов и гряд. Истоки заилены и местами оторфованы. Отмечаются фрагменты нешироких пойм.

Особенностью архипелага является широкое распространение озёр. По разным данным насчитывается 300–500 озер. Среднее значение коэффициента озёрности 8,9% (Соловецкие острова, 2006). По островам они распределены неравномерно (рис. 1.2). Наиболее заозёрненным (11,6%) является Большой Соловецкий остров, что объясняется большей расчлененностью рельефа по сравнению с более плоскими другими островами. По размерам озера малые и очень малые. Самое большое по площади (4,5 км<sup>2</sup>) озеро Большое Красное, которое образовалось из семи малых озер после строительства дамб и подъема уровня воды. По генезису котловины озер ледниковые, ледниково-тектонические и реликтовые. Котловины ледниковых озер неглубокие блюдцеобразные в отличие от котловин ледниково-тектонических озер, максимальная глубина которых достигает почти 30 м. У них извилистые берега, сложный рельеф дна с мелководьями, островами и глубокими впадинами, иногда опущенными ниже уровня моря, что является редким явлением природы (Соловецкие острова, 2006). Наиболее глубокие озёра архипелага: Зелёное (19 м), Елисеево (15 м), Большое Каменное (14 м), Долгонькое (11 м), Святое (10,5 м), Большое Торфяное (8–10 м), Биосадовское (7,0 м), Лобское (3,4 м). Самое глубокое озеро Круглое Орлово (35,7 м) небольшое по площади, почти округлой формы с конусообразной котловиной, опущенной ниже уровня моря почти на 6,0 м. Озера образуют группы и находятся на разных гипсометрических уровнях. Наиболее высокое положение занимает озеро

Поднебесное (67 м). Реликтовые озера, приуроченные к террасовым уровням, образовались по мере изоляции от моря. Они неглубокие (2,0–7,0 м) и находятся на разных стадиях зарастания.

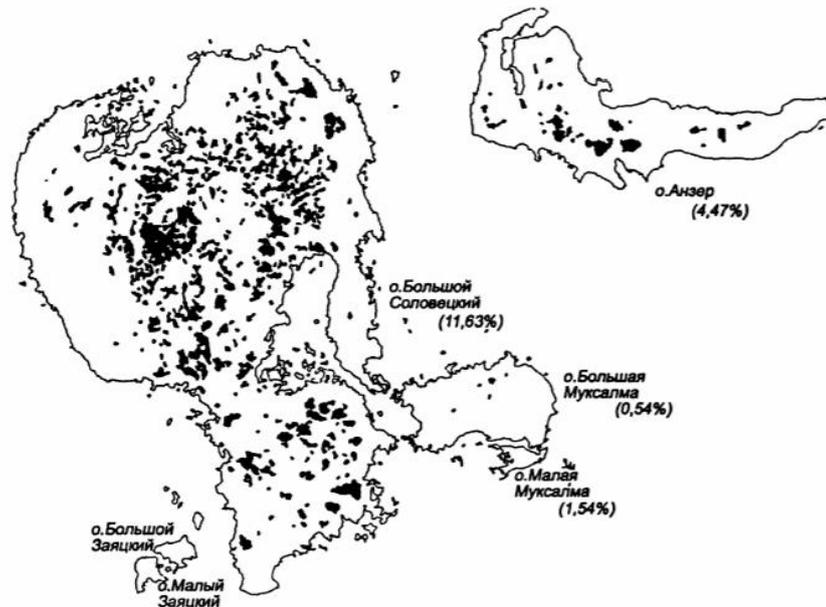


Рисунок 1.2. Распределение озёр на территории Соловецкого архипелага (Природная среда...2007).

Для обеспечения монастыря, скитов и поселков пресной питьевой водой, для осушения болот и др. на протяжении пяти веков на островах развивалось гидротехническое строительство. Здесь было сооружено 235 межозерных водных соединений и 21 озеро-канальная система (Соловецкий сборник, 2016).

Наиболее известная и древняя система Святого озера на Большом Соловецком острове, соединяющая 65 озёр. Современная канальная система, общей протяженностью 12 км, была построена на месте старой в начале XX в. Создание озеро-канальной системы изменило гидрологический режим острова, способствовало увеличению дренажа и сокращению процессов заболачивания. Многие мелководные заливы, соединенные с морем узкими проливами, превращаются в озера и быстро распресняются из-за поступления по каналам пресной воды из вышерасположенных озёр и болот. Сейчас можно наблюдать разные стадии превращения морских заливов в пресноводные озера.

На архипелаге довольно много болот, также распространённых

неравномерно. Болота формируются на разных элементах рельефа и на разных высотах и представлены олиготрофными, мезотрофными и эвтрофными типами. Наименее заболочен Большой Соловецкий остров (около 12,5%). Почти вдвое больше площадь болот на острове Анзер, что связывают с плоским рельефом, малыми абсолютными высотами, слабым эрозионным расчленением и низким естественным дренажом территории.

На архипелаге преобладают верховые и переходные грядово-мочажинные болота. На хорошо дренированной грядово-холмистой моренной равнине встречаются немногочисленные сосново-сфагновые болота с развитым травяно-кустарничковым покровом из вереска, морошки, багульника, пушицы, приуроченные к понижениям. Морская террасированная равнина отличается разнообразием болотных комплексов. Особенностью островов является появление болот типа аапа, нехарактерных для Беломорского региона. Обычно они встречаются в приполярных областях Фенноскандии. Эти низинные болота дождевого и стокового питания приурочены к склонам моренных гряд и образуют грядово-мочажинный комплекс. Гряды покрыты сосной, вереском, осокой и сфагнумом, мочажины – хвощом и разными видами зеленых мхов, а узкие длинные углубления между грядами заполнены водой. Самая большая система таких болот находится на террасах острова Большая Муксалма. Современное активное заболачивание связано с разрушением монастырских гидросистем, что угрожает серии уникальных памятников природы и культуры.

***Почвенно-растительный покров*** Соловецких островов довольно разнообразный, что объясняют влиянием экспозиций в условиях холмистого рельефа, разнообразием подстилающих пород и мягким морским климатом. Более южный облик лесов Большого Соловецкого острова связывают с локальными тепловыми аномалиями, возникающими вследствие конвективных тепловых потоков, поступающих по системам глубинных разломов (Горный, Теплякова, 2001). Здесь растут высокоствольные еловые и сосновые леса, встречаются смешанные леса, участки тундровой растительности, березовые криволесья, луга и болотная растительность. Такое необычное сочетание растительности обусловлено

тем, через острова проходит изотерма +12 °С, которая является границей между северной тайгой и лесотундрой. Хотя острова находятся недалеко от полярного круга здесь нет многолетней мерзлоты.

Зональными типами растительности являются северотаежные леса и притундровые редколесья и криволесья, занимающие 70% территории островов (Чуракова и др., 2007, Природная среда..., 2007, Соловецкие острова, 2006).

В пределах зон растительность распределяется по рельефу. северотаежные еловые леса высокого бонитета произрастают на моренной равнине. При этом моренные холмы и гряды покрыты ельниками-зеленомошниками-черничниками на среднеподзолистых иллювиально-железистых почвах. Основу древостоя составляет ель сибирская (*Picea obovata*), густой подлесок образуют рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*) и можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*). В кустарничковом ярусе доминирует черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*), из трав – луговик извилистый (*Avenella flexuosa*). В межрядовых понижениях и вокруг озер распространены ельники чернично-сфагновые, ельники папоротниковые с хорошо развитым подлеском, ельники-долгомошники с угнетенным древостоем и слабо развитым травяно-кустарничковым ярусом на болотно-подзолистых и торфяно-перегнойных почвах.

Растительность террас резко отличается от растительности моренной равнины. Высокие террасы покрыты притундровыми редколесьями и криволесьями из березы извилистой (*Betula tortuosa*) с участием низкорослой сосны на каменистых и песчаных маломощных (10–12 см) торфянистых почвах. В кустарничковом ярусе – береза карликовая (*Betula nana*), ива сизая (*Salix glauca*) и можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*). В травяно-кустарничковом ярусе – вороника обоеполая, или шикша гермафродитная (*Empetrum nigrum subsp. hermaphroditum*) и немного трав.

Тундровые приморские равнины распространены на малых островах, но встречаются на востоке Анзера и на юго-востоке Большого Соловецкого острова. Здесь береза карликовая, ива сизая и можжевельник часто принимают стелющуюся форму. В кустарничковом ярусе доминируют вороника обоеполая и

толокнянка альпийская (*Arctous alpina*), меньше голубики, брусники, черники, в мохово-лишайниковом покрове – олений мох (*Cladonia*). Под тундровой растительностью сформировались почвы близкие к тундровым с маломощным (2,0–3,0 см) песчаным или легкосуглинистым торфянисто-грубогумусовым горизонтом.

В центре и на севере Большого Соловецкого острова растут смешанные и мелколиственные леса на дерновосильноподзолистых супесчаных и суглинистых почвах. Древесный ярус образуют ель сибирская, сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), береза пушистая (*Betula pubescens*) и осина обыкновенная, или тополь дрожащий (*Populus tremula*). В кустарничковом ярусе – черника и голубика. Особенностью этих лесов является обилие трав – марьянник луговой (*Melampyrum pratense*), майник двулистный (*Maiáanthemum bifólium*), кислица обыкновенная (*Oxális acetosélla*), седмичник европейский (*Trientális europaea*), герань лесная (*Geráanium sylváticum*) и др.

Низкие террасы покрыты разнотравно-злаковыми (приморскими) лугами с доминированием овсяницы (*Festuca*), с пятнами мхов и лишайников, сухими вороничными тундрами на маломощных (3,0–5,0 см) торфянистых почвах. На границе приливно-отливной зоны формируются сообщества галофитов, в которых доминируют представители рода лебеда (*Átriplex*).

Интразональная растительность представлена болотами, покрытыми сосняками сфагновыми с преобладанием вереска обыкновенного (*Callúna vulgáris*), с багульником болотным (*Rhododendron tomentosum*), пушицей влагалищной (*Erióphorum vaginátum*), морошкой приземистой (*Rubus chamaemorus*). К экстразональной растительности относятся среднетаежные леса. Особенно ярко экстразональность проявляется в травяно-кустарничковом ярусе, для которого характерно обилие трав и присутствие в видовом составе южных элементов.

Почвенно-растительный покров и в целом природные комплексы архипелага в разной степени изменены хозяйственной деятельностью человека. Ярким примером таких антропогенно-природных комплексов являются суходольные луга на дерновослабоподзолистых легкосуглинистых почвах с мощностью гумусового

горизонта до 2,5 см. Они образовались в результате осушения болот и последующего подсеивания трав. Луга отличаются богатством видового состава. Сейчас в них насчитывается около 130 видов цветковых растений, в том числе ежа сборная, или обыкновенная (*Dáctylis glomeráta*), чина луговая (*Láthyrus praténsis*), герань луговая, или журавельник луговой (*Geráanium praténse*), шучка дернистая, или луговик дернистый (*Deschampsia cespitosa*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), клевер луговой (*Trifolium pratense*) (Чуракова и др., 2007, Природная среда..., 2007, Соловецкие острова, 2006).

**Онежский полуостров** отделен от Соловецкого архипелага проливом Восточная Соловецкая Салма шириной около 40 км, глубиной вблизи полуострова до 87 м. Береговая линия длиной 573 км изрезана заливами и бухтами. Описание геологического строения полуострова было выполнено Э.А. Кальберг в 1940 г. Изучение природы полуострова активизировалось в связи с организацией национального парка. Результаты этих исследований изложены в монографии «Национальный парк «Онежское поморье»» (1999).

**Геологическое строение и рельеф.** Как и Соловецкие острова Онежский полуостров находится на контакте Русской плиты и Балтийского кристаллического щита, но докембрийский кристаллический фундамент здесь перекрыт мощной толщей верхнепротерозойских осадочных пород, представленных глинами, песками и алевритами. Эти отложения обнажаются на ограниченном участке Лямецкого берега, образуя абразионный уступ высотой до 20 м. На остальной территории они перекрыты четвертичными отложениями, мощность которых варьирует от 0–20 на юго-западе полуострова до 50–100 м в его центральной части и Унско-Ухтинской впадине.

Верхнечетвертичные отложения, относящиеся к раннеонежской стадии осташковского оледенения, включают ледниковые валунно-суглинистые комплексы. Они слагают моренные холмистые равнины на высотах 150–200 м (максимальная высота 202 м) в юго-западной части полуострова. Вдоль Онежского берега и западной окраины Приунской низменности моренные равнины образуют выраженный уступ вдоль тектонических разломов.

На более низких уровнях (100–150 м) образовались лимногляциальные равнины, сложенные озерно-ледниковыми песками, суглинками и глинами. Они широко распространены во внутренних районах и вдоль Приунской низменности. Поверхность таких равнин пологоволнистая, волнисто-холмистая, волнистая, с озерными котловинами, болотными понижениями, ложбинами стока и камовыми холмами. Выровненный и пологоволнистый рельеф флювиогляциальных равнин осложнен озовыми грядами.

Морские четвертичные террасы имеют волнисто-бугристый рельеф, образовавшийся под влиянием эоловых процессов. Они отделены от современной морской террасы уступом высотой 10–30 м на северо-западном побережье Летнего берега. Современные морские террасы представляют собой или узкие выровненные каменистые площадки, или расширенные волнистые с береговыми валами, или прибрежные участки с дюнами.

Низменные прибрежные участки представлены различными типами маршей:

1. В устьях рек в весенние паводки значительные по площади осушки заливаются водой, что способствует распреснению грунтов, соленых озер и приливных желобов. К таким можно отнести большинство исследованных маршей Онежского полуострова в устьях рек Кянды, Тамицы, Нижмы, Ухты.

2. Соленые марши у мыса Чесменский на побережье Онежского залива образовались в основном в результате регрессии моря. Здесь нет устьев рек, а пересекающие осушки водотоки представлены протоками и небольшими ручьями.

3. Соленые и солоноватые марши формируются на всем протяжении Унской губы, где их образованию способствует широкая осушная зона и слабое волноприбойное воздействие по сравнению с акваторией Двинского залива Белого моря, открытого штормовому воздействию.

**Климат** Онежского полуострова умеренный континентальный с продолжительной холодной зимой с устойчивым снежным покровом и коротким прохладным летом. Средняя температура воздуха в феврале  $-9... -11^{\circ}\text{C}$ , в июле  $+11...+14^{\circ}\text{C}$ , на юге полуострова до  $+20^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность безморозного периода 65 дней. Годовая сумма осадков 416–434 мм, до 35% из них выпадает

зимой.

Для полуострова характерна неустойчивая погода вследствие перемещения фронтов и частой смены воздушных масс. В зимне-весенний период преобладают южные и юго-западные ветры. С приходом атлантических циклонов устанавливается пасмурная и тёплая погода с оттепелями. Снежный покров мощностью около 40 см держится с 10 ноября до 25 апреля, на севере полуострова до 10 мая. Глубина промерзания грунта 120 см. В зимнее время Белое море полностью покрывается льдом, в летнее время температура воды достигает +12... +15°C. Губа Конюхова и прилегающий к ней участок до мыса Чесменский покрываются припайным льдом. В летне-осенний период преобладают восточные и северо-восточные ветры. Циклоны фронта умеренных широт приносят дожди. При вторжении арктического воздуха с северными ветрами летом устанавливается ясная сухая холодная погода, а зимой резко усиливаются морозы до –44 °С.

Из-за близкого расположения моря и большого количества рек, озер и болот на полуострове средняя годовая относительная влажность воздуха составляет 82–84%.

**Гидрографическая сеть** Онежского полуострова автономная. Она включает в себя 95 рек и ручьев, протяжённость которых не превышает 50–60 км. Средняя густота речной сети 0,16 км/км<sup>2</sup>. В северной части полуострова насчитывается 27 рек длиной более 10 км. Среди самых длинных рек – Тамица (64 км), Пижма (54 км), Выковка (54 км), Вежма (49 км), Кянда (49 км), Вейга (49 км). Питание рек снеговое и дождевое.

Онежский полуостров – озерный край. Здесь насчитывается около 2125 озер общей площадью более 305 км<sup>2</sup>. Коэффициент озёрности 5%. Большинство озер ледникового происхождения глубиной 3,0–10 м. Наиболее крупные ледниковые озера – Мяндозеро площадью 30,6 км<sup>2</sup> на высоте 131 м, Солозеро площадью 19,5 км<sup>2</sup> на высоте 120 м, Вежмозеро площадью 14,5 км<sup>2</sup> на высоте 126,6 м. Многие водоемы имеют лагунное происхождение. Самое крупное из них озеро Мураканское площадью 16,6 км<sup>2</sup> находится на высоте 7,0 м. Также как на Соловецких островах распространены реликтовые озера, приуроченные к

террасовым уровням: Каменное площадью 0,14 км<sup>2</sup> на высоте 26,2 м; Среднее площадью 0,3 км<sup>2</sup> на высоте 17,1 м; Безымянное площадью 0,03 км<sup>2</sup> на высоте 16,8 м; Конюховское площадью 0,3 км<sup>2</sup> на высоте 15,8 м

Болота в основном верховые занимают более 40% территории, самые крупные из которых находятся в центре полуострова на мореной равнине.

**Почвенно-растительный покров** Онежского полуострова относится к подзонам северной и средней тайги таежной зоны. Север Онежского полуострова благодаря территориальной близости к Соловецкому архипелагу образует с ним единый природный комплекс. Сумма активных температур 800–1200 °С. Северотаежные леса старовозрастные, или коренные, состоящие из ели сибирской (*Picea obovata*) и ели европейской, или обыкновенной (*Picea abies*). Возраст многих деревьев достигает 200–300 лет. Преобладают ельники-зеленомошники воронично-черничные и голубично-черничные. В северотаежных лесах широко распространены кустарнички: вороника (или водяника), голубика, черника, багульник, морошка. Широко распространены подзолистые, болотно-подзолистые и болотные почвы.

На морских террасах произрастают сосновые леса с примесью березы, реже осины и ольхи. Распространены сосняки-зеленомошники лишайниковые с вороникой и вереском, сосняки-зеленомошники-черничники и бруснично-черничники. В качестве примеси в них встречается ель, в нижнем ярусе вереск, голубика, багульник, пятна кладонии и кукушкина льна. На слабодренированных и заболоченных участках растут сосняки-долгомошники и сфагновые сосняки.

На северном побережье встречаются фрагменты тундровых и лесотундровых сообществ. В центре и на юге полуострова в пределах среднетаежной подзоны произрастают ельники-зеленомошники мелкопапоротниковые и майниковые. В сообществе с елью растут сосна, береза, осина, в подлеске – ива, рябина, шиповник. В травяно-кустарничковом ярусе кроме ягодных кустарничков распространены хвои и плауны.

Болота распространены в центре полуострова на моренной равнине. Основной фон сравнительно бедной болотной растительности составляют два вида клюквы, два

вида осоки, два вида росянки и сфагнум. Сосновые леса с участием ели и березы произрастают на морских террасах. В поймах рек, вокруг озер и на морском берегу развиты заболоченные луга. Суходольные мелкозлаковые луга из белоуса, щучки, осоки распространены вокруг деревень. На вырубках растут вторичные березовые леса (Национальный парк «Онежское поморье», 1999).

### 1.3. Материалы и методы исследований

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 (Толстоброва, 2022).

**Губа Конюхова.** Комплексные палеолимнологические и геоморфологические исследования в районе губы Конюхова на Онежском полуострове (рис. 1.3) были проведены в 2014 г. в ходе комплексной экспедиции, базировавшейся на научно-исследовательском судне «Эколог» Института водных проблем Севера Карельского научного центра РАН.

*Полевые* палеолимнологические исследования в районе губы Конюхова (к юго-западу от устья реки Летняя Золотица и одноимённой деревни) включали рекогносцировку, определение высотного положения водоёмов с использованием ручного нивелира, выбор и визуальное обследование озёр, уточнение отметок уреза воды и порогов стока, батиметрические съёмки (эхолот Lowrance LMS-480). Также выполнены отбор донных отложений выбранных озер русским торфяным буром с платформы и полевое литологическое описание.

В рамках экспедиционных работ были исследованы четыре озера (рис. 1.3 В). Озеро Каменное (64,877° N 36,576° E) с урезом воды 26,2 м н. у. м. состоит из

нескольких котловин с максимальными глубинами около 14 м. В точке отбора образцов глубина составила 3,0 м. Озеро Среднее ( $64,887^{\circ}$  N  $36,549^{\circ}$  E) с урезом воды 17,1 м н. у. м. и максимальной глубиной около 16 м. Пробоотбор проводился с глубины 3,8 м в малом северо-восточном плесе озера, отделенном от основной акватории перемычкой, заросшей макрофитам. Озеро без названия ( $64,887^{\circ}$  N  $36,566^{\circ}$  E) с урезом воды около 16 м н. у. м., максимальной глубиной около 7,0 м и озеро Конюховское ( $64,882^{\circ}$  N,  $36,586^{\circ}$  E) с урезом воды 15,8 м н. у. м., максимальная глубина около 4,7 м, в месте отбора проб глубина составила около 4,0 м (рис. 1.3 Г).

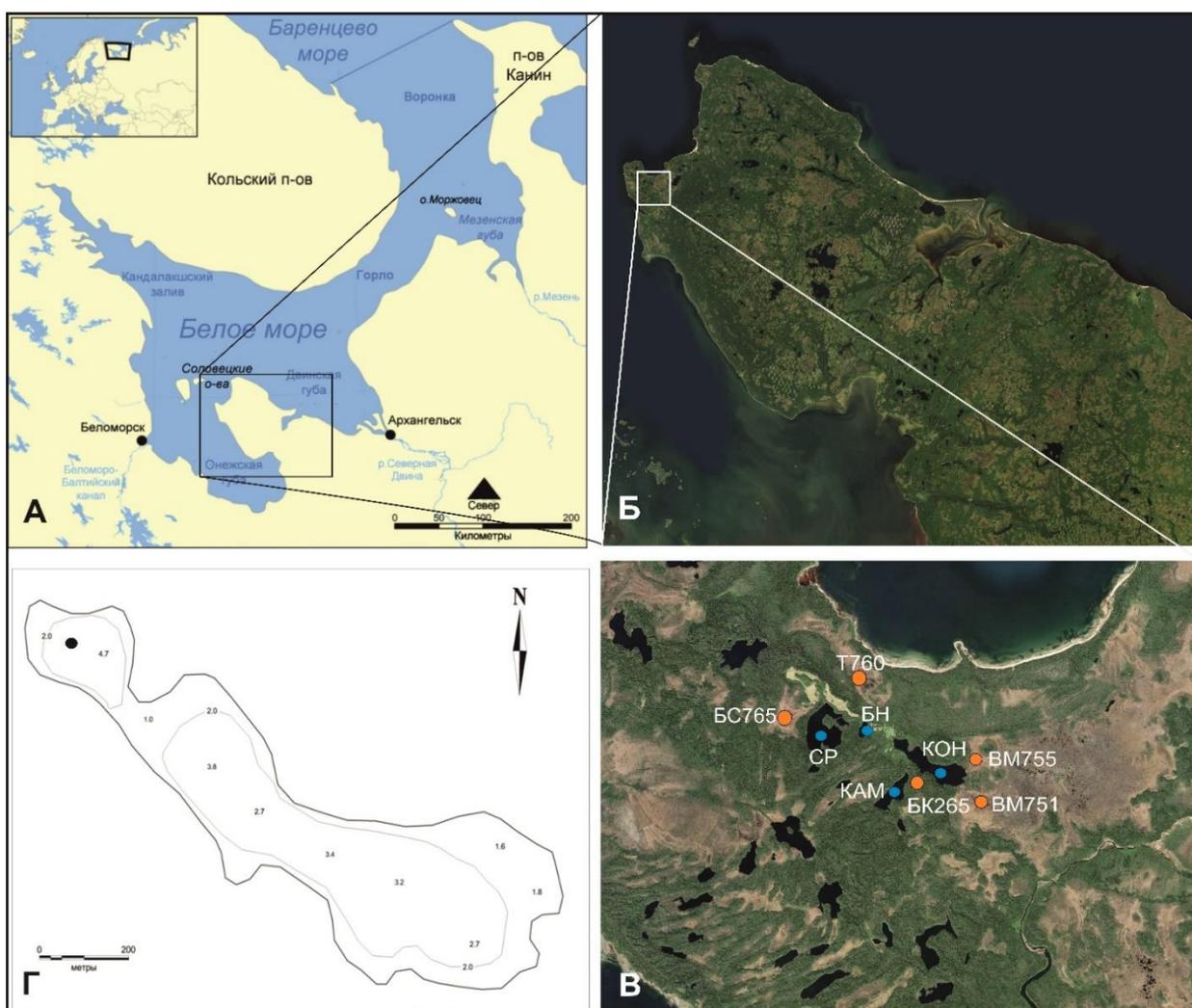


Рисунок 1.3 – А, Б, В - расположение разрезов донных отложений озер и болот побережья Губы Конюхова, КОН – Конюховское озеро, СР – Среднее озеро, КАМ – Каменное, БН – без названия, ВМ 755 скважина 755 на болоте Вензин Мох, ВМ 751 скважина 751 на болоте Вензин Мох, БК265 – болото у озера Каменное, БС765 – болото за озером Среднее, Т760 – болото на морской террасе. Г - схема глубин Конюховского озера (черная точка – место отбора образцов).

(Леонтьев и др., 2022) Картографическая основа: <https://www.google.ru/maps>,  
<https://yandex.ru/maps>

На побережье выполнено геоморфологическое профилирование прибрежных террас, бурение и литолого-стратиграфическое описание отложений нескольких болот (Вензин Мох, болота за озерами Среднее и Каменное), расположенных на месте бывших заливов.

На побережье губы Конюхова ранее было выделено три геоморфологических уровня (Леонтьев и др., 2016; Репкина и др., 2017): моренная равнина (24–30 м н. у. м.), преимущественно абразионная морская терраса (14,0–17,5 м н. у. м.), абразионно-аккумулятивная морская терраса (7,0–10 м н. у. м.).

Основным объектом настоящего исследования было выбрано озеро Конюховское, расположенное на абразионной морской террасе. Озеро вытянуто в юго-восточном направлении на 1,4 км при средней ширине 0,22 км (максимальная – 0,37 км в юго-восточной части). Средняя глубина составляет 2,3 м, максимальная – 4,7 м. Озерная котловина ледникового генезиса, занимает межморенное понижение. Берега сложены валунным материалом. Юго-восточный берег более низкий, торфянистый, примыкает к болоту Вензин Мох (17,5–19 м н. у. м.) с мощностью торфяной залежи до 1,8 м. В Конюховское озеро, в его северо-западной части впадает ручей, вытекающий из озера Каменное. На северо-востоке из озера вытекает ручей, впадающий в Белое море. Ручей прорезает проливную дельту (17 м н. у. м.), которая сформировалась в понижении бортов котловины во время трансгрессии Тапес (Репкина и др., 2017). Высота дельты над уровнем моря определяет положение порога стока озера (17 м н. у. м.) выше современного уреза воды (15,8 м н. у. м.).

*Лабораторные работы.* Анализ потери массы при прокаливании (ППП) (550° и 950°С) донных отложений озер Конюховского (550° и 950°С) и Среднего (550°С) выполнен автором и Д.Д. Кузнецовым по стандартной методике (Santisteban et al., 2004). Диатомовый анализ выполнен А.В. Лудиковой в Институте озероведения РАН. Радиоуглеродное датирование шести образцов донных отложений озера Конюховского выполнялось в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии

РАН и в Центре изотопных исследований Университета Джорджии (США) (табл. 2.1). Полученные даты были калиброваны в программе OxCal с использованием калибровочной кривой IntCal 2020 (Bronk Ramsey and Lee 2013; Reimer et al., 2020).

**Соловецкие острова.** В ходе *полевых работ* в 2011 г. при участии автора выполнена рекогносцировка объектов палеолимнологического изучения для дополнения материалов предыдущих экспедиций (Субетто и др., 2012). В 2015 г. в рамках проекта РФФИ 13-05-01039 «Динамика уровня морей и крупных озер на восточной и юго-восточной периферии Балтийского кристаллического щита в позднем плейстоцене и голоцене» под руководством д. г. н. Д.А. Субетто состоялась комплексная палеолимнологическая экспедиция на *остров Анзерский* Соловецкого архипелага, во время которой были выполнены батиметрическая съёмка и съёмка высот. Палеолимнологически изучены озера: Надбанное (урез 21 м н. у. м., глубина 4,2 м), Банное (урез 14 м н. у. м., глубина 2,7 м), Голгофское (урез 11 м н. у. м., глубина 3,0 м), Капорское (Капельское) (3,0 м н. у. м., глубина 5,0 м) и отобраны керны донных отложений.

**Лабораторные работы.** Анализ потери массы при прокаливании (ППП) донных отложений озер Анзерского острова (550° С) выполнен Д.Д. Кузнецовым в Институте озероведения РАН. Радиоуглеродное датирование восьми образцов выполнено в лаборатории СПбГУ (табл. 2.7).

В ходе экспедиций под руководством Т.Ю. Репкиной в 2022–23 гг. при участии автора были продолжены исследования на *Большом Соловецком острове* (рис. 1.4). Экспедиции и аналитические работы поддержаны проектами FSZN-2020-0016 «Палеогеография, развитие гидрографической сети и динамика уровней бассейнов на периферии Фенноскандинавского щита в позднем плейстоцене и голоцене», ГЗ РГПУ им. А.И. Герцена № 2023-2025 VRFY-2023-0010 под руководством д. г. н. Д.А. Субетто и РНФ № 22-17-00081 «Последний гляциоседиментационный цикл Белого моря: морфо-, лито- и климатостратиграфия, корреляция морских и континентальных палеоархивов» под руководством д. г.-м. н. А. Е. Рыбалко.

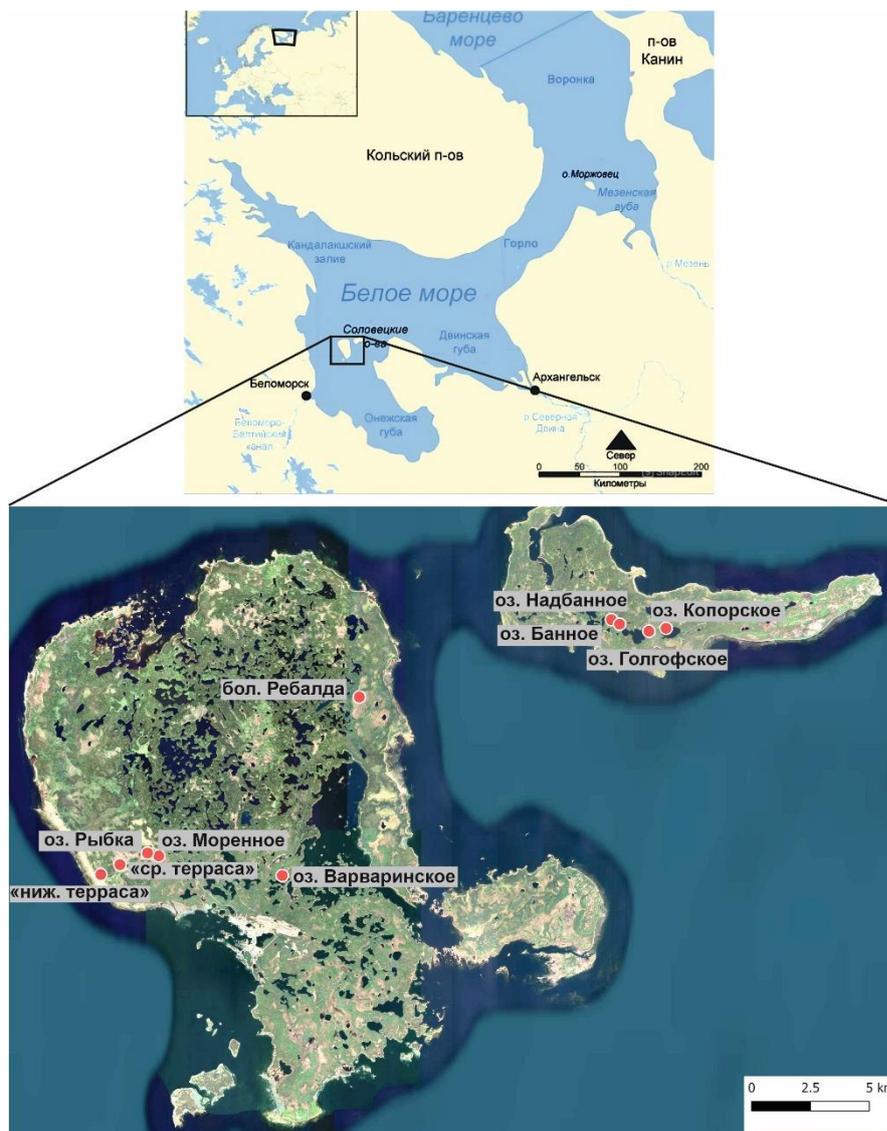


Рисунок 1.4 Расположение разрезов донных отложений озер и болот побережья Соловецких островов. Картографическая основа: <https://www.google.ru/maps>, <https://yandex.ru/maps>

Во время экспедиций были изучены донные отложения трех озер: Моренное (урез 25,7 м н. у. м., глубина 6,6 м), Рыбка (урез 24 м н. у. м., глубина 8,0 м) и Варваринское (урез 8,0 м н. у. м., глубина 7,5 м), а также болот, расположенных на высотах 15,6 м (Ребалда), 10,5 м («Средняя терраса») и 1,8 м (Петровское, «Низкая терраса»). Высотные отметки урезов озер и устьев скважин в болотах уточнены с использованием системы дифференциальной коррекции глобальных навигационных спутниковых систем (СДК ГНСС PrinCe I50). Радиоуглеродное датирование шести образцов выполнено в лаборатории СПбГУ при поддержке РФФ № 22-17-00081. Результаты радиоуглеродного анализа представлены в табл. 2.6.

**Унская губа.** В ходе экспедиции 2018 г., организованной при поддержке Национального парка «Кенозерский» и проекта РФФИ № 19-05-00966, при участии автора были изучены донные отложения озер, расположенных в центральной части Онежского полуострова, и на северном побережье Унской губы (рис. 1.5).

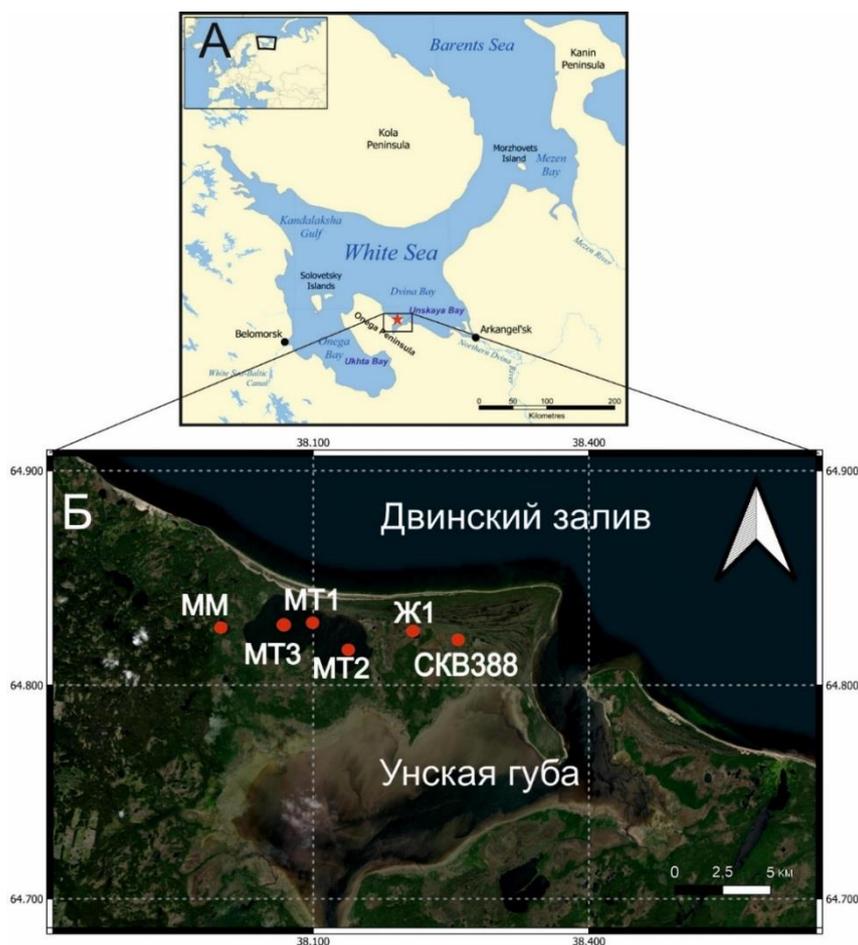


Рисунок 1.5 - Расположение разрезов донных отложений озер и болот побережья Унской губы. ММ – Малое Мураканское озеро; МТ1 – Мураканское озеро, точка 1; МТ2 - Мураканское озеро, точка 2; МТ3 Мураканское озеро, точка 3; СКВ 388 – скважина в болоте Горбоватый Мох, Ж1 – болото Жирковское. Картографическая основа: <https://www.google.ru/maps>, <https://yandex.ru/maps>

Батиметрическая съёмка выполнялась эхолотом Lowrance LMS-480 и ручным лотом в комплексе со спутниковым навигатором Garmin GPSmap 62s. По результатам батиметрических съёмок с учётом рельефа котловины и глубины выбирались места пробоотбора.

Более крупное Мураканское озеро составляют две котловины. Урез воды

7,0 м н. у. м. длина озера 6,3 км. В Мураканском озере были выбраны три точки (рис 1.5) в разных частях озера: в западной котловине (МТ3), в восточной (МТ2) и в центре (МТ1). В центре озера, в местоположении, обозначенном точкой МТ1, было отобрано пять кернов в интервале глубин от 3,5 м до 4,82 м. В восточной котловине (МТ2) взяты два керна с глубин от 4,0 м до 6,0 м. В западной котловине (МТ 3) было отобрано 10 кернов, которыми охвачены отложения в интервале глубин от 4,0 м до 7,5 м.

Малое Мураканское озеро с островом в северной части находится в 760 м к западу от Мураканского. Урез воды 11,0 м н. у. м. длина 0,84 км, максимальная глубина 4,0 м. В выбранной точке Малого Мураканского озера было отобрано восемь кернов по 1,0 м на глубинах от 4,0 м до 7,13 м.

В 2020 г. было исследовано Жирковское озеро, которое находится в 2,31 км к востоку от Мураканского. Урез воды 9,5 м н. у. м., длина озера 0,4 км, глубина от 3,0–3,5 м. В озере Жирковское была выбрана одна точка (Zh1) и взяты пять кернов, которыми охвачены отложения общей мощностью 4,0 м.

При отборе было произведено литологическое описание разрезов донных отложений.

Анализ потери массы при прокаливании (550° и 950°С) по стандартной методике (Santisteban et al., 2004) выполнялся Н.О. Перетрухиной под руководством автора в лаборатории РГПУ им. А. И. Герцена, диатомовый анализ выполнен О. С. Шиловой в лаборатории МГУ им. М.В. Ломоносова, радиоуглеродное датирование – в лабораториях ГИН РАН, ИГ РАН, СПбГУ, Университет Джорджии (США) (табл. 2.10).

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

различных высотах в пределах локального участка побережья, их датирование и гипсометрическая привязка порогов стока позволят выполнить реконструкцию и представить её в виде кривой относительного перемещения уровня моря (крупного водоема), на которой. На графике указаны высоты порогов стока серии озер и хронология трансгрессивных и регрессивных событий.

**Выводы по главе.** 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.

Ранее выполненные палеогеографические реконструкции на Карело-Кольском берегу (Колька и др., 2005, 2013; Колька, Корсакова, 2017; Корсакова, 2022) позволили выделить два трансгрессивно-регрессивных цикла: позднеледниковая трансгрессия, регрессия раннего голоцена, среднеголоценовая трансгрессия Тапес и последующая регрессия. Реконструкция для Большого Соловецкого острова (Субетто и др., 2012) достоверно отражает завершение трансгрессии Тапес.

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 позволят внести определенный вклад в решение проблемы изменения относительного уровня Белого моря в голоцене.

## ГЛАВА 2. СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ АРХИВЫ ИЗОЛИРОВАННЫХ ВОДОЕМОВ КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ

Во второй главе раскрывается первое защищаемое положение:

*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.*

### 2.1 Губа Конюхова. Озеро Конюховское и озерно-болотные объекты побережья.

На побережье губы Конюхова, Онежский полуостров, ранее было выделено три геоморфологических уровня (Репкина и др., 2017): моренная равнина (24–30 м н. у. м.), преимущественно абразионная морская терраса (14–17.5 м н. у. м.), абразионно-аккумулятивная морская терраса (7,0–10 м н. у. м.), к которым приурочены объекты палеолимнологических исследований. Гипсометрическое положение и стратиграфия вскрытых разрезов донных отложений представлены на рис. 2.1

В донных отложениях озера Конюховского по литологическому составу выделены (рис. 2.2) следующие горизонты: 6,70–6,64 – буровато-серый слоистый мелкозернистый глинистый песок, 6,64–6,55 – темно-бурая детритовая слабоопесчаненная гиттия, 6,55–6,50 – бурая однородная глинистая гиттия; 6,50–6,46 – прослой грубой органики; 6,46 – 6,40 бурая однородная глинистая гиттия с прослоями органики; 6,40–5,70 – серый глинистый алеврит; 5,70–5,46 – переслаивание серой опесчаненной глины с бурыми органическими слоями; 5,46–5,34 – бурая глинистая гиттия; 5,34–4,92 – темно-бурая слоистая гиттия; 4,92–4,00 бурая однородная гиттия.

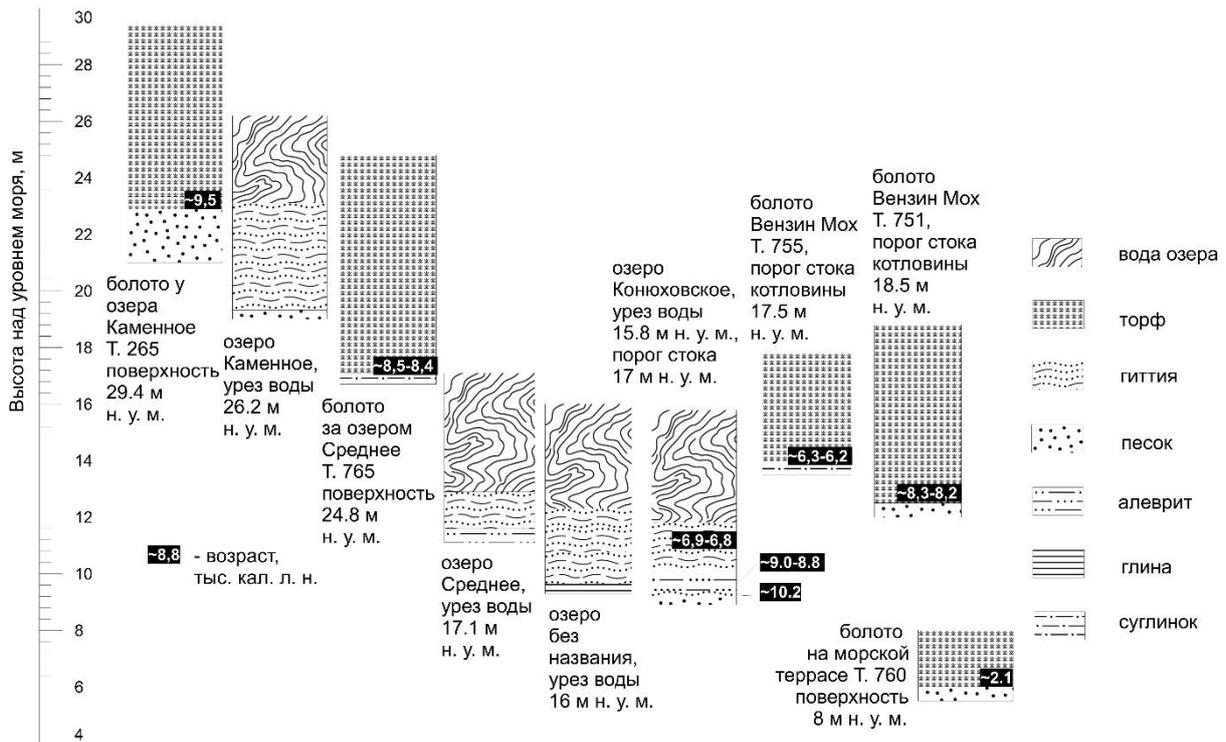


Рисунок 2.1. Гипсометрическое положение и стратиграфия донных отложений озер (Леонтьев и др., 2022) и болот (по Репкина и др., 2017) побережья губы Конюхова и результаты радиоуглеродного датирования.

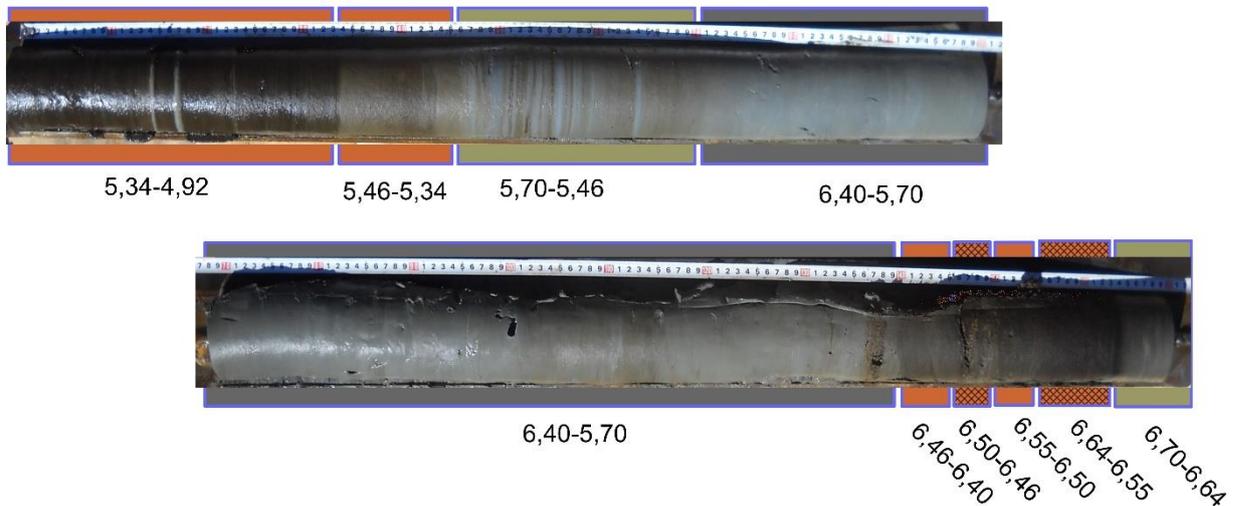


Рисунок 2.2. Фотографии участков кернов донных отложений Конюховского озера со сменой литологического состава. Глубины выделенных горизонтов – в метрах от поверхности воды, расшифровка в тексте.

Данные, полученные при определении потерь массы при прокаливании (ППП) образцов донных отложений озера Конюховское (рис. 2.3) при 550 °С (ППП<sub>550</sub>), 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 °С (ППП<sub>950</sub>) не превышают 5%.

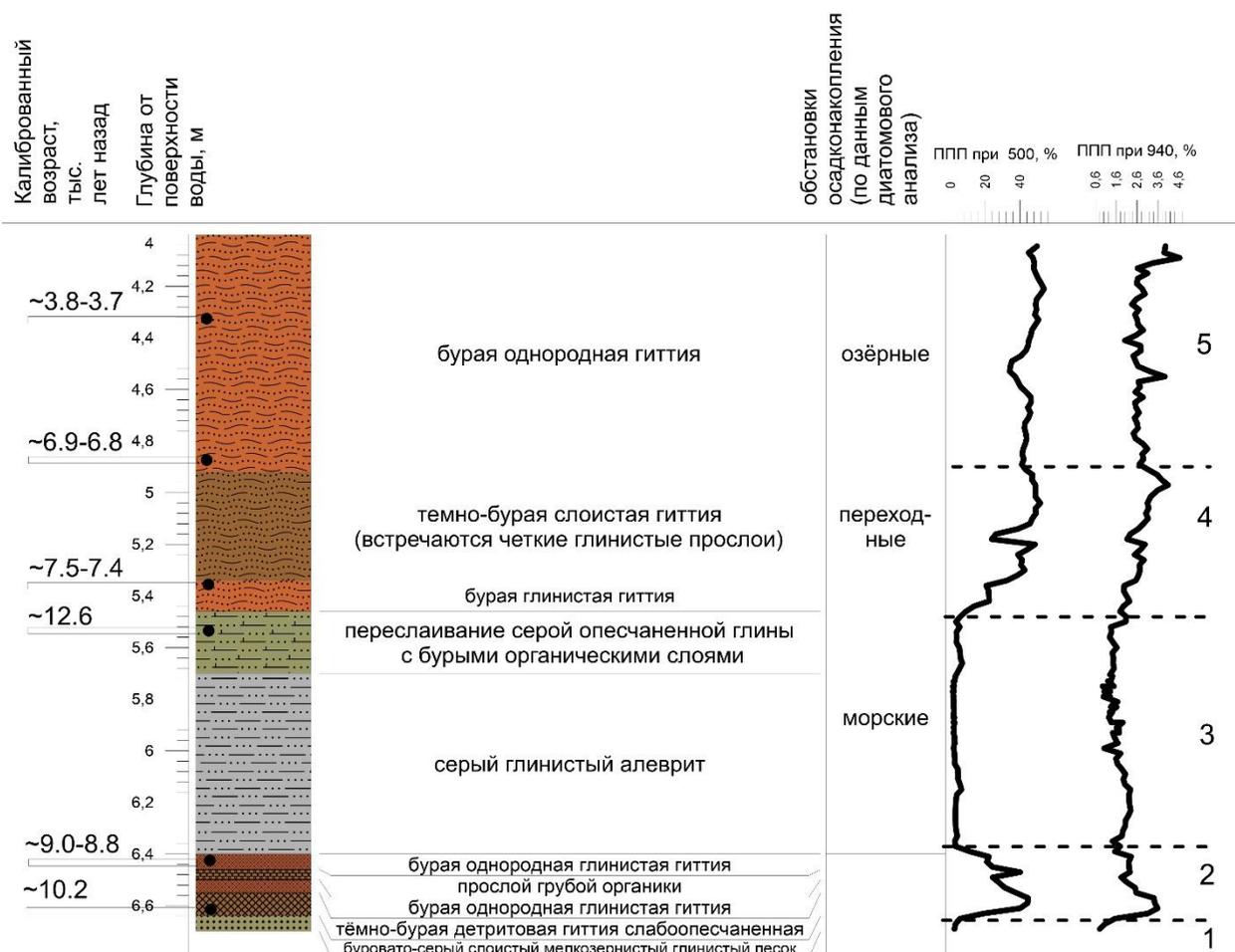


Рисунок 2.3. Литология донных отложений Конюховского озера. Результаты радиоуглеродного датирования и определения потери массы при прокаливании. Обстановки осадконакопления по данным диатомового анализа (Леонтьев и др., 2022).

На основании смены литологического состава и изменения оценочного содержания органического вещества в донных отложениях выделено пять зон, характеризующих условия осадконакопления (рис. 2.3). В зоне 1, соответствующей условиям крупного водоёма, отмечается минимальное оценочное содержание органики (~2–3% ППП<sub>550</sub>), а также карбонатного углерода (~1% ППП<sub>950</sub>). В зоне 2 (изоляция, понижение уровня) оба показателя резко возрастают и достигают значений 44% и ~3% соответственно. Зона 3 – минимальные показатели с небольшими колебаниями (ППП<sub>550</sub> от 2 до 6%), что предположительно

соответствует характеру осадконакопления в морских условиях. В зоне 4 (переходные условия) в целом наблюдается увеличение обоих показателей (ППП<sub>550</sub> достигают 50%, ППП<sub>950</sub> ~4%), и в 5-ой зоне (озерные условия) они относительно стабилизируются на этом уровне. Также в 5 зоне отмечаются разнонаправленные колебания значений ППП<sub>550</sub> и ППП<sub>950</sub>, 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. 2.3) (Леонтьев и др., 2022), показали, что в верхней части серого алевролита и перекрывающей его опесчаненной глине в составе диатомовых комплексов преобладают морские и солоноватоводно-морские литоральные диатомеи *Paralia sulcata*, *Grammatophora oceanica*, *Achnanthes brevipes*. Отмечены также споры планктонных *Chaetoceros* spp. В отложениях бурой глинистой гиттии многочисленны *Paralia sulcata* и *Chaetoceros* spp. Отмечается резкое увеличение содержания мелкоклеточных солоноватоводных и пресноводных представителей семейства *Fragilariaceae*. В слоистой гиттии доминируют диатомеи *Fragilariaceae* spp. В нижней части однородной гиттии численность *Fragilariaceae* spp. сокращается, постепенно в составе диатомовых комплексов возрастает доля пресноводных диатомей, в основном *Aulacoseira* spp.

Результаты радиоуглеродного датирования шести образцов донных отложений Конюховского озера (табл. 2.1, рис. 2.3) показали диапазон дат от 10206–10234 кал. л. н. в нижней части разреза (темно-бурая слабоопесчаненная детритовая гиттия) до 3701–3825 кал. л. н. в верхней части (бурая однородная гиттия). Для горизонта 5,70–5,46 м, в котором происходит переслаивание серой опесчаненной глины с бурыми органическими прослоями, отмечена инверсия дат (возраст 12565–12636 кал. л. н. в образце с глубины 5,53–5,52 м), которая не была включена в построенную глубинно-возрастную модель (рис. 2.4). Для последующей палеогеографической реконструкции использованы ранее опубликованные результаты датирования отложений болот побережья губы Конюхова табл.2.1, рис. 2.1 (Репкина и др., 2017).

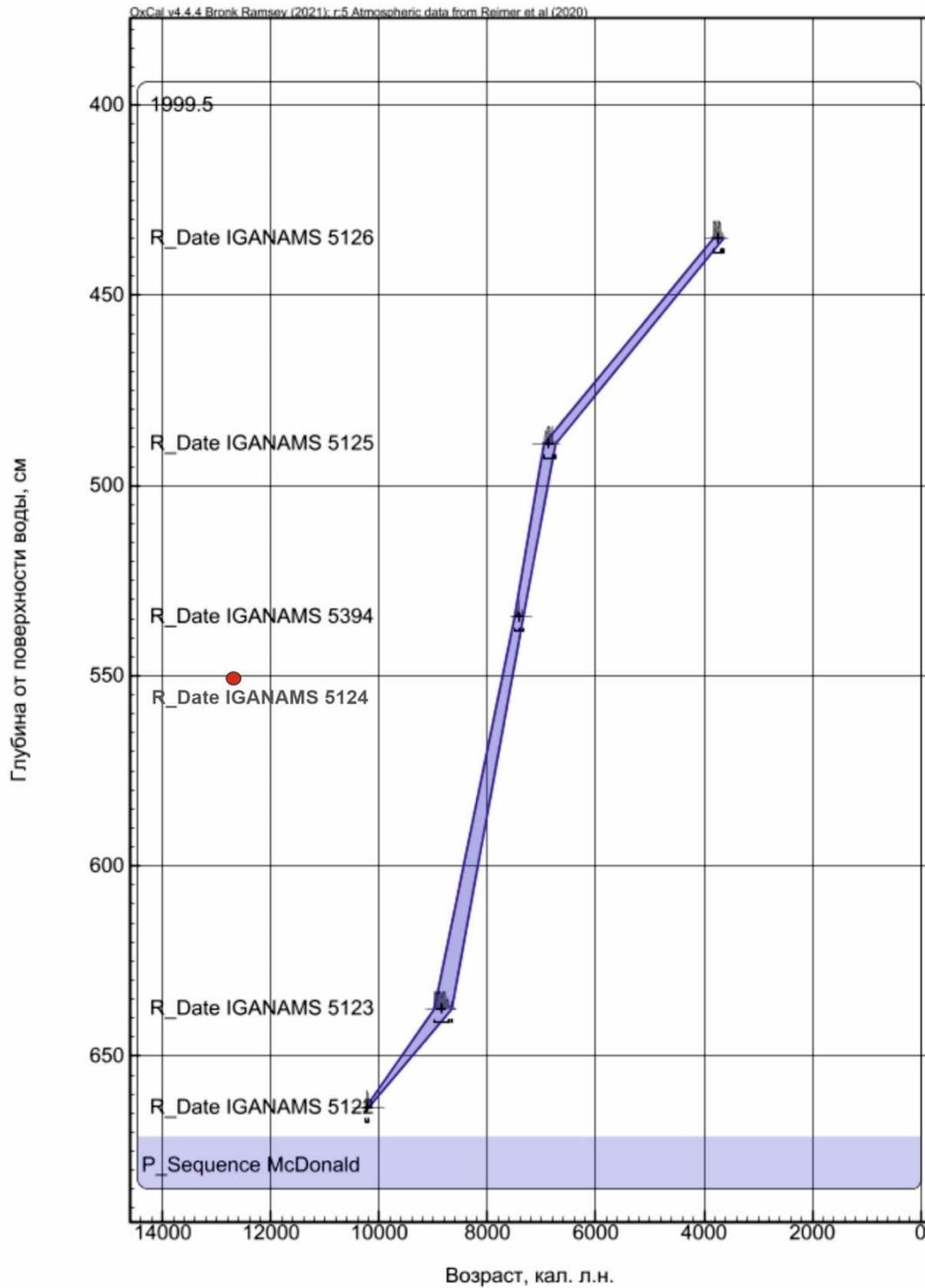


Рисунок 2.4 Глубинно-возрастная модель донных отложений озера Конюховское (OxCal v 4.4.4.). Красной точкой отмечена инверсия дат.

Таблица 2.1

## Результаты радиоуглеродного датирования образцов донных отложений озер и болот побережья губы Конюхова

№	Источник	Название объекта, положение	Высота уреза воды озера/поверхности болота над уровнем моря, м	Глубина на озера, м	Глубина отбора образца, м.	Материал для датирования	Индекс и номер образца	Радиоуглеродный возраст, <sup>14</sup> C л.н.	Калиброванный возраст, л.н. (1 sigma)	Координаты - с. ш., в. д.
			порог стока		от уреза воды от поверхности осадка					
1	Леонтьев и др., 2022	Конюховское озеро	15,8	4,00	6,63 – 6,64	Слабоопесчаненная детритовая гиттия	IGAN <sub>AMS</sub> 5122 UGAMS 26074	9050±30	10206-10234	64°,881331, 36°,587862
			17		2,63 – 2,64					
2	Леонтьев и др., 2022	Конюховское озеро	15,8	4,00	6,37 – 6,38	Прослой органики в глинистой гиттии, перекрытой глинистым алевритом	IGAN <sub>AMS</sub> 5123 UGAMS 26058	7980±30	8778-8981	64°,881331, 36°,587862
			17		2,37 – 2,38					
3	Леонтьев и др., 2022	Конюховское озеро	15,8	4,00	5,52 – 5,53	Переслаивание опесчаненной глины с органическими слоями	IGAN <sub>AMS</sub> 5124 UGAMS 26085	10610±30	12565-12636	64°,881331, 36°,587862
			17		1,52 – 1,53					
4	Леонтьев и др., 2022	Конюховское озеро	15,8	4,00	5,34 – 5,35	Растительные остатки в глинистой гиттии	IGAN <sub>AMS</sub> 5394 UGAMS 29023	6520±30	7422-7460	64°,881331, 36°,587862
			17		1,34 – 1,35					
5	Леонтьев и др., 2022	Конюховское озеро	15,8	4,00	4,88 – 4,90	Гиттия	IGAN <sub>AMS</sub> 5125 UGAMS 26055	6030±30	6801-6929	64°,881331, 36°,587862
			17		0,88 – 0,90					
6	Леонтьев и др., 2022	Конюховское озеро	15,8	4,00	4,34 – 4,36	Гиттия	IGAN <sub>AMS</sub> 5126	3480±25	3701-3825	64°,881331, 36°,587862
			17		0,34 – 0,36					

							UGAMS 26086			
7	Репкина и др., 2017, 2020	болото Вензин Мох (ВМ 755)	17,8 17,5	–	– 3,90 – 4,00	Сапрпель оторфованный на серых суглинках	ГИН-15203 GIN-15203	5420 ± 40	6207–6281	64°,882569, 36°,602558
8	Репкина и др., 2017, 2020	болото Вензин Мох (ВМ 751)	18,8 18,5	–	– 6,30-6,40	Торф на песке разнoзернистом с гравием	ГИН-15202 GIN-15202	7420 ± 70	8182–8326	64°,875596, 36°,602600
9	Репкина и др., 2017	болото за оз. Среднее (БС 765)	24,8	–	– 7,70 – 7,80	Торф на суглинках сизо-серых с дрсвой и щебнем	ГИН-15206 GIN-15206	7610 ± 70	8354–8459	64°,888358, 36°,536882
10	Репкина и др., 2017	болото у оз. Каменное (БК 265)	29,4	–	– 6,40 – 6,50	Сапрпель оторфованный на разнoзернистом (от грубого до мелкого) глинистом песке	ГИН-15204 GIN - 15204	8540 ± 50	9496–9542	64°,87882, 36°,58114
11	Репкина и др., 2017	болото на морской террасе (Т 760)	8,0	–	– 1,9–2,0 1,90 – 2,00	Торф на сортированном среднезернистом песке	ГИН-15205 GIN-15205	2100 ± 40	2036–2122	64°,893191, 36°,563525

Донные отложения озера Среднее (рис. 2.5). в нижней части представлены серым глинистым алевритом (глубины 6,0–5,5 м от поверхности озера), более плотным и вязким в основании керна. Выше лежит слой светло-бурой (5,5–5,43 м) и зеленовато-бурой грубодетритовой (5,43–5,35 м) гиттии. Верхняя часть разреза (5,35–4,20 м) сложена темно-бурой однородной гиттией. Общая мощность вскрытых отложений 1,8 м.

Содержание органического вещества (ППП<sub>550</sub>) в алевритовых отложениях находится в диапазоне 0,8–5,1%. Постепенный рост от 1 до 5% отмечен в верхних 10 см осадка. В горизонте светло-бурой гиттии происходит значительное увеличение содержания органического вещества (17–22%). В горизонте грубодетритовой гиттии содержание органического вещества максимальное для всего разреза (47–50%). В замыкающей разрез гиттии содержание органического вещества составило 33–43%.

Вскрытая осадочная последовательность донных отложений озера Каменное (рис. 2.1) представлена серым глинистым песком в нижней части разреза (вскрыто 6,89–6,87 м от поверхности озера), темно-бурой торфянистой гиттией (6,87–5,71 м), включающей горизонт темно-бурой детритовой гиттии (6,42–5,96 м), и бурой однородной гиттией в верхней части (5,71–3,10 м).

В осадках озера без названия (рис. 2.1) вскрыты зеленовато-серая гиттиевая опесчаненная глина (6,5–6,36 м), слоистая глинистая гиттия (6,36–5,89 м) с фрагментами древесины (6,23–6,25 м), темно-бурая однородная гиттия (5,89–5,50 м), торфянистая гиттия (5,5–5,35 м), серая глинистая гиттия (5,35–4,47 м) с серыми алевритовыми прослоями (5,05–5,24 м), бурая слоистая гиттия (4,47–4,37 м), темно-бурая однородная гиттия (4,37–3,80 м).

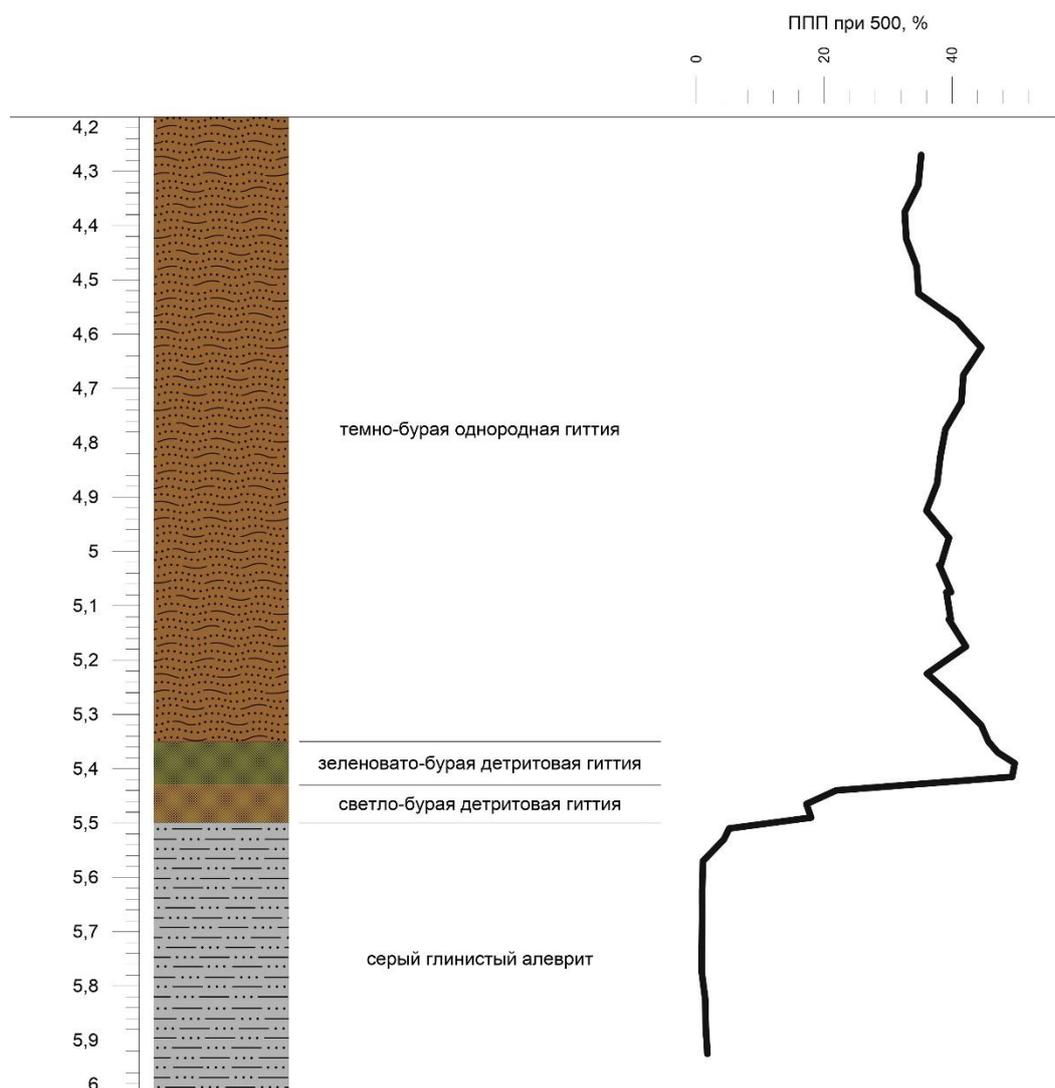


Рисунок 2.5. Литология донных отложений озера Среднее, Онежский п-ов, и результаты определения потери массы при прокаливании (глубина от поверхности воды в метрах)

Результаты изучения болотных отложений представлены в табл. 2.1, и на рис. 2.1 ранее опубликованы нами в статье Т.Ю. Репкиной и др. (Репкина и др., 2020). В южной котловине палеозалива 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). В этом разрезе по данным диатомового анализа морские условия осадконакопления не зафиксированы.

В северной котловине палеозалива Вензин Мох с порогом стока около 17,5 м (скважина ВМ 755) 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.

В разрезе болота у озера Каменное (БК 265) на отметке 29,4 м н. у. м. подошва сапропеля оторфованного на разнотернистом (от грубого до мелкого) глинистом песке датирована ~9500 кал. л. н. В разрезе отложений болота за озером Среднее (БС 765) с поверхностью 24,8 м н. у. м. из подошвы торфа на суглинках сизо-серых с дресвой и щебнем получена дата ~8,5–8,4 тыс. кал. л. н. В осадках болота на морской террасе (Т 760) 8,0 м н. у. м. подошва торфа на сортированном среднетернистом песке датирована ~2100 кал. л.

## **2.2. Большой Соловецкий остров Озера: Моренное, Рыбка, Варваринское и озерно-болотные объекты побережья.**

Стратиграфия изученных донных отложений представлена на рис. 2.6 и 2.7. Описание полученных результатов приводится в порядке уменьшения гипсометрической отметки озера или болота: от 25,7 м н. у. м у озера Моренного до 1,8 м н. у. м для скважины «Низкая терраса»

В донных отложениях озера Моренное с урезом воды 25,7 м н. у. м. (таблица 2.2) по литологическому составу выделены снизу-вверх следующие отложения: мелко-среднетернистый песок (11,10–10,88 м от поверхности воды), торф и оторфованная гиттия (10,88–10,00 м) и гиттия (10,00–6,60 м). Общая мощность вскрытых осадков составила 4,60 м. Возраст торфа, взятого с глубины 10,90–10,85 м на контакте с нижележащими песками составил ~10400 кал. л. н. (таблица 2.6, рисунок 2.6).

В донных отложениях озера Рыбка с урезом 24 м н. у. м. (табл. 2.3, рис. 2.6) по литологическому составу выделены снизу-вверх следующие пачки отложений: глинистый алеврит (12,05–11,46 м от поверхности воды) с прослоем опесчаненной гиттии (11,97–11,91 м), чередование глинистого алеврита и опесчаненной слоистой гиттии (11,46–10,80 м), гиттией (10,80–8,00 м). Общая мощность вскрытых осадков

составила 4,05 м. Возраст отложений на контакте гиттия–алеврит (глубины отбора образца 11,29–11,34) составил ~11000 кал. л. н. (табл. 2.6)

Таблица 2.2.

## Литология донных отложений озера Моренное

Глубины от поверхности воды, м		Краткое описание	Детализация
6,60	6,86	гиттия	обводненная буровато-оливковая гиттия
6,86	9,20	гиттия	бурая гиттия
9,20	9,75	гиттия	бурая гомогенная гиттия слабо опесчаненная мелко-зернистым песком (МЗП)
9,75	10,00	гиттия	бурая гомогенная гиттия с макроостатками слабо опесчаненная МЗП
10,00	10,66	гиттия	шоколадно-коричневая гиттия слабо опесчаненная МЗП с макроостатками (торф, водные макрофиты)
10,66	10,67	торф	торф среднеразложившийся
10,67	10,71	гиттия	шоколадно-коричневая гиттия слабо опесчаненная МЗП с макроостатками (торф, водные макрофиты)
10,71	10,78	торф	торф среднеразложившийся
10,78	10,85	гиттия	шоколадно-коричневая гиттия слабо опесчаненная МЗП с макроостатками (торф, водные макрофиты)
10,85	10,88	торф	торф среднеразложившийся с фрагментами древесины
10,88	11,10	песок	серый мелко-среднезернистый песок с коричневыми полосами, включением дресвы

Таблица 2.3.

## Литология донных отложений озера Рыбка

Глубины от поверхности воды, м		Краткое описание	Детализация
8,00	9,00	гиттия	зеленовато-бурая гиттия с макроостатками
8,90	9,90	гиттия	зеленовато-бурая гомогенная гиттия
9,80	10,80	гиттия	бурая гомогенная гиттия, более плотная
10,80	11,20	гиттия	темно-бурая полосчатая гиттия
11,20	11,40	гиттия	темно-оливковая полосчатая гиттия опесчаненная
11,40	11,43	глинистый алеврит	серый глинистый алеврит
11,43	11,46	гиттия	темно-оливковая полосчатая гиттия опесчаненная
11,46	11,91	глинистый алеврит	серый глинистый алеврит
11,91	11,97	гиттия	коричневато-оливковая гиттия опесчаненная МЗП
11,97	12,05	глинистый алеврит	серый глинистый алеврит

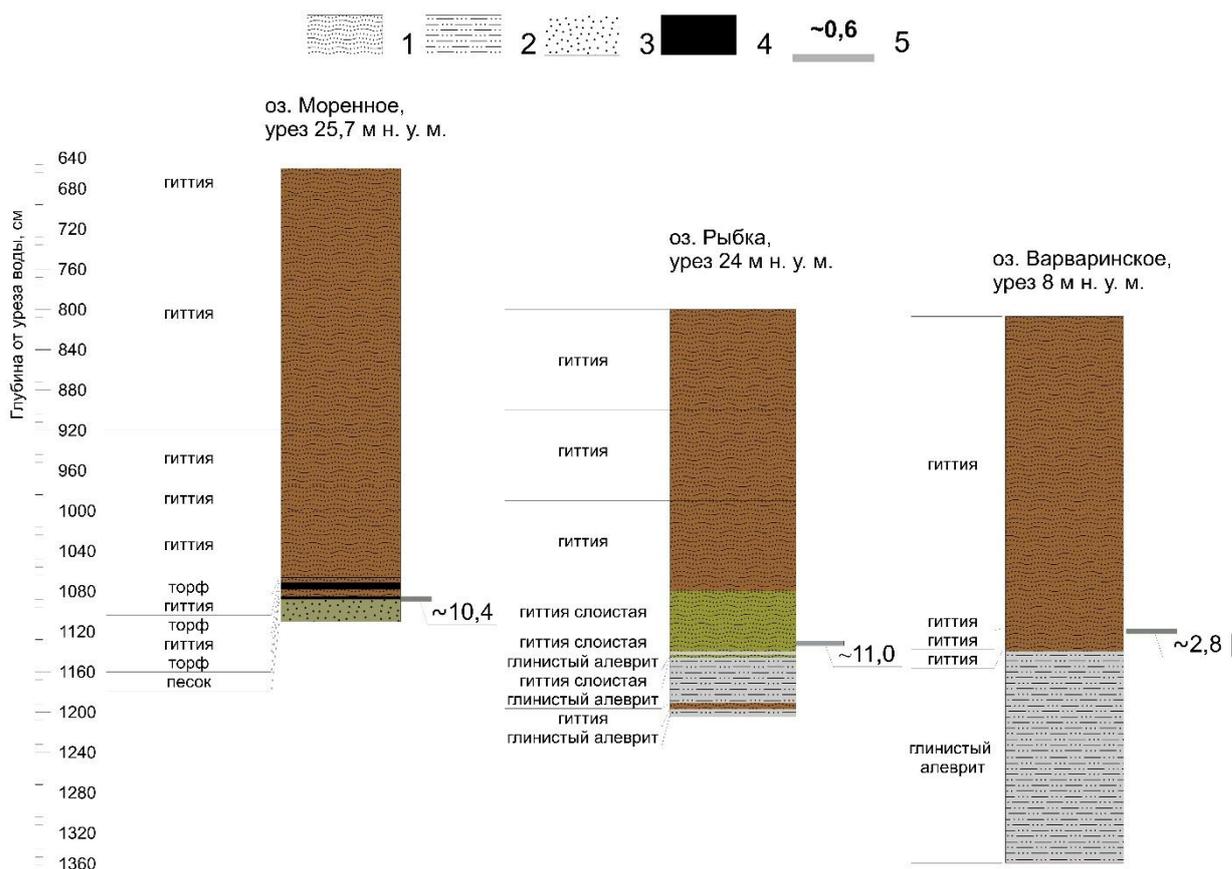


Рисунок 2.6. Стратиграфия донных отложений озер побережья Большого Соловецкого острова и результаты радиоуглеродного датирования. 1 – гиттия, 2 – глинистый алеврит, 3 – песок мелко-среднезернистый, 4 – торф, 5 – возраст, тыс. кал. л. н.

В донных отложениях озера Варваринское с урезом  $\sim 8,4$  м н. у. м. (табл. 2.4, рис. 2.6) по литологическому составу выделены снизу-вверх: глинистый алеврит (13,50–11,40 м от уреза воды), слоистая гиттия (11,40–11,00 м), гиттия (11,00–8,07 м). Возраст слоистой гиттии в интервале глубин 11,17–11,22 м составил  $\sim 2800$  кал. л. н. (табл. 2.6).

Таблица 2.4

#### Литология донных отложений озера Варваринское

Глубины от поверхности воды, м		Краткое описание	Детализация
8,07	11,00	гиттия	гиттия буровато-оливковая слабо опесчаненная МЗП
11,00	11,17	гиттия слоистая	слоистая гиттия (оливковые и черные прослой) опесчаненная МЗП
11,17	11,30	гиттия слоистая	слоистая гиттия опесчаненная МЗП (мелкие прослой 1-2 мм от коричневатого-серого до темно-коричневого)
11,30	11,40	гиттия слоистая	слоистая гиттия опесчаненная МЗП (слой от 2 до 7 мм от темно-серого до коричневого)
11,40	13,50	глинистый алеврит	опесчаненный глинистый алеврит оливково-серый с более темными и серыми прослоями

В отложениях болота Ребалда с высотой поверхности 15,7 –15,5 м н. у. м. вскрыты снизу-вверх следующие пачки отложений: песок мелко-среднезернистый (на глубине 2,00–1,88 м от поверхности болота), гиттия (1,88–1,86 м), торф (1,86–0,00 м) (рис. 2.7.). Возраст отложений на контакте гиттия–подошва торфа (1,88 – 1,84 м) составил ~3500 кал. л. н. (табл. 2.6).

В торфянике «Средняя терраса» с высотой поверхности 10,5 м н. у. м. (рис. 2.7) вскрыты снизу-вверх: песок средне-крупнозернистый (на глубине 1,40–1,28 м от поверхности торфяника), глинистый алеврит с включением органики (1,28–1,275 м), торф (1,275 –0,00 м). Возраст торфа с прослоями угля в интервале глубин 1,19 – 1,23 м составил ~3900 кал. л. н. (табл. 2.6)

В торфянике «Низкая терраса» с высотой поверхности 1,8 м н. у. м. (табл. 2.5, рис. 2.7) вскрыты снизу-вверх: песок с гравием (на глубине 0,78–0,72 м от поверхности торфяника), переслаивание торфа и грубозернистого песка (0,72–0,58 м), торф (0,58–0,00). Возраст отложений, представляющих собой переслаивание торфа и песка, в интервале глубин 0,62–0,72 м составил ~900 кал. л. н. (табл. 2.6)

Таблица 2.5

## Литология донных отложений болота «Низкая терраса»

Глубины от поверхности торфяника, м		Краткое описание	Детализация
0,00	0,39	сфагнум живой и торф	сфагнум живой и торф сфагновый, слабо разложившийся, мокрый
0,39	0,51	торф	торф сфагновый слабо разложившийся
0,51	0,58	торф	торф сфагновый, коричневый средне разложившийся
0,58	0,62	песок гз с гравием	песок серо-коричневый, грубозернистый с большим кол-вом гравия (до 13 мм)
0,62	0,67	торф	торф темно-коричневый, хорошо разложившийся, с макроостатками
0,67	0,70	песок гз	песок серо-коричневый, грубозернистый
0,70	0,72	торф	торф темно-коричневый, хорошо разложившийся, с макроостатками
0,72	0,78	песок гз с гравием	песок серый, разнозернистый (от среднего до грубого) с гравием

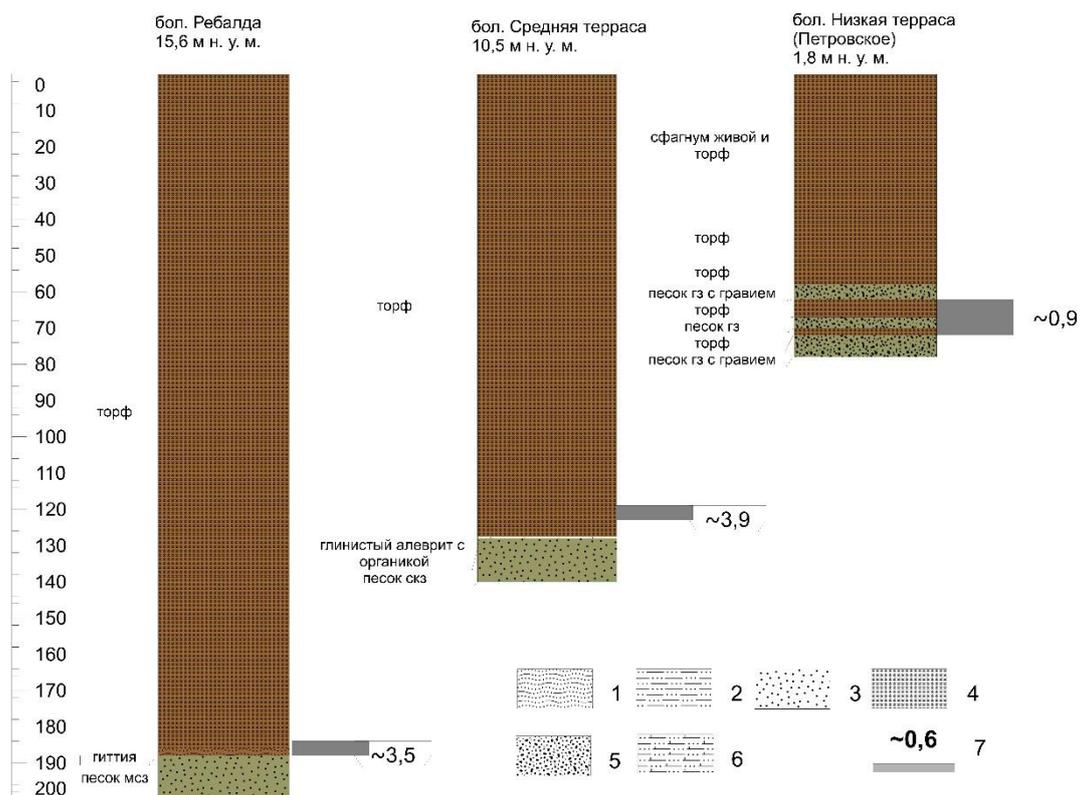


Рисунок 2.7. Стратиграфия донных отложений болот побережья Большого Соловецкого острова и результаты радиоуглеродного датирования. 1 – гиттия, 2 – глинистый алеврит, 3 – песок, 4 – торф, 5 – песок грубозернистый, 6 – глинистый алеврит с органикой, 7 – возраст, тыс. кал. л. н.

Таблица 2.6.

**Результаты радиоуглеродного датирования образцов донных отложений озер и болот побережья Большого Соловецкого острова**

№	Источник	Название объекта, положение	Высота уреза воды озера/поверхности болота над уровнем моря, м	Глубина озера, м	Глубина отбора образца, м	Материал для датирования	Индекс и номер образца	Радиоуглеродный возраст, <sup>14</sup> C л.н.	Калиброванный возраст, л.н. (1 sigma)	Координаты - с. ш., в. д.
			порог стока		от уреза воды от поверхности осадка					
1	данные не опубликованы	Скв. оз. Моренное	25,7	6,50	10,85–10,9 4,35–4,4	Контакт торфа и песка	LU-11125	920060	10410±230	65,056760, 35,624199
			25,7							
2	Rybalko et al., 2025	Скв. оз. Рыбка	24	8,00	11,29–11,34 3,29–3,34	контакт гиттия-алеврит	LU-11123	9630±140	10960±200	65,057846, 35,614243
			24							
3	данные не опубликованы	Скв. оз. Рыбка	24	8,00	11,17–11,22 3,17–3,22	Гиттия опесчаненая	LU-11122	9080±110	10240±170	65,057846, 35,614243
4	данные не опубликованы	Скв. 2 Болото Ребалда	15,7–15,5	–	1,84–1,88	Торф и гиттия	LU-10934	3250±80	3480±90	65,117307, 35,804400
			~13,8							
5	данные не опубликованы	Скв. Средняя терраса	10,5	–	1,19–1,23	Торф с прослоями угля	LU-10933	3600±80	3910±120	65,053417, 35,589467
			~9,3							
6	данные не опубликованы	Скв. оз. Варваринское	~8,0	7,5	11,17–11,22 3,67–3,72	Гиттия	LU-11126	2670±90	2780±120	65,049271, 35,735199
			~8,0							
7	данные не опубликованы	Скв. Низкая терраса	~1,8	–	0,62–0,72	Переслаивание торфа и песка	LU-10932	960±70	860±70	65,049674, 35,572250
			~1,8							

### 2.3. Анзерский остров. Озера Надбанное, Банное, Голгофское, Капорское.

В осадочной последовательности донных отложений четырех исследованных озер побережья Анзерского острова выделена переходная зона, литологически соответствующая смене крупного (морского или приледникового) бассейна изолированным озёрным. Результаты изучения состава донных отложений опубликованы при участии автора (Кузнецов Д.Д. и др., 2022).

Стратиграфия вскрытых разрезов донных отложений представлены на рис 2.8–2.13. Описание полученных результатов приводится в порядке уменьшения отметки уреза воды в озерах: 20–21,5 м н. у. м Надбанное (или без названия, №1); 13,7 м н. у. м. Банное; 11,2–11,6 м н. у. м. Голгофское; 2,5–3,3 м н. у. м. Капорское (Капельское).

В донных отложениях **озера Надбанное** с урезом воды 20–21,5 м н. у. м. (рис. 2.8, 2.9, 2.13) вскрыты снизу-вверх: 6,16–6,07 м от уровня воды – серая плотная вязкая глина, 6,07–5,95 м – светло- и темно-бурая слоистая (глинистая) гиттия с глинистыми прослоями, имеющая литологические признаки переходной зоны в процессе изоляции водоема; завершает разрез (5,95–4,2 м) темно-бурая однородная гиттия.

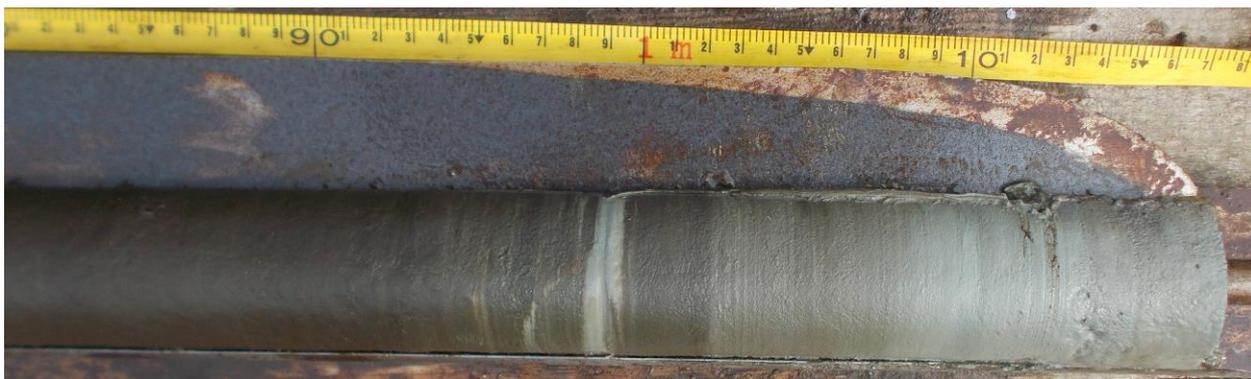


Рисунок 2.8. Фотография нижней части вскрытых осадков озера Надбанного, в интервале 6,07–5,95 м – слоистая гиттия с четким глинистым прослоем – переходный горизонт от минерагенных к органическим отложениям.

Датированы образцы слоистой гиттии из нижней (~11200–10600 кал. л. н.) и верхней (~10500–10200 кал. л. н.) частей переходного горизонта (табл. 2.7, рис. 2.8.). Период его формирования составил около ~11200–10200 кал. л. н.

Значения потери массы при прокаливании ППП<sub>550</sub> (Кузнецов Д.Д. и др., 2022) позволяют выделить три зоны, в целом совпадающие с литологическими единицами (рис. 2.9): в горизонте глин ППП<sub>550</sub> составляет 3–4%; в слоистой гиттии происходит резкое увеличение до 5–22% (также маркируется более темным цветом осадка); однородная гиттия характеризуется высоким содержанием органического вещества с пиком в 78%.

### Надбанное озеро, ~21 м н. у. м.

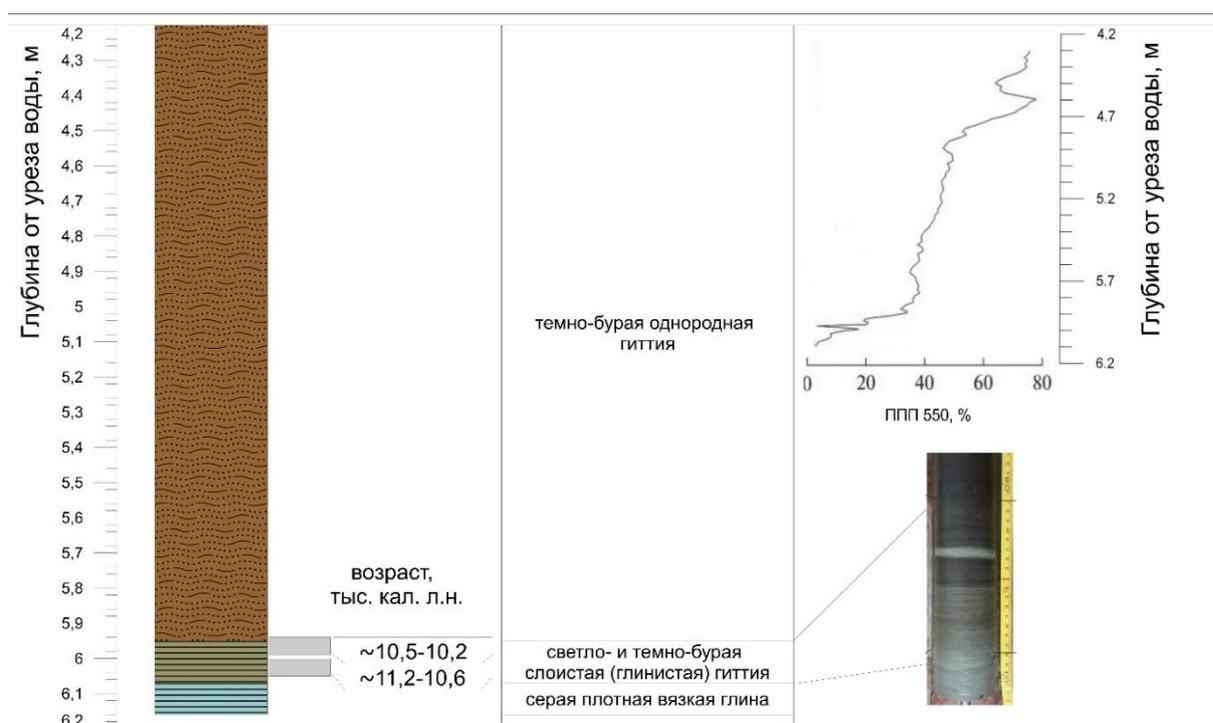


Рисунок 2.9. Литология донных отложений Надбанного озера, о-в Анзер. Результаты радиоуглеродного датирования и определения потери массы при прокаливании.

В донных отложениях **озера Банное** с урезом воды около 14 м н. у. м. (рис. 2.13) вскрыты снизу-вверх: 5,05–4,15 м от уровня воды – серая опесчаненная глина, 4,15–3,96 слоистая зеленовато-чёрная гиттия (переходный горизонт), 3,96–2,65 бурая однородная гиттия

Датированы образцы слоистой гиттии из нижней (~5700–5300 кал. л. н.) и верхней (~4800–4400 кал. л. н.) частей переходного горизонта (табл. 2.7, рис. 2.10.).

Период его формирования составил около ~5700–4400 кал. л. н.

Значения ППП<sub>550</sub> позволяют выделить три зоны, в целом совпадающие с литологическими единицами (рис. 2.10): в горизонте глин ППП составляет 0,5–5%, далее происходит резкое увеличение до 47% (верхняя часть глинистого горизонта, переходный горизонт и нижняя часть гиттии), в вышележащей однородной гиттии показатель стабилизируется на уровне более 45% с последующим снижением до значений около 35%.

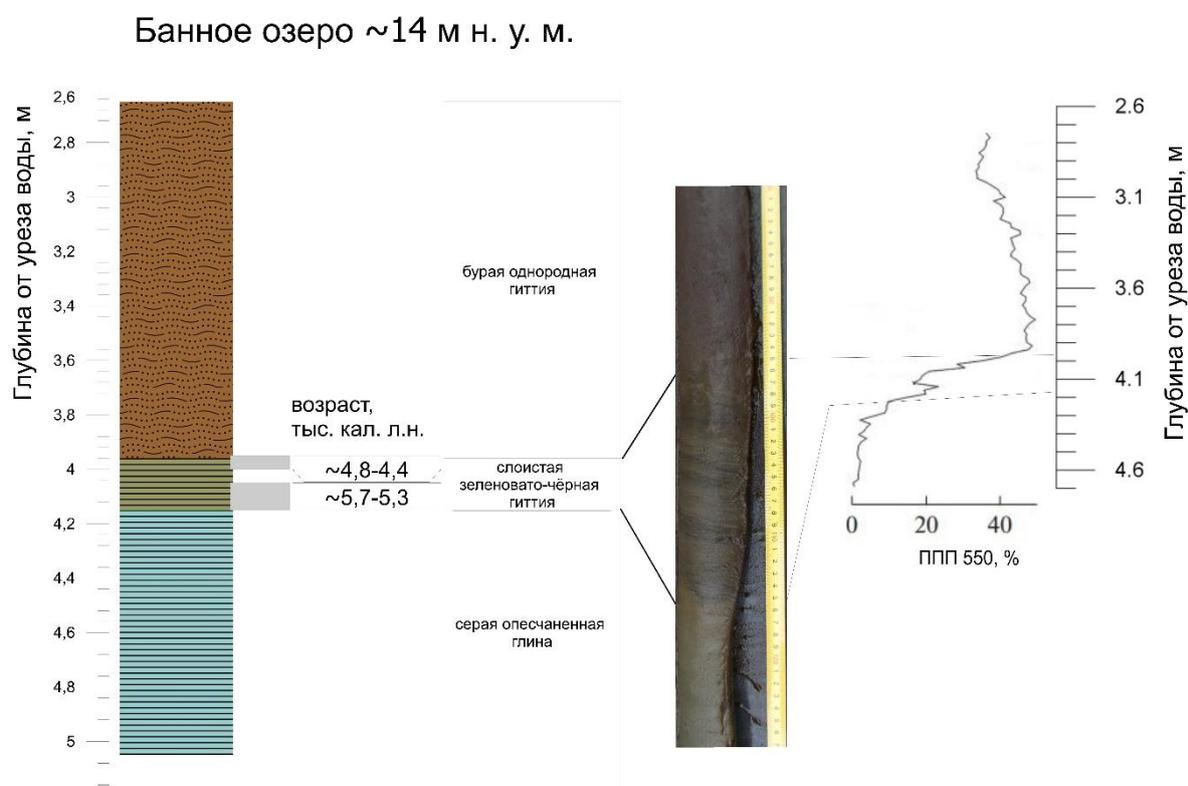


Рисунок 2.10. Литология донных отложений Банного озера, о-в Анзер. Результаты радиоуглеродного датирования и определения потери массы при прокаливании

Литологическая последовательность отложений **озера Голгофское** с высотой уреза воды около 11,0 м н. у. м. (рис. 2.13) включает: 4,45–4,28 м от уровня воды – тонкозернистый серый песок, 4,28–3,95 слоистую слабоопесчаненную глинистую гиттию (переходный горизонт), 3,95–3,0 жидкую бурую однородную гиттию.

Датированы образцы слоистой гиттии из нижней (~5600–4900 кал. л. н.) и

верхней (~5600–5000 кал. л. н.) частей переходного горизонта (табл. 2.7, рис. 2.11.). Период формирования слоистого горизонта составил ~5600–4900 кал. л. н. Особенностью переходного горизонта является более древний возраст верхней части по сравнению с возрастом нижней части.

Значения потери массы при прокаливании при 550 °С позволяют выделить три зоны, в целом совпадающие с литологическими единицами (рис. 2.11): для песков ППП составляет 0,3–2%, далее в слоистом горизонте происходит резкое увеличение от 8% до 23% с пиком значений 31% в его средней части (что говорит о нестабильных условиях осадконакопления), в вышележащей однородной гиттии показатели достаточно высокие 17–40% со значительными флуктуациями и общим трендом на повышение.

#### Голгофское озеро ~11 м над у. м.

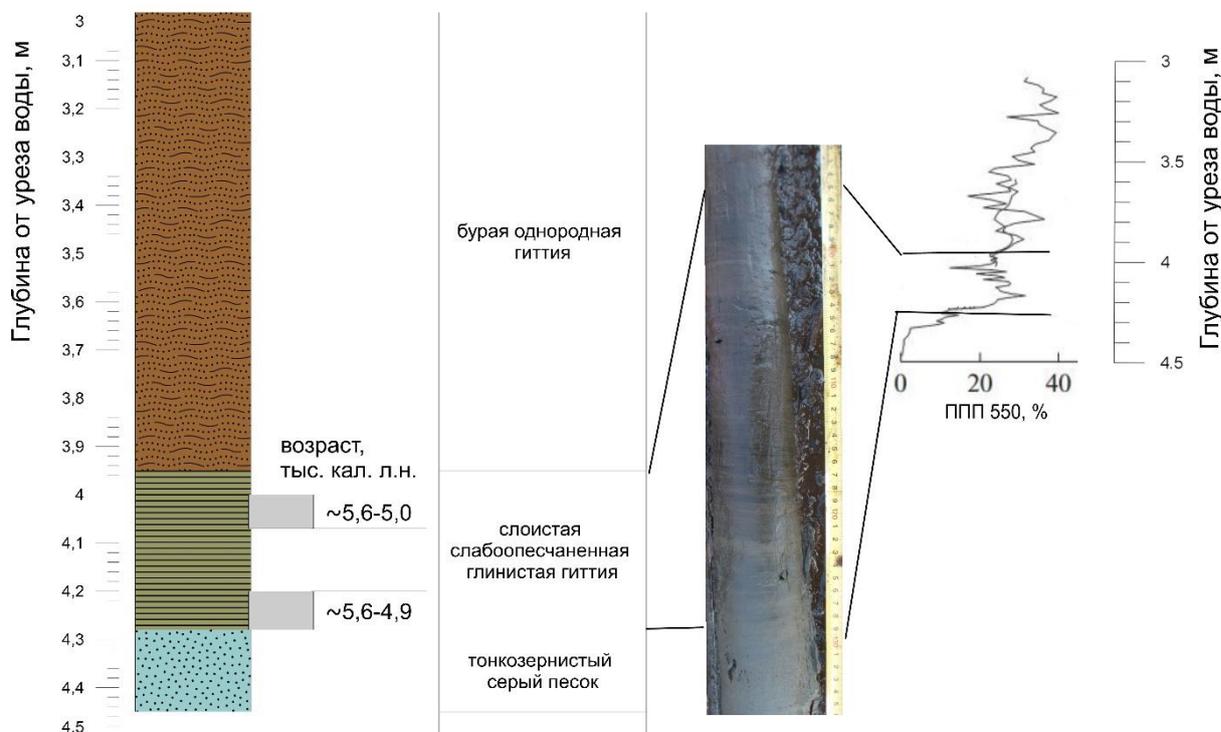


Рисунок 2.11. Литология донных отложений Голгофского озера, о-в Анзер. Результаты радиоуглеродного датирования и определения потери массы при прокаливании

В донных отложениях **озера Капорское** с урезом воды  $\sim 3,0$  м н. у. м. (рис 2.13) вскрыты снизу вверх: 8,95–7,33 м – серая опесчаненная глина, с единичными включениями гальки и прослоями ракушечного детрита; 7,33–7,00 м – зеленовато-бурая и черная слоистая глинистая гиттия (переходный горизонт); 7,00–5,10 м – бурая влажная однородная гиттия.

Датированы образцы верхней части слоистой гиттии. Получены значения с небольшой инверсией: вышележащий образец возраста  $\sim 2200$ –1700 кал. л. н., нижележащий –  $\sim 1900$ –1600 кал. л. н. (табл. 2.7, рис. 2.12). Время завершения формирования переходного горизонта составляет 1900–1700 кал. л. н.

Динамика потерь массы при прокаливании в целом совпадает с изменением литологического состава (рис 2.12): в горизонте глин ППП<sub>550</sub> составляет около 3%, в слоистой гиттии происходит резкое увеличение до 8–34%, однородная гиттия характеризуется высоким содержанием органического вещества: возрастает от 40 до 55% с последующим спадом до 42%.

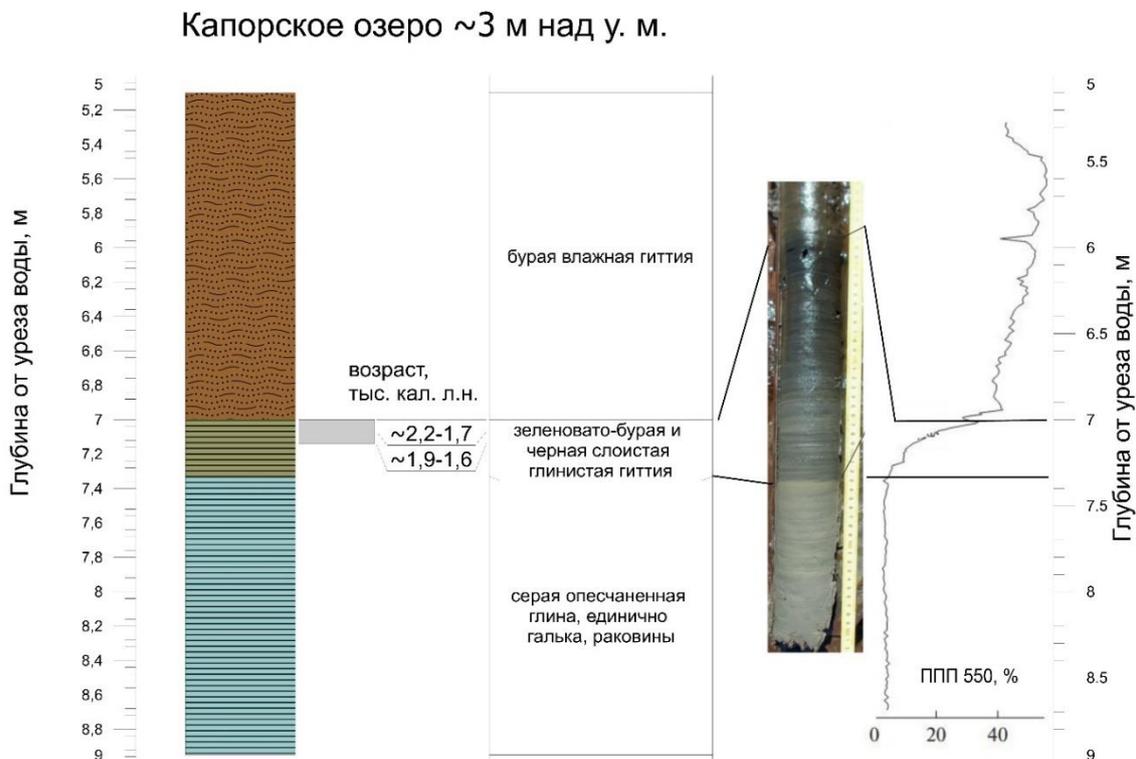


Рисунок 2.12. Литология донных отложений Капорского озера, о-в Анзер. Результаты радиоуглеродного датирования и определения потери массы при прокаливании



Рисунок 2.13. Гипсометрическое положение и стратиграфия донных отложений озер побережья Анзерского острова и результаты радиоуглеродного датирования. Составлено автором по материалам экспедиционных работ и по (Кузнецов и др., 2022). Гипсометрическое положение урезов воды (порогов стока), кровли переходных горизонтов – слоистых глин (завершение изоляции), подошвы и кровли гиттии, указано верно. Мощность слоистых глин и подстилающих их глин и песков условно увеличена с целью читабельности рисунка, положение датированных образцов – в соответствии с условным положением литологических границ.

Таблица 2.7.

## Результаты радиоуглеродного датирования образцов донных отложений озер побережья Анзерского острова

№	Источник	Название объекта, положение (озёра)	Высота уреза воды озера/поверхности болота н. у. м., м	Глубина озера, м	Глубина отбора образца, м	Материал для датирования	Индекс и номер образца	Радиоуглеродный возраст, <sup>14</sup> C л.н.	Калиброванный возраст, л.н. (1 sigma)	Координаты - с. ш., в. д.
			порог стока		от уреза воды от поверхности осадка					
1	Кузнецов Д.Д. и др., 2022	Надбанное (Без названия №1)	20–21,5	4,2	5,94–5,99	Слоистая глинистая гиттия	LU-8214	9120 ± 70	10493–10185	65,146707, 36,030906
			20–21,5		1,74–1,79					
2	Кузнецов Д.Д. и др., 2022	Надбанное (Без названия №1)	20–21,5	4,2	6,00–6,05	Слоистая глинистая гиттия	LU-8213	9590 ± 110	11211–10602	65,146707, 36,030906
			20–21,5		1,8–1,85					
3	Кузнецов Д.Д. и др., 2022	Банное	13,7	2,7	4,05–4,15	Слоистая глинистая гиттия	LU-8216	4810 ± 90	5723–5320	65,144994, 36,038280
			13,7		1,35–1,45					
4	Кузнецов Д.Д. и др.,	Банное	13,7	2,7	3,95–4,00	Слоистая глинистая гиттия		4110 ± 90	4838–4424	65,144994, 36,038280
			13,7		1,25–1,3					
5	Кузнецов Д.Д. и др.,	Голгофское	11,2–11,6	2,8	4,20–4,28	Слоистая глинистая гиттия	LU-8219	4550 ± 90	5567–4886	65,142335, 36,064541
			11,2–11,6		1,4–1,48					
6	Кузнецов Д.Д. и др.,	Голгофское	11,2–11,6	2,8	4,00–4,07	Слоистая глинистая гиттия	LU-8220	4590 ± 70	5575–5040	65,142335, 36,064541
			11,2–11,6		1,2–1,27					
7	Кузнецов Д.Д. и др.	Капорское	2,5–3,3	5,1	7,07–7,14	Слоистая глинистая гиттия	LU-8223	1820 ± 70	1892–1569	65,143440, 36,080027
			2,5–3,3		1,97–2,04					
8	Кузнецов Д.Д. и др., 2022	Капорское	2,5–3,3	5,1	7,00–7,07	Слоистая глинистая гиттия	LU-8224	1970 ± 90	2150–1707	65,143440, 36,080027
			2,5–3,3		1,90–1,97					

## 2.4. Унская губа. Озера: Мураканское, Малое Мураканское, Жирковское. Болото Горбоватый Мох.

Стратиграфия вскрытых разрезов донных отложений представлена на рис. 2.14. Приводятся полученные результаты для разрезов донных отложений озер и болот: 11,0 м н. у. м Малое Мураканское; 9,5 м н. у. м Жирковское (сплавина озера, торфяник); 7,0 м н. у. м. Мураканское; 6,5 м. н. у. м скважина 388 (болото Горбоватый Мох).

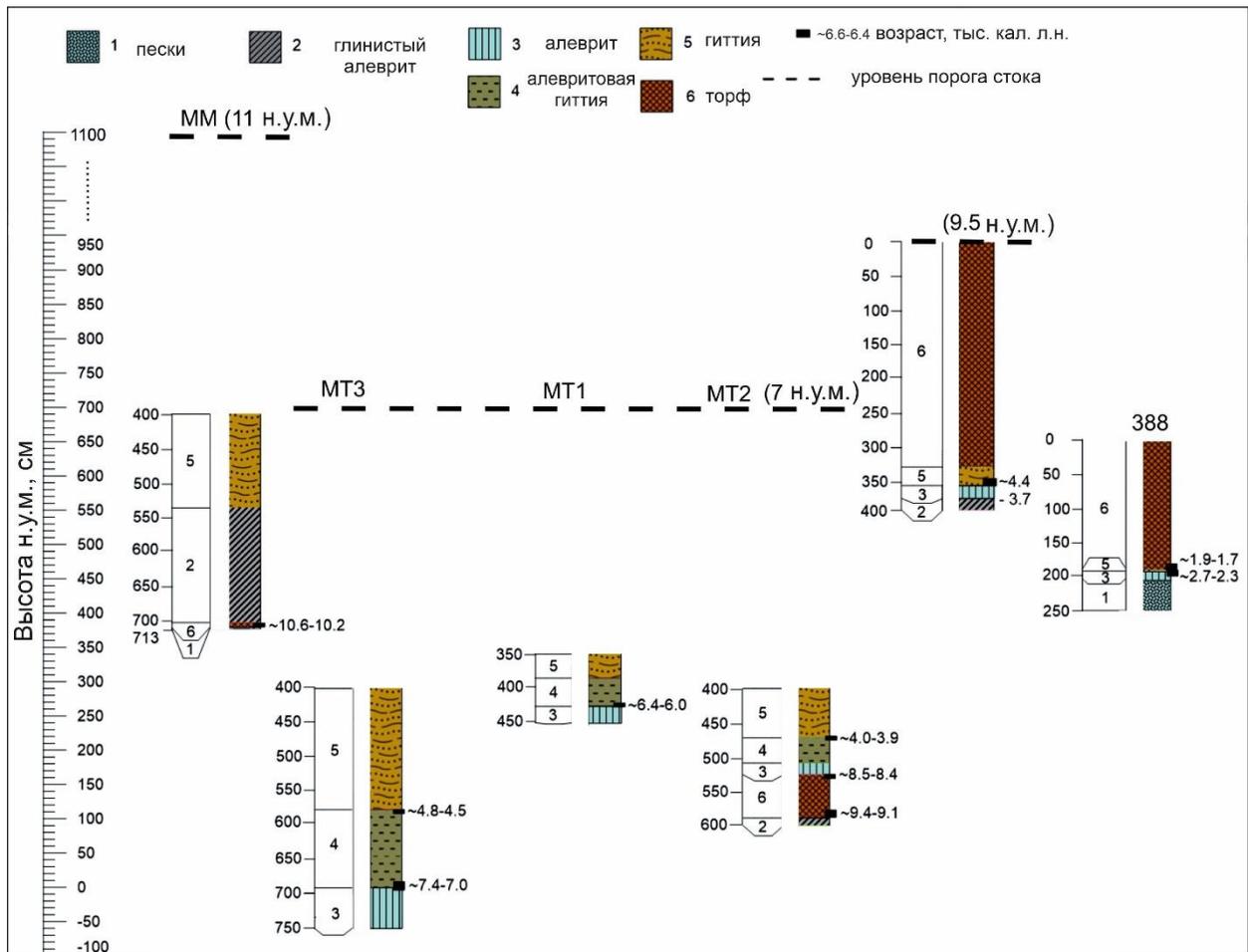


Рисунок. 2.14. Литостратиграфия (генерализованно) и хронология изученных разрезов на западном берегу Унской губы в районе оз. Мураканского. Условные обозначения объяснены в легенде. Шкала слева от стратиграфической колонки показывает глубину от поверхности воды (для озерных разрезов MM, MT1, MT2, MT3) и глубину от поверхности торфа (для разрезов болот 9,5 м (Жирковское) и 388) (Kublitskiy et al., 2023)

В донных отложениях **Малого Мураканского озера** вскрыта (рис. 2.15) гиттия, подстилаемая толщей глинистого алеврита, в основании разреза – прослой торфа и песок (вскрыто 0,02 м).

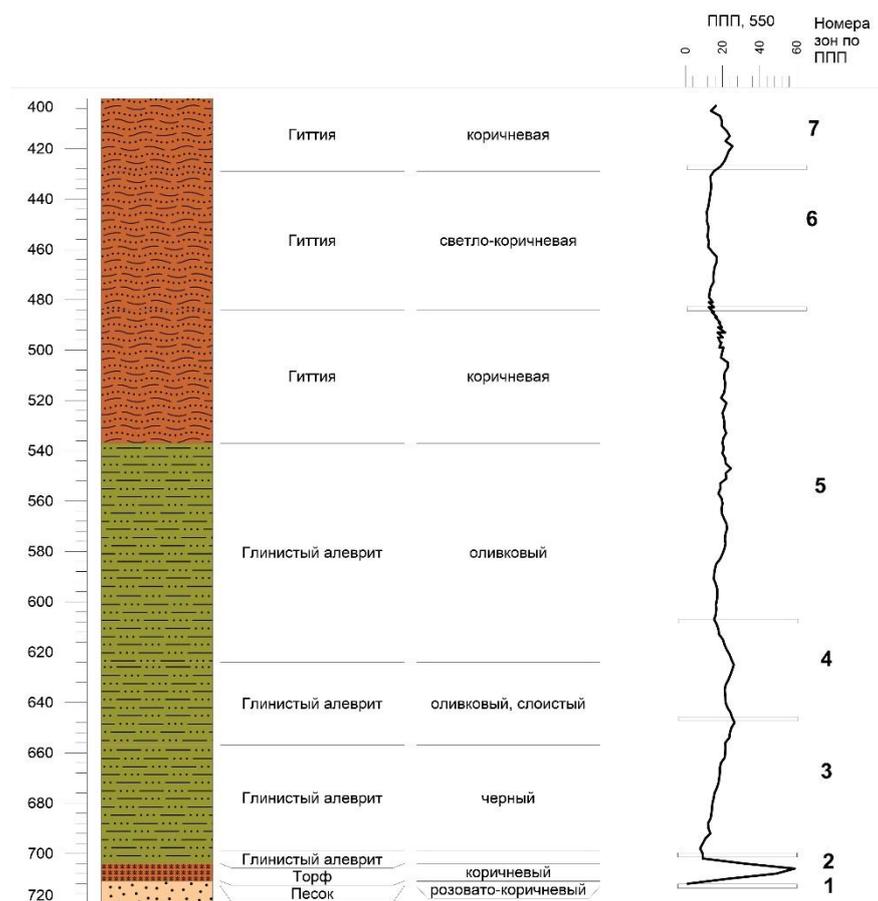


Рисунок 2.15. – Литостратиграфия и динамика органического вещества в донных отложениях оз. Малого Мураканского озера, Онежский п-ов (ММ, 11 м н. у. м).

По результатам определения потери массы образцов при прокаливании при температуре 550 °С в отложениях Малого Мураканского озера (рис. 2.15) выделено семь зон.

Зона 1 (7,11–7,28 м). Зона не исследована аналитически. По литологическим данным ввиду значительной доли песчаного материала в образцах предполагается низкое содержание органического вещества.

Зона 2 (7,03–7,11 м от уреза воды) характеризуется резким увеличением содержания органического вещества до 58,9% (ППП<sub>550</sub>). В разрезе зафиксирован базальный торф, что указывает на фазу осушения котловины и начальное заболачивание.

Зона 3 (6,49–7,03 м от уреза воды) отличается повышенным содержанием органики: значения ППП<sub>550</sub> возрастают от 9 до 25%, что отражает усиление роли автохтонного органического вещества в осадконакоплении.

Зона 4 (6,08–6,49 м от уреза воды) характеризуется значительными колебаниями содержания органического вещества с тенденцией к его снижению до 15% к верхней границе зоны.

Зона 5 (4,84–6,08 м от уреза воды) демонстрирует относительно стабильные, незначительно колеблющиеся значения доли органического вещества в образцах.

Зона 6 (4,32–4,84 м от уреза воды) отличается практически постоянным содержанием органики: значения  $ППП_{550}$  удерживаются на уровне около 12%.

Зона 7 (4,02–4,32 м от уреза воды) характеризуется резкой динамикой содержания органического вещества: доля органики возрастает с 13,6 до 25,4%, затем снижается до 13,7% к верхней границе зоны, после чего вновь возрастает до 16%.

В донных отложениях **озера Жирковское** (отбор со сплавины) вскрыты слои торфа, различные по цвету, степени разложения и обводнённости, мощностью около 3,6 м. Под торфом – тонкий прослой песка и суглинки различной окраски (рис.2.16).

Донные отложений в первой точке **Мураканского озера** представлены слоями гиттии, перекрывающими алеврит. Во второй точке вскрыты гиттия, алевритовая гиттия, алеврит и слой торфа, подстилаемый глинистым алевритом. Отобранные колонки в третьей точке в совокупности имеют наибольшую глубину среди остальных колонок, и из них было отобрано наибольшее количество кернов. В кернах вскрыты гиттии, подстилаемые алевритами (рис. 2.14 табл. 2.8).

По результатам определения потери массы при прокаливании при температуре 550 °С в отложениях Мураканского озера точках 2 и 3 (рис. 2.17, 2.18) выделено четыре и пять зон соответственно.

**Литологическое описание разреза разрезов донных отложений Мураканского озера  
в трех точках отбора МТ1, МТ2, МТ3**

<b>Номер керна</b>	<b>Глубина керна от уреза воды, м</b>	<b>Литологическое описание</b>
		<b>МТ 1</b>
1	3,50–3,85	серо-коричневая гиттия
	3,85–4,26	оливковая алевритовая гиттия
	4,26–4,50	серый алеврит
		<b>МТ 2</b>
1	5,00– 5,09	сизо-серый глинистый алеврит
	5,09– 5,25	оливковый глинистый алеврит с органическими прослоями
	5,25–5,89	чёрный торф
	5,89–6,00	серая слоистая опесчаненная глина с остатками растений
2	4,00–4,73	коричневая гиттия
	4,73–5,00	сизо-серый слоистый алеврит (глинистая гиттия) опесчаненный
		<b>МТ 3</b>
1	6,50–6,90	оливковая слоистая глинистая опесчаненная гиттия
	6,90–7,04	серо-оливковая глинистая опесчаненная гиттия, переходный горизонт
	7,04–7,34	сизо-серый алеврит
	7,34–7,50	серый слоистый алеврит с опесчаненными прослоями
2	4,00–5,00	коричневая гиттия
3	4,90–5,57	коричневая гиттия
	5,57–5,65	светло-коричневая гиттия
	5,65–5,90	оливковая пестроцветная слоистая гиттия
4	5,70–5,77	светло-коричневая гиттия
	5,77–6,14	оливковая слоистая гиттия
	6,14–6,70	светло-оливковая слоистая опесчаненная глинистая гиттия



Рисунок 2.16. Литостратиграфическая схема донных отложений озера Жирковское, Онежский п-ов. Нижняя часть разреза представлена дублями кернов, в одном вскрыт прослой песка.

### Мураканское озеро, точка 2.

Зона 1 (6,00–5,89 м) соответствует условиям приледникового водоёма и характеризуется низким содержанием органического и карбонатного веществ (5–11% по ППП<sub>550</sub>, 2,3–2,8% по ППП<sub>950</sub>). По мере приближения к зоне торфа наблюдается тенденция к увеличению содержания карбонатов.

Зона 2 (5,89–5,25 м) представлена торфом, что говорит о субаэральных условиях осадконакопления. Отмечается резкое увеличение обоих показателей: концентрация ОВ достигает 49–80%, карбонатное вещество увеличивается до 3–5% в начале, но затем равномерно снижается к верхней границе зоны.

Зона 3 (5,25–4,72 м) представлена алевритами видимо морского происхождения и отличается минимальными значениями ППП<sub>550</sub> (3–7% до глубины 4,86 м, далее рост до 16%). Для карбонатного вещества отмечается повышение в нижней части зоны со снижением к ее верхней части.

Зона 4 (4,72–4,03 см) представлена гиттией и характеризуется увеличением содержания ОВ (12–29% по ППП<sub>550</sub>) с локальным пиком до 44% (4,38–4,40 см). Для карбонатного вещества на протяжении зоны наблюдается нисходящий тренд с увеличением амплитуды колебаний к верхней части.

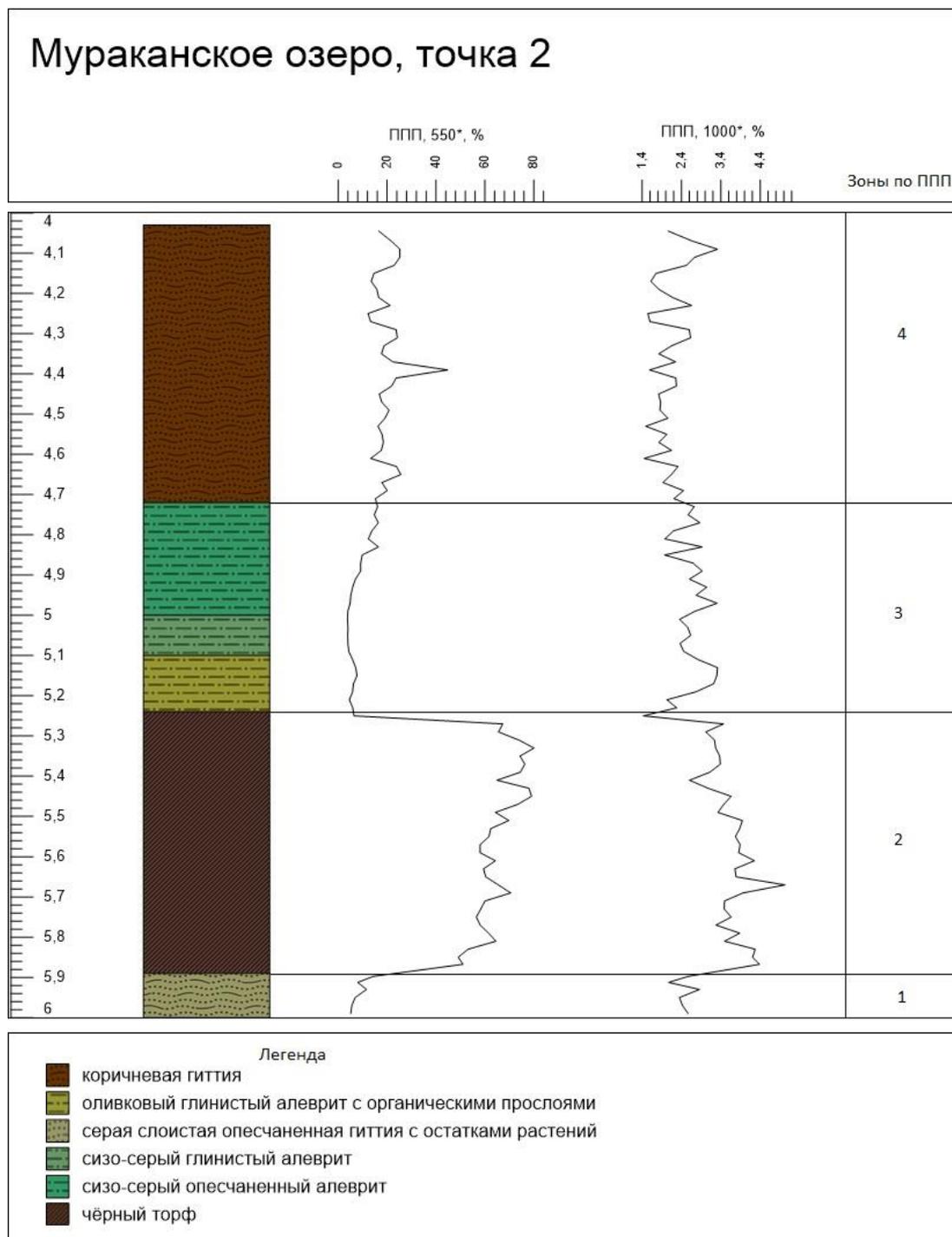


Рисунок 2.17. Литостратиграфия и динамика органического вещества в донных отложениях Мураканского озера, Онежский п-ов (Точка 2)

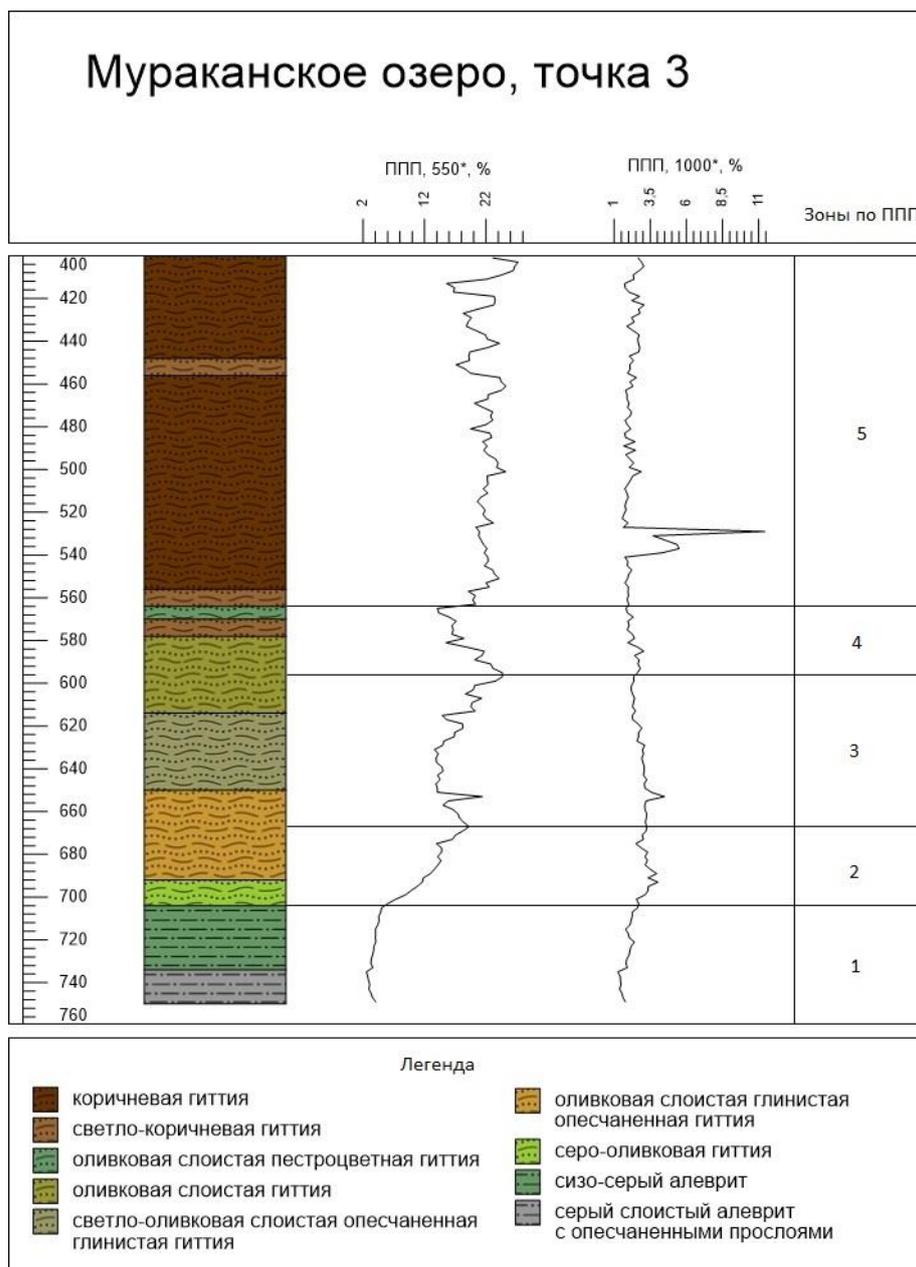


Рисунок 2.18. Литостратиграфия и динамика органического вещества в донных отложениях Мураканского озера, Онежский п-ов (Точка 3)

### Мураканское озеро, точка 3.

Зона 1 (7,50–7,04 м) представлена алевритами и характеризуется низкой и относительно стабильной концентрацией органики (2–5% по ППП<sub>550</sub>) при небольших колебаниях карбонатного вещества (1,2–2,7%).

В зоне 2 (7,04–6,68 м) отмечается постепенное увеличение содержания ОВ до 19%. Горизонт представлен оливковой слоистой алевритовой гиттией. Карбонатное вещество в начале зоны незначительно повышается, затем снижаясь к начальному для зоны уровню.

Зона 3 (6,68–5,96 м) выделяется выраженными колебаниями  $ППП_{550}$ : от снижения (19%→13%) к росту (до 21%). Отложения зоны представлены светло-оливковой и оливковой слоистой гиттией, а для карбонатного вещества характерно незначительное снижение.

Зона 4 (5,96–5,64 м) представлена гиттией и демонстрирует дальнейшее снижение содержания ОВ (до 14% по  $ППП_{550}$ ), что сопровождается продолжением снижения карбонатного вещества.

Зона 5 (5,64–4,00 м) отмечается увеличением амплитуды колебаний органики ( $ППП_{550}$ ) в верхней части разреза, связанным с переходом к современным озёрным условиям. Карбонатное вещество завершает нисходящий тренд к глубине 540 см, а затем фиксируются его резкие изменения: рост (с 1,7% до 11,4%) и дальнейшее быстрое снижение.

Для разреза **388 (болото Горбоватый мох)** осадочная последовательность приведена в табл. 2.9

*Таблица 2.9.*

**Литологическое описание разреза 388**

Глубина керна от поверхности воды	Литологическое описание
0,0–1,87	Коричневый торф, в интервале 50–187 цвет сменяется до темно-коричневого
1,87–1,89	Коричневая гиттия
1,89–2,03	Серо-оливковая алевритовая гиттия
2,03–2,21	Сизо-серый опесчаненный авлеврит
2,21–2,50	Сизо-серый песок

Для донных отложений озер Малое Мураканское, Мураканское, Жирковское и болота Горбоватый мох получено десять значений абсолютного возраста (табл. 2.10), охватывающих интервал от ~10600 до 1700 кал. л. н. и привязывающих контакты литологических горизонтов к хронологической шкале.

Таблица 2.10.

## Результаты радиоуглеродного датирования образцов донных отложений озер и болот побережья Унской губы

№	Источник	Название объекта, положение	Высота уреза воды озера/поверхности болота над уровнем моря, м	Глубина на озера, м	Глубина отбора образца, м.	Материал для датирования	Индекс и номер образца	Радиоуглеродный возраст, <sup>14</sup> C л.н.	Калиброванный возраст, л.н. (1 sigma)	Координаты - с. ш., в. д.
			порог стока							
1	Kublitskiy et al., 2023	Малое Мураканское Озеро (скв. ММ)	11,0	4,0	7,07–7,11	торф	GIN 15912	9230±145	10571 - 10244	64,827°, 37,998°
			11,0							
2	Kublitskiy et al., 2023	Мураканское озеро (скв. МТ2)	7,0	4,0	5,31–5,32	торф	GIN 15913	7670±50	8519 - 8406	64.8183929° 38.1492390°
			7,0							
3	Kublitskiy et al., 2023	Мураканское озеро (скв. МТ2)	7,0	4,0	5,85–5,95	торф	GIN 15914	8280±70	9410 - 9137	64.8183929° 38.1492390°
			7,0							
4	Kublitskiy et al., 2023	Мураканское озеро (скв. МТ3)	7,0	4,0	6,87–7,01	алевритовая гиттия	GIN 15920	6300±140	7418 - 7013	64.828036° 38.081676°
			7,0							
5	Kublitskiy et al., 2023	Мураканское озеро (скв. МТ1)	7,0	3,5	4,31–4,41	алевритовая гиттия	GIN 15921	5460±140	6399 - 6010	64,828°, 38,113°
			7,0							
6	Kublitskiy et al., 2023	Жирковское болото	9,5	–	3,52–3,67	торф	LU-10002	3690±210	4400 - 3724	64,82515° 38,21415°
			9,5							
7	Kublitskiy et al., 2023	Мураканское озеро (скв. МТ2)	7,0	4,0	4,72–4,74	гиттия	IGANAMS 7972	3630±25	3977 - 3902	64.818392° 38.149239°
			7,0							

8	Kublitskiy et al., 2023	Мураканское озеро (скв. МТЗ)	7,0	4,0	5,76–5,78	гиттия	IGANAMS 7973	4090±25	4786 - 4525	64.828036° 38.081676°
			7,0							
9	Kublitskiy et al., 2023	Болото Горбоватый мох (скв. 388/2)	24,8	–	1,77–1,87	торф	GIN 15719	1940±60	1936 - 1749	64,820°, 38,255°
			4,5							
10	Kublitskiy et al., 2023	Болото Горбоватый мох (скв. 388/3)	29,4	–	1,87–2,03	гиттия	GIN 15720	2360±60	2664 - 2332	64,820°, 38,255°
			4,5							

**Выводы по главе В** губе Конюхова в донных отложениях Конюховского озера датированы изоляционные контакты 9000–8800 и 6900–6800 кал. л. н. для порога стока 17,5 м н. у. м. Среднеголоценовая изоляция озера подтверждена сменой таксономического состава диатомовых водорослей в слоистых отложениях переходной зоны. В отложениях болота Вензин Мох ВМ 751 с порогом стока ~18,5 м не выявлены диатомеи, характерные для морских условий осадконакопления. При этом подошва субаэральных отложений (торф) датирована ~8300–8200 кал. л. н. В скважине ВМ 755 (порог стока 17,5 м) оторфованная гиттия имеет возраст ~6300–6200 кал. л. н. и перекрывает осадки изолирующегося водоема, что подтверждают данные диатомового анализа. В осадках болота на морской террасе (Т 760) 8,0 м н. у. м подошва торфа, подстилаемого песками, датирована ~2100 кал. л.

На побережье Большого Соловецкого острова возраст слоистой гиттии, перекрывающей пачку слоистого алеврита 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 8,0 м, возраст гиттии, перекрывающей алевриты, составил ~2800 кал. л. н. 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.

В озерах на побережье Анзерского острова завершение формирования слоистых переходных зон датировано: ~10500–10200 кал. л. н. на высоте 21 м н. у. м.; ~4800–4400 кал. л. н. на высоте 14 м; ~5600–5000 кал. л. н. на высоте 11 м; ~2200–1700 кал. л. н. на 3,0 м.

В водоемах на побережье Унской губы субаэральное органонакопление датировано 10600–10200 кал. л. н. на высоте 11 м; 9400–9100 кал. л. н. на 7,0 м; 1900–1700 кал. л. н. на 6,5 м. На высоте 7,0 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 происходило в интервале от 4800–4500 до 4000–3900 кал. л. н.

### ГЛАВА 3. РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УРОВНЯ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ

В третьей главе раскрываются второе, третье и четвертое защищаемые положения:

*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 24,0; 21,0; 17,0 и 11,0 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 14,0 до 6,0 м на Соловецких островах и в губе Конюхова, и от 8,0 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 6,0 до 1,5 м, что обусловлено снижением интенсивности тектонических и гляциоизостатических движений в юго-восточном направлении.*

### 3.1 Относительные уровни и возраст голоценовых регрессий и трансгрессий в губе Конюхова

Литологическая последовательность (рис. 2.3., гл. 2) донных отложений Конюховского озера с порогом стока 17,0 м в целом может рассматриваться как аналог последовательности фаций донных отложений, выделенных на южном побережье Кольского полуострова (Колька и др., 2013) (табл. 3.1): отложения приледникового озера – мелкозернистый глинистый песок (фация I), отложения переходной зоны от приледникового озера к морским – детритовая гиттия (фация II), морские осадки – алеврит и глинистая гиттия (фация III), переходные от морских к современным озёрным – слоистая гиттия (фация IV) и современные озёрные отложения – гиттия (фация V).

*Таблица 3.1*

**Литологическая интерпретация донных отложений озера побережья губы Конюхова.  
(Составлена автором)**

Фация	Конюховское озеро (17,0 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 алевроитовыми 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

Донные отложения озера Среднего (17,1 м), находящегося на сходных высотных отметках, по литологическому составу и содержанию органического вещества могут быть сопоставлены с отложениями Конюховского озера: алеврит (фация III), детритовая глинистая гиттия (возможно, IV фация) и однородная гиттия (фация V). Осадки озера без названия (16 м) по литологическому составу в целом

соответствуют рассматриваемой последовательности фаций: глина (фация I), однородная и торфянистая гиттия (фация II), глинистая гиттия с алевритовыми прослоями (фация III), слоистая гиттия (фация IV), однородная гиттия (фация V). Осадки, интерпретируемые в исследовании как транзитная зона от пресноводных к морским условиям, не вполне соответствует фации II – переслаивание песка и алеврита, содержащих органику. Тем не менее, положение детритовой и торфянистой гиттии между фациями I и III в осадках оз. Конюховского и озера без названия, соответственно, позволяет реконструировать существенное понижение уровня крупного водоема.

*Позднеледниковая пресноводная трансгрессия* на заключительной стадии деградации Фенноскандинавского ледникового щита в районе современного Кандалакшского залива Белого моря датируется 13500–11500 кал. л. н. (Колька и др., 2013; Колька, Корсакова, 2017). В это время бассейн Белого моря представлял собой обширный пресноводный приледниковый водоём (Колька, Корсакова, 2017; Невеский и др., 1977; Zaretskaya et al., 2021). Донные отложения, формировавшиеся в этот период в условиях приледникового водоема, представлены (1) преимущественно неслоистыми или ленточными озерно-ледниковыми глинами, слоистыми разномерными песками в районе северного побережья Кандалакшского залива (Колька и др., 2013), (2) алевритами и песками на юго-восточном побережье Белого моря (Кошечкин, 1979; Репкина и др., 2017; Шилова и др., 2019; Zaretskaya et al., 2021), и (3) опесчаненными глинами и разномерными песками на островах Соловецкого архипелага (Субетто и др., 2012). Слоистые мелкозернистые глинистые пески в подошве керн донных отложений оз. Конюховского (рис. 3.1) сформировались ранее ~10200 кал. л. н., вероятно, во время позднеледниковой трансгрессии.

К осадкам позднеледниковой трансгрессии можно отнести также суглинистые пески и опесчаненные суглинки, вскрытые при бурении в болотно-торфянистых залежах около озер 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 (табл. 1, рис. 3.1, 3.2).

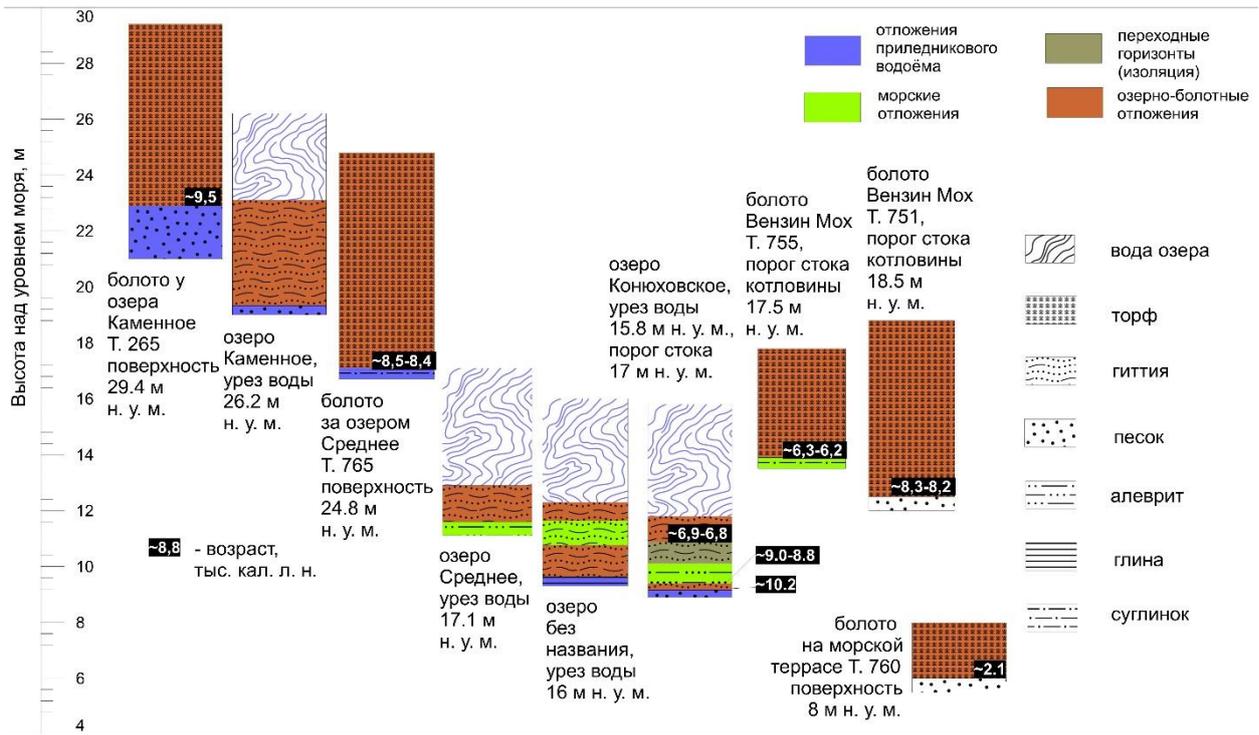


Рисунок 3.1. Стратиграфия донных отложений озер Каменное, Среднее, без названия, Конюховское (Леонтьев и др., 2022) и болот у озера Каменное и Среднее, Вензин Мох и на морской террасе (Репкина и др., 2017) побережья губы Конюхова с интерпретацией их генезиса

Детритовая гиттия (~10200 кал. л. н.), перекрывающая пески в подошве керна донных отложений из озера Конюховское (см. рис. 3.1, 2.3), маркирует переход от относительно глубоководных условий к обстановкам изолированного или более мелководного бассейна. Аналогичные осадки, залегающие выше раннеголоценовых минерагенных отложений, представлены в регионе довольно широко (Колька и др., 2013; Субетто и др., 2012). Можно предположить, что относительный уровень большого водоёма был близок к порогу стока озера Конюховское (17,0 м). Фаза изолированного озера/мелководного бассейна продолжалась около 1500 лет (см. рис. 3.2).

Следующие значимые изменения в литологии донных отложений оз. Конюховское произошли позже ~9000–8800 кал. л. н. – детритовая гиттия замещается глинистой гиттией, а затем глинистым алевритом (рис. 2.3, 3.1). Подобные изменения в литологии, фиксирующие замещение органогенных отложений (гиттии, торфа) на минерагенные (аледриты, глинистые алевдриты, глинистые гиттии) часто

встречаются в регионе и указывают на начало морской трансгрессии Тапес. Об установлении морских условий свидетельствуют и результаты диатомового анализа (рис. 2.3). Относительный уровень 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 в табл. 2.1, на рис. 3.1) морские трансгрессивные отложения не зафиксированы (Репкина и др., 2020).

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 алевролит, начиная с глубины 5,7 м от поверхности озера, перекрывается опесчаненной глиной с бурыми органическими прослоями и бурой глинистой гиттией. Наблюдается увеличение потерь массы при прокаливании для образцов из этих горизонтов. Вероятно, это свидетельствует об уменьшении глубин и более активном поступлении органического материала с водосбора, предшествовавших началу изоляции озера. На наш взгляд, последнее может объяснять инверсию полученной для этого горизонта радиоуглеродной даты ~12600 кал. л. н. (табл. 2.1, рис. 2.4).

После ~7500–7400 кал. л. н. (табл. 2.1, рис. 3.1) происходит смена донных отложений в озере Конюховском: поверх глинистой гиттии начинает формироваться слоистая гиттия, что указывает на постепенную изоляцию озера от морского бассейна и смену морских условий седиментации пресноводными. Образование слоистых отложений в целом характерно для этапа изоляции от морского бассейна (Колька, Корсакова 2017; Corner, Naugane 1993; Kjemperud, 1986). Об установлении переходных, нестабильных обстановок свидетельствует доминирование в составе диатомовых комплексов мелкоклеточных диатомей семейства *Fragilariaceae*, обладающих широкой экологической валентностью и способностью быстро адаптироваться к меняющимся условиям среды (Lie et al., 1983; Stabell, 1985). Содержание органического вещества (ОВ) по потерям при прокаливании (ППП 550°C) 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.

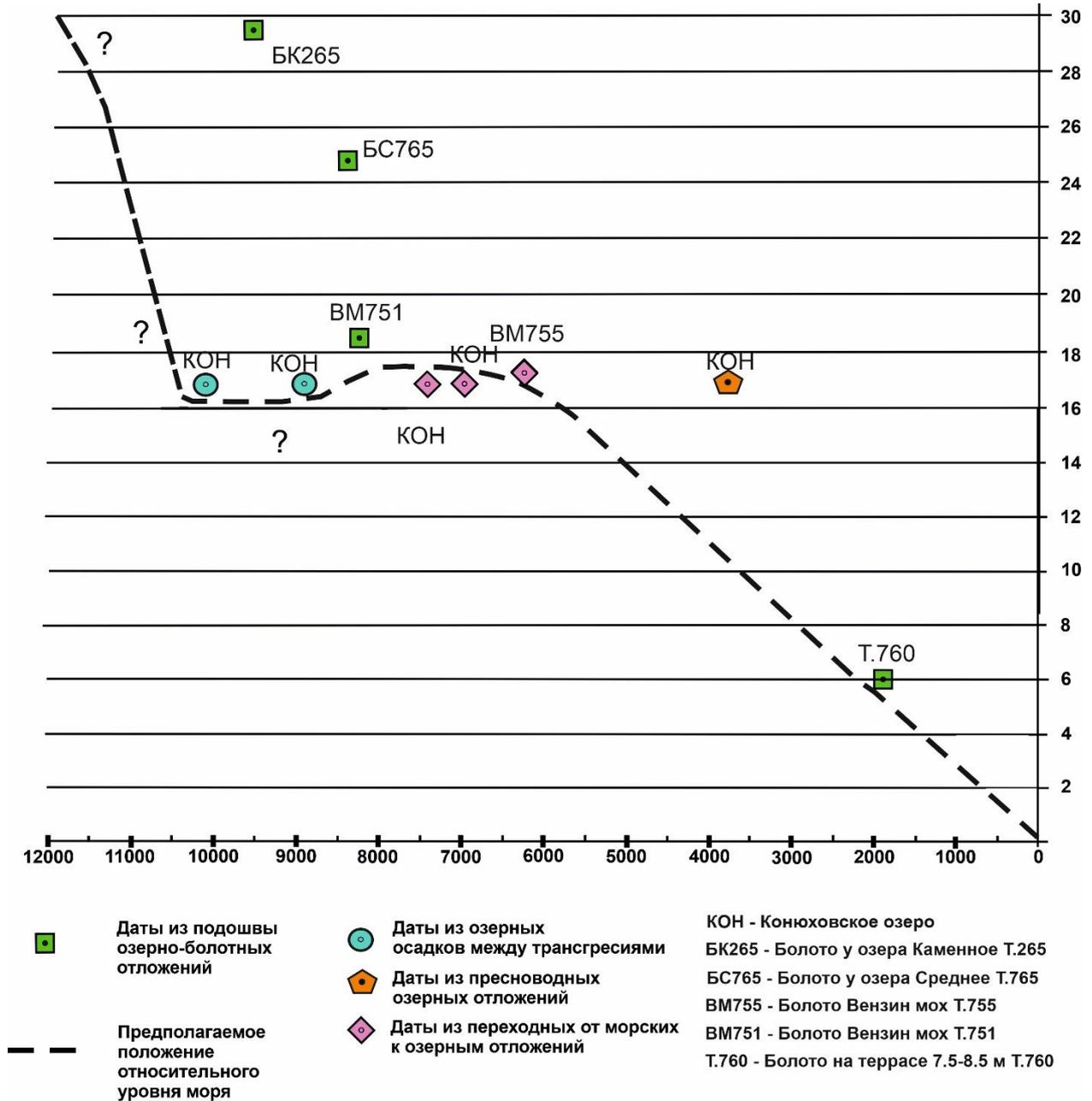


Рисунок 3.2. Перемещение относительного уровня моря в губе Конюхова. Горизонтальная ось — календарных лет, вертикальная — отметки абсолютных высот, м

Начало формирования озерных отложений — гиттии (~6900–6800 кал. л. н.) маркирует завершение изоляции Конюховского озера. В это время уровень Белого моря опустился ниже порога стока (около 17,0 м), о чем свидетельствует

увеличение доли пресноводных диатомей в составе диатомовых комплексов (рис. 2.3). Ранее установлено (Репкина и др., 2020), что северная котловина палеозалива Вензин Мох с порогом стока около 17,5 м (скважина 755 в табл. 2.1, на рис. 3.1, 3.2) ~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 вследствие приближающейся изоляции. Различия в оценке возраста изоляции водоемов могут быть связаны с возможной погрешностью в определении высоты порога стока болота.

Дальнейшее понижение относительного уровня Белого моря было более плавным: в период с ~6300–6200 (скважина 755 в табл. 2.1 и на рис. 3.2) до ~2100 кал. л. н. (скважина 760 в табл. 2.1 и на рис. 3.2) он понизился с ~17,5 м до ~6 м, что позволяет оценить скорость регрессии в 0,28 см/год. Понижение до современных отметок уровня Белого моря проходило с близкой скоростью – около 0,28 см/год (Репкина и др., 2017).

*Таким образом,* на побережье губы Конюхова Белого моря (Онежский п-ов) выделено три геоморфологических уровня: моренная равнина, испытавшая влияние позднеледниковой трансгрессии (24–30 м над уровнем моря), преимущественно абразионная морская терраса, образовавшаяся в период трансгрессии среднего голоцена (14–17,5 м н. у. м.), абразионно-аккумулятивная морская терраса, сформировавшаяся во время регрессии позднего голоцена (7–10 м н. у. м.).

Озеро Конюховское первый раз отделилось от приледникового озера ~10200 тыс. кал. л. н. и, вероятно, представляло собой водоем лагунного типа. Во время морской трансгрессии Тапес, позже ~9000–8800 кал. л. н., уровень моря поднимался, и морские воды проникали в котловину оз. Конюховское. Окончательно озеро Конюховское отделилось от Белого моря ~6900–6800 кал. л. н.

Позднеледниковая трансгрессия достигала, вероятно, ~30 м н. у. м. Во время регрессии раннего голоцена относительный уровень моря стал ниже порога стока озера Конюховского (17,0 м) не позднее ~10200 кал. л. н. Морская трансгрессия Тапес с подъемом уровня не ниже 17,0, но не выше 18,5 м н. у. м. датируется в

интервале времени от ~9000–8800 до ~6200 кал. л. н. В ходе последующей регрессии не позже ~2100 кал л. н. относительный уровень моря достиг ~6,0 м.

### 3.2 Относительные уровни и возраст голоценовых регрессий и трансгрессий на Большом Соловецком острове

Ход регрессии раннего голоцена (спуск предположительно крупного приледникового водоёма) и изменения уровня во время последующей морской трансгрессии Тапес на побережье Большого Соловецкого острова были реконструированы ранее (Субетто и др., 2012). На рис. 3.3 пунктиром показан ориентировочный ход регрессии раннего голоцена (крупный пресноводный приледниковый водоем), сплошной линией – ход изоляции озер от среднеголоценового морского бассейна. Однако не был выявлен минимальный уровень регрессии раннеголоценового водоема, а также время начала и максимальный уровень морской трансгрессии Тапес. Это обусловлено тем, что вскрытая осадочная последовательность озера Большое Корзино (17,0 м н. у. м.) начинается со среднеголоценовых морских отложений (алевроитов).

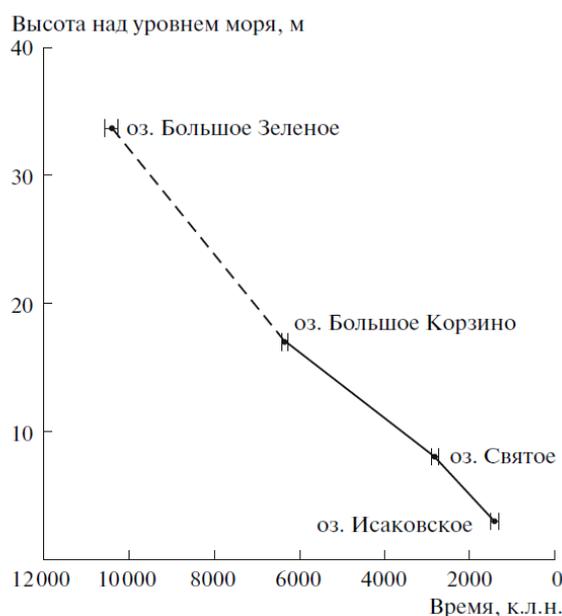


Рисунок 3.3. Кривая изменения уровня воды Белого моря в голоцене (Субетто и др., 2012).

Время начала изоляции ~6600 кал. л. н. и полной изоляции ~6500 кал. л. н. установлено с помощью радиоуглеродного датирования переходной зоны от

морских осадков к озерным в разрезе донных отложений оз. Большое Корзино, то есть зафиксирован только пространственно-временной маркер регрессии Тапес. Ближайшим аналогом изолированного водоема с урезом воды на отметке около 17,0 м н. у. м. является озеро Конюховское на побережье Онежского полуострова, где вскрыты грубодетритовая гиттия, отражающая изоляцию от приледникового озера, и алевриты, накопившиеся позднее в морских условиях, то есть датировано начало трансгрессии Тапес. В 2025 г. при повторном бурении озера Большое Корзино получены керны донных отложений с больших глубин. Предварительные результаты литологического описания показали аналогичность строения донных отложений озера Большое Корзино и Конюховское, что, вероятно, говорит о синхронности событий морской трансгрессии Тапес на этих двух ключевых участках.

В статье Субетто Д.А. с соавторами (2012) представлены регрессивные контакты Тапес в озерах Большого Соловецкого острова, расположенных на более низких гипсометрических уровнях: Святое (8,0 м н. у. м.) – изоляция около 2800 кал. л. н., Исаковское (3,0 м н. у. м.) – изоляция около 1500 кал. л. н. Эти данные использованы нами для построения уточненной кривой изменения относительного уровня Белого моря в голоцене (рис. 3.4).

В озере Большое Зеленое (33,7 м н. у. м.) в основании отобранной колонки выделены отложения, которые видимо формировались в условиях прогляциального (приледникового) озера (Ludikova et al., 2023).

Помимо результатов исследования створок диатомей в разрезе донных отложений оз. Бол. Зеленое, в реконструкции были учтены цисты хризифитов и спикулы губок. Высокая доля минерагенных осадков (талые ледниковые воды) в исследовании рассматривается как неблагоприятный фактор для водной биоты. Указывается, что подобная фация донных отложений с экстремально низким содержанием диатомей выделялась в ряде работ (Колька, Корсакова, 2015). Подобные бедные микрофоссилиями озерно–ледниковые отложения наблюдались в позднеледниковых водоемах, например, в Балтийском ледниковом озере (Давыдова, 1985).

Согласно А.В. Лудиковой с соавторами (Ludikova et al., 2023) стадия прогляциального озера в Большом Зеленом завершилась ранее 10400 кал. л. н. и сменилась короткой субаэральной стадией (торфяник), сменившееся условиями осадконакопления в малом озере. Наличие прослоя торфа в колонке донных отложений оз. Бол. Зеленое подтверждает это, но при глубине озера 7,0 м подобная ситуация с почти полным осушением не выглядит очевидной, учитывая существование озера и в настоящий момент. Другое объяснение наличие прослоя торфа, залегающего на песках и перекрытого озерной гиттией – это процесс протаивания «мертвого льда» и формирования в результате этого котловины, которая в голоцене заполнилась водой.

Несмотря на выводы о том, что нижняя часть вскрытой осадочной толщи оз. Большое Зеленое сформировалась в прогляциальных условиях, можно также предположить, что подобная последовательность осадка (опесчаненные глины и разнозернистые пески, перекрытые тонким слоем торфа) могла возникнуть в результате гляциокарстовых процессов. Озера подобного происхождения распространены на территории Валдайского оледенения.

Ранее в публикации (Субетто и др. 2012), нижние минерагенные осадки в разрезе донных отложений оз. Бол. Зеленое предположительно интерпретировались как флювиогляциальные.

Возможная верхняя граница (24 м) позднеледниковой трансгрессии подтверждается высотным положением террас (Никишин, 1984) и георадиолокационными данными (Rybalko et al., 2025).

Принимая во внимание строение переходной зоны в донных отложениях в озерах Рыбка и Надбанное – «озеро №1» по Д.Д. Кузнецову и др. (2022) – датированное началом голоцена, представляющее собой относительно мощный слоистый горизонт, очень напоминающий по морфологии переходную зону регрессии Тапес – фация IV по В. В. Кольке и др. (2013), нам представляются именно они более вероятным маркером регрессии крупного водоема в раннем голоцене. Тем не менее, в отложениях озера Большое Зеленое (33,7 м н. у. м.) в течение голоцена не обнаруживаются морские обстановки, что ограничивает

максимальные уровни трансгрессивных фаз.

На графике перемещения ОУМ для побережья Большого Соловецкого острова (рис. 3.4) наиболее вероятной представляется регрессия крупного водоема на уровне 24–25 м от ~11000 до ~10200 кал. л. н., поскольку в осадках озера 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 вскрыты пески, перекрытые торфом (10400 кал. л. н.) что обычно нехарактерно для крупного глубоководного водоема. Тем не менее, возможным остается рассмотренный выше вариант регрессии на отметке 33,7 м н. у. м. 10400 кал. л. н. по микропалеонтологическим данным озера Большое Зелёное.

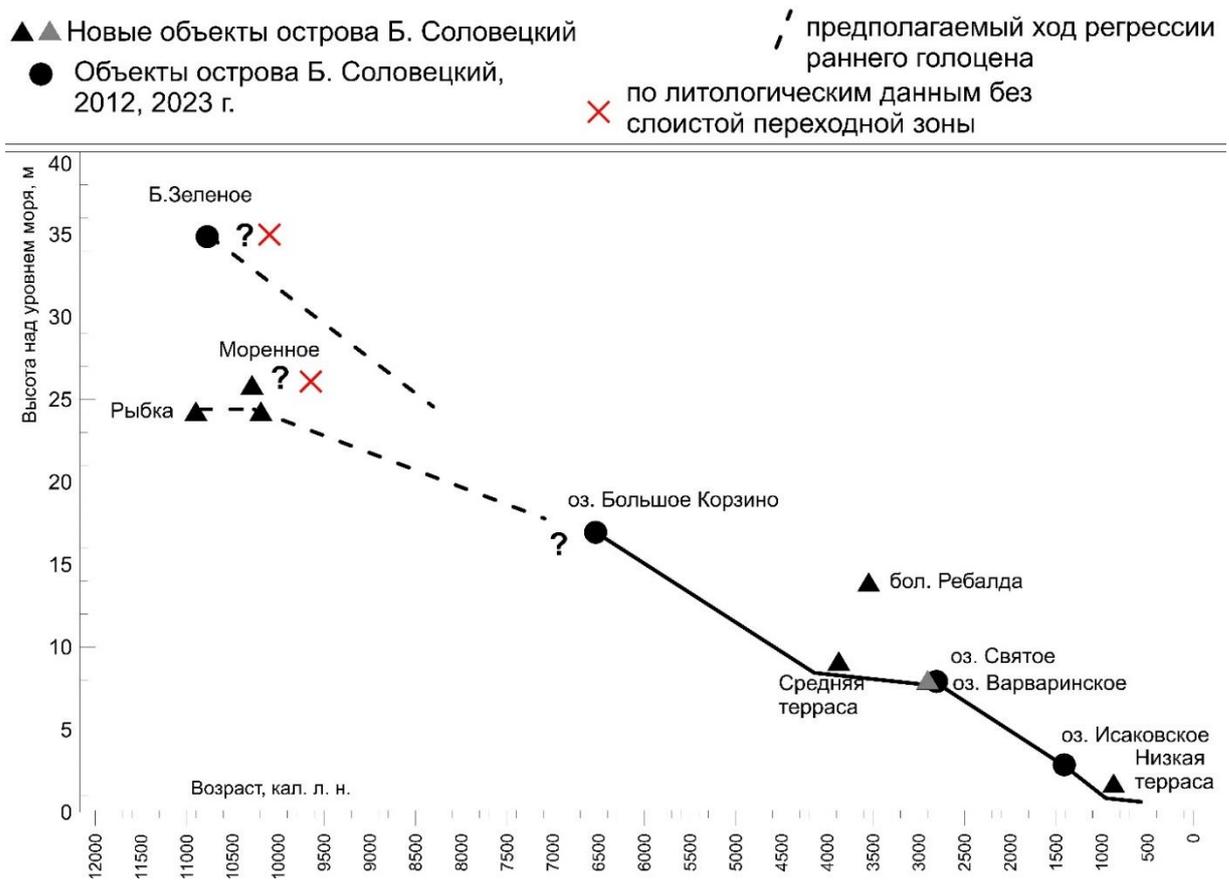


Рисунок 3.4. Перемещение относительного уровня моря на побережье Большого Соловецкого острова. Горизонтальная ось – календарных лет назад, вертикальная – отметки абсолютных высот, м. Составлено автором по Субетто и др., 2012; Ludikova et al., 2023; Кублицкий и др., 2024; неопубликованным новым данным научного коллектива

Начало органонакопления в торфяниках, подстилаемых 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. Однако невозможно установить время изоляции водоемов по этим данным, но их можно использовать в качестве маркера начала субэзрального осадконакопления, что в целом согласуется с выводами, установленными ранее (Субетто и др., 2012).

В озере Варваринское (8,0 м н. у. м.) гиттия, перекрывающая глинистый алевроит, датирована ~2800 кал. л. н., что маркирует изоляцию этого водоема в ходе регрессии позднего голоцена. Озеро Варваринское является аналогом озера Святое (8,0 м н. у. м., изоляция ~2800 кал. л. н.).

Таким образом, по нашим данным регрессия крупного водоема в раннем голоцене от ~11000 до ~10200 кал. л. н. наиболее вероятно фиксируется на уровне 24–25 м. Минимальный уровень регрессии раннеголоценового водоема, а также время начала и максимальный уровень морской трансгрессии Тапес не установлены. Маркеры регрессии среднего голоцена отмечаются на 17,0 м н. у. м. около 6500 кал. л. н., 8,0 м н. у. м. около 2800 кал. л. н., 3,0 м н. у. м. около 1500 кал. л. н. Субэзральные условия на террасовых уровнях зафиксированы – 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.

### **3.3. Относительные уровни и возраст голоценовых регрессий и трансгрессий на Анзерском острове**

В донных отложениях озер Анзерского острова нами выделены седиментационные пачки, сопоставимые с фациями донных отложений, систематизированных В. В. Колькой (Колька и др., 2013) (табл. 3.2).

Помимо литологического состава данная интерпретация подтверждается результатами радиоуглеродного анализа. Завершение формирования слоистых переходных зон (фация IV) датировано: ~10500–10200 кал. л. н. 21,0 м; ~4800–4400

кал. л. н. на 14,0 м; ~5600–5000 кал. л. н. на 11,0 м; ~2200–1700 кал. л. н. на 3,0 м н. у. м. (рис. 3.5, 3.6)

Таблица 3.2

**Литологическая интерпретация донных отложений озер острова Анзер. (Составлена автором)**

Название озера	Литология донных отложений, глубины от поверхности озера, м	Фация донных отложений по (Колька и др., 2013)
Надбанное	6,16–6,07 – серая глина	I (III)
	6,07–5,95 – светло- и темно-бурая слоистая (глинистая) гиттия	IV
	5,95–4,2 – темно-бурая однородная гиттия	V
Банное	5,05–4,15 – серая опесчаненная глина	III
	4,15–3,96 слоистая зеленовато-чёрная гиттия	IV
	3,96–2,65 бурая однородная гиттия	V
Голгофское	4,45–4,28 – тонкозернистый серый песок	III
	4,28–3,95 – слоистая слабоопесчаненная глинистая гиттия	IV
	3,95–3,0 – бурая однородная гиттия	V
Капорское	8,95–7,33 – серая опесчаненная глина, с единичными включениями гальки и прослоями ракушечного детрита	III
	7,33–7,00 – зеленовато-бурая и черная слоистая глинистая гиттия	IV
	7,00–5,10 – бурая однородная гиттия	V

Учитывая возраст завершения переходных условий в Надбанном озере ~10500-10200 кал. л. н., подстилающие переходный горизонт глины накопились в крупном приледниковом водоёме, а датированная изоляция имела место в раннем голоцене. Завершение изоляции Банного, Голгофского и Капорского озер

маркирует среднеголоценовую регрессию Тапес.

Таким образом, перемещения ОУМ (рис. 3.6) между порогами стока Надбанного и Банного озер показывает общее направление раннеголоценовой регрессии, начиная с изоляции Надбанного от  $\sim 11200$ – $10600$  до  $\sim 10500$ – $10200$  кал. л. н. на высоте 21,0 м н. у. м. Минимальный уровень раннеголоценовой регрессии и время начала морской трансгрессии Тапес не установлены. Можно утверждать, что уровень трансгрессивного водоёма не достигал 21,0 м, поскольку позднее  $\sim 10500$ – $10200$  кал. л. н. осадки озера Надбанного представлены исключительно однородной органогенной гиттией (фация V).

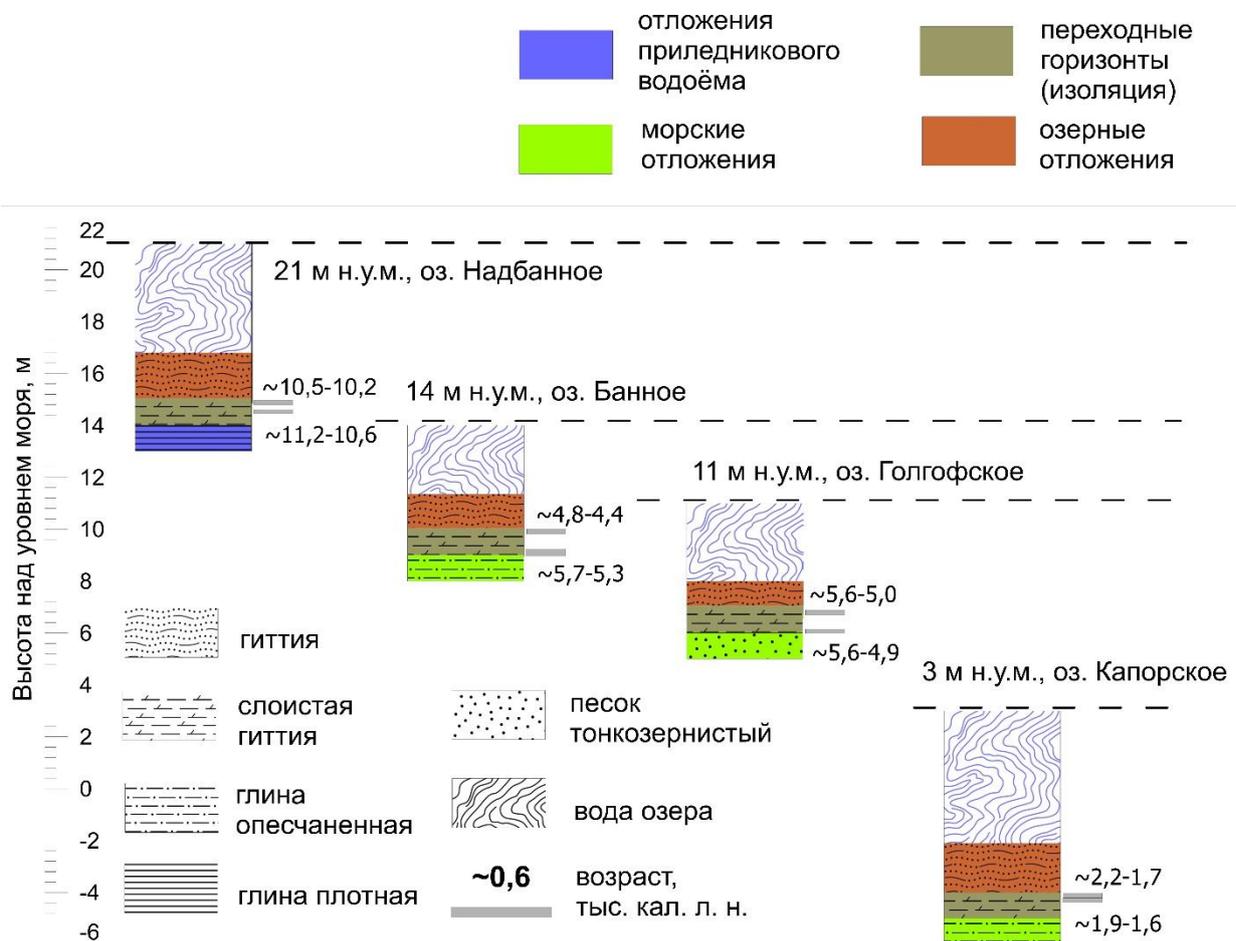


Рисунок 3.5. Гипсометрическое положение и стратиграфия донных отложений озер побережья Анзерского острова с литологической интерпретацией их генезиса. Гипсометрическое положение урезов воды (порогов стока), кровли переходных горизонтов – слоистых глин (завершение изоляции), подошвы и кровли гиттии, указано верно. Мощность слоистых глин и подстилающих их глин и песков условно увеличена с целью читабельности рисунка, положение датированных образцов – в соответствии с условным положением литологических границ. Составлено автором по материалам экспедиционных работ и по (Кузнецов и др., 2022).

На графике положение ОУМ (рис. 3.6) между Банным, Голгофским и Капорским озерами показывает ход завершения трансгрессии Тапес. Завершение переходных условий в Голгофском озере (11,0 м н. у. м.) датировано ранее, чем изоляция Банного озера (14,0 м н. у. м.).

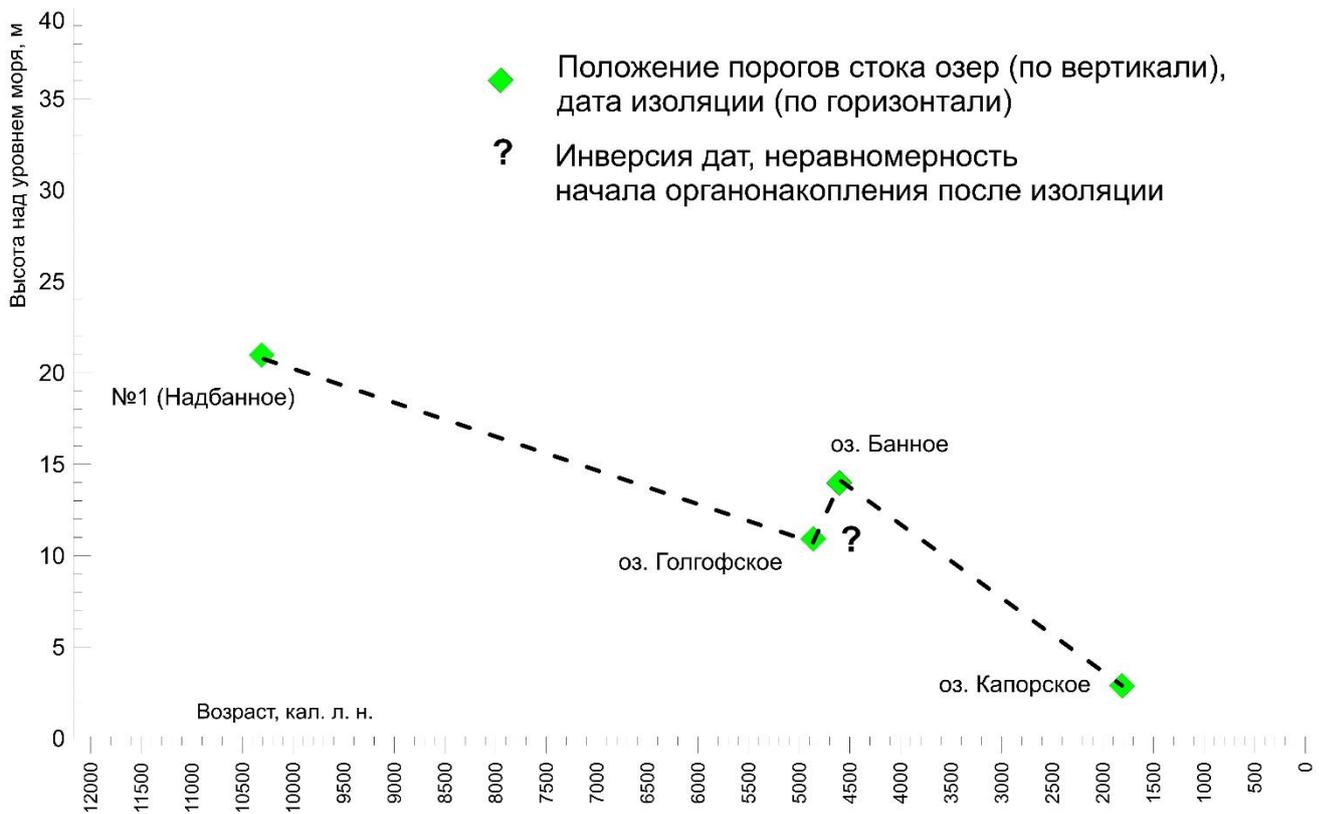


Рисунок 3.6. Перемещение относительного уровня моря на побережье Анзерского острова. Горизонтальная ось – календарных лет, вертикальная – отметки абсолютных высот, м. Составлено автором.

### 3.4. Относительные уровни и возраст голоценовых регрессий и трансгрессий в Унской губе

Литологические схемы, радиоуглеродный возраст и интерпретация результатов диатомового анализа донных отложений озер и болот представлены на рис. 3.7.

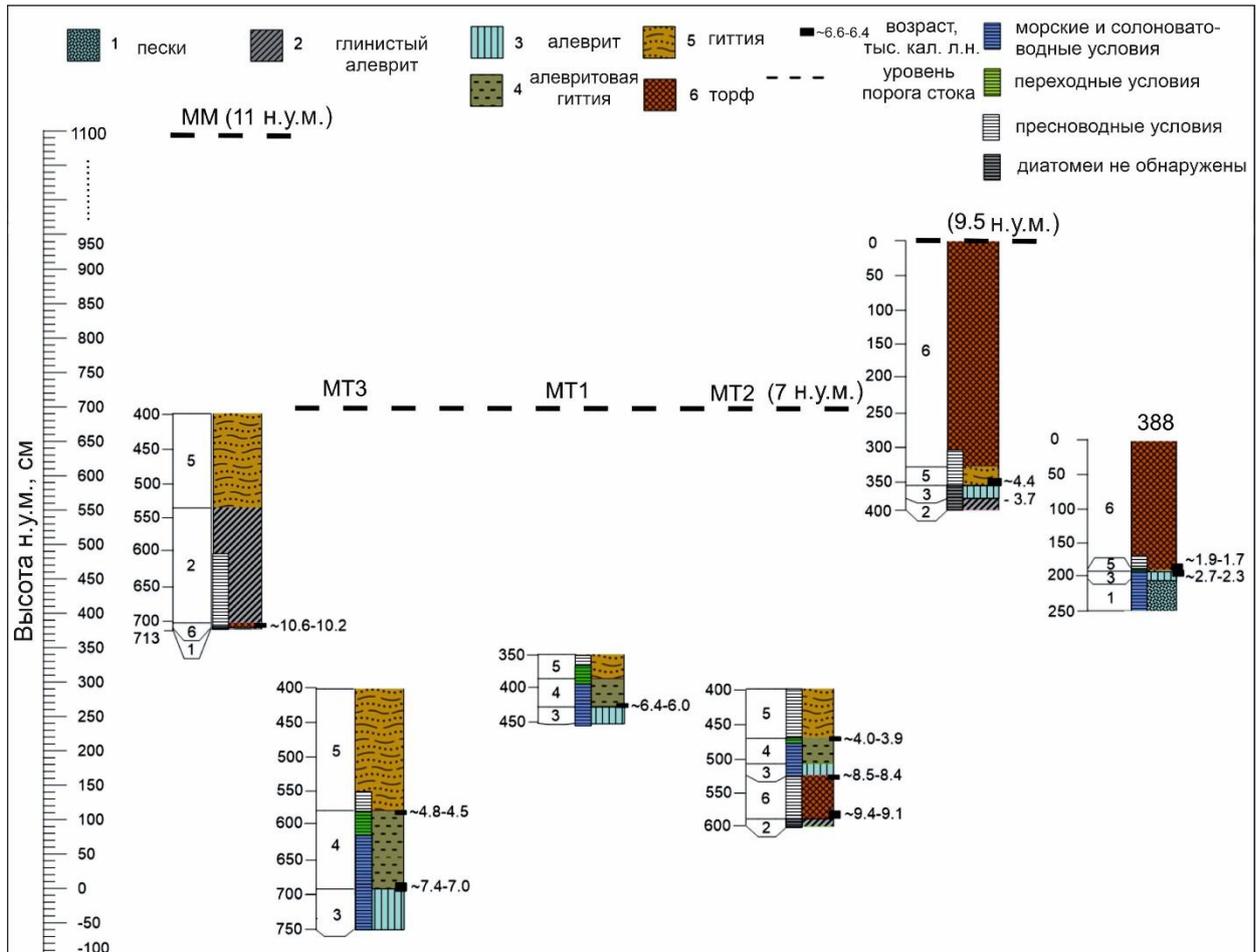


Рис. 3.7. Литостратиграфия, хронология и палеоэкологическая интерпретация изученных разрезов с указанием литостратиграфических фаций, расшифрованных в легенде по (Kublitskiy et al., 2023). Масштаб слева от литостратиграфической колонки показывает глубину от поверхности воды (для колонок ММ, МТ1, МТ2, МТ3) и глубину от поверхности торфа (для колонок 9,5 и 388) в сантиметрах.

**Позднеледниковая трансгрессия.** В районе западного побережья Двинского залива, в Унской губе, отложения, которые можно сопоставить с позднеледниковой трансгрессией по возрасту и составу, были вскрыты в кернах отложений озера Мураканское МТ2 (глинистый алеврит) и, возможно, Жировское Zh1 (глинистый алеврит и алеврит). В этом горизонте отсутствуют диатомеи, что типично для отложений позднеледникового водоема, характеризовавшегося бедной диатомовой флорой. Подобные отложения (алевролиты и пески) залегают под торфами с возрастом подошвы 10300–8200 тыс. кал. л. н., широко распространенными на юго-восточном побережье Белого моря на высотах до 20–30 м (Кошечкин, 1979; Zaretskaya et al., 2011, 2021; Subetto et al., 2012; Репкина и др., 2017, 2018; 2019; Шилова и др., 2019). Поскольку отложения позднеледниковой трансгрессии бедны

микрофауной, интерпретация условий осадконакопления является предметом дискуссий. Тем не менее результаты исследования двух разрезов на побережье Кандалакшского залива (Шилова и др., 2019) и одного разреза на восточном побережье пролива Горло (Колька, Корсакова, 2017) указывает существование солоноватоводной среды. Поскольку мы не обнаружили в наших ядрах отложений, относящихся к началу трансгрессии, точное время этого события для Двинского залива остается неопределенным. Положение ОУМ в заключительную фазу трансгрессии интерпретируется в районе исследований по образцу возрастом 10600–10200 кал. л. н. для торфа из ядра ММ на высоте 11,0 м (рис. 3.7).

*Регрессия раннего голоцена* зафиксирована в ядрах ММ и МТ2. В нижнем горизонте донных отложений озера Малое Муранканское (ММ) (11,0 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 условиях относительно активной гидродинамики ранее 10600–10200 кал. л. н. (таблица 2.10), когда проливы соединяли озеро Малое Муранканское с озером Муранканское (Репкина и др., 2019). Таким образом, ОУМ во время раннеголоценовой регрессии опустился ниже отметки 11,0 м не позднее 10600–10200 тыс. кал. л. н. (рис. 12) (Harrison et al., 1996).

Признаки регрессии раннего голоцена были также обнаружены в ядре донных отложений МТ2: на глинистых алевритах позднеледниковой трансгрессии начал накапливаться торф возрастом 9400–9100 кал. л. н., что указывает на осушение восточной части озера Муранканское до этого времени. Таким образом, средний уровень моря опустился ниже порога стока бассейна (7,0 м н. у. м.).

В ядре Zh1, где абсолютная высота порога стока находится на отметке 9,5 м, отложения раннего голоцена, по-видимому, отсутствуют. Непосредственно над плотными алевритами, отнесенными к позднеледниковой трансгрессии, залегает тонкий горизонт гиттии (27 см), который, без признаков размыва, сменяется торфом с возрастом подошвы 4400–3700 кал. л. н. Четкая литологическая граница (алеваит/гиттия), наличие хорошо сохранившихся створок диатомей в высоких

концентрациях в нижней части гиттии и отсутствие диатомей в алевритах указывают на эрозионный характер границы и перерыв в осадконакоплении. Отложения раннеголоценовой регрессии, вероятно, были размыты, поэтому керн Zh1 не предоставляет информации о возрасте и условиях раннеголоценовой регрессии.

Таким образом, положение ОУМ во время регрессии раннего голоцена ограничено для района исследований двумя датировками из керна МТ2. Величина падения ОУМ в течение ~1000 лет оценивается от 11,0 м над у. м. в керне ММ (10500–10200 тыс. кал. л. н.) до 7,0 м в керне МТ2 (9400–9100 кал. л. н.). Расчетная средняя скорость снижения ОУМ в это время составляет ~0,4 см/год, что на один-два порядка меньше, чем на побережье Кандалакшского залива в северной части Белого моря, где она достигала 10 см/год (Колька, Корсакова, 2017).

Пределы падения ОУМ Белого моря во время раннеголоценовой регрессии окончательно не установлены. В Двинском заливе получено несколько радиоуглеродных датировок раннего голоцена с глубины 17,0–18,0 м ниже современного уровня моря. Две из них (~10400–10200 кал. л. н. и ~9500–9200 кал. л. н.) были получены по пресноводному торфу в дельте Северной Двины (Кошечкин, 1979), а две другие (~10300–10000 и ~9400–8300 кал. л. н.) – по морским раковинам на шельфе острова Анзер (Каплин, Селиванов, 1999). Это противоречие, вероятно, связано с неравномерными вертикальными движениями. По данным Т.Ю. Репкиной (Репкина и др., 2018) в 20 км к северо-западу от Унской губы на высоте 3,0 м был найден торф с возрастом подошвы 9500–9400 кал. л. н. Торф залегает на синевато-серых плотных алевритах с включениями обломочного материала и растительных остатков, накопленных во время позднеледниковой трансгрессии. Такую резкую смену слоев интерпретируют как эрозионный контакт.

Таким образом, вопрос о минимальном уровне уреза воды Белого моря во время раннеголоценовой регрессии по-прежнему остается открытым.

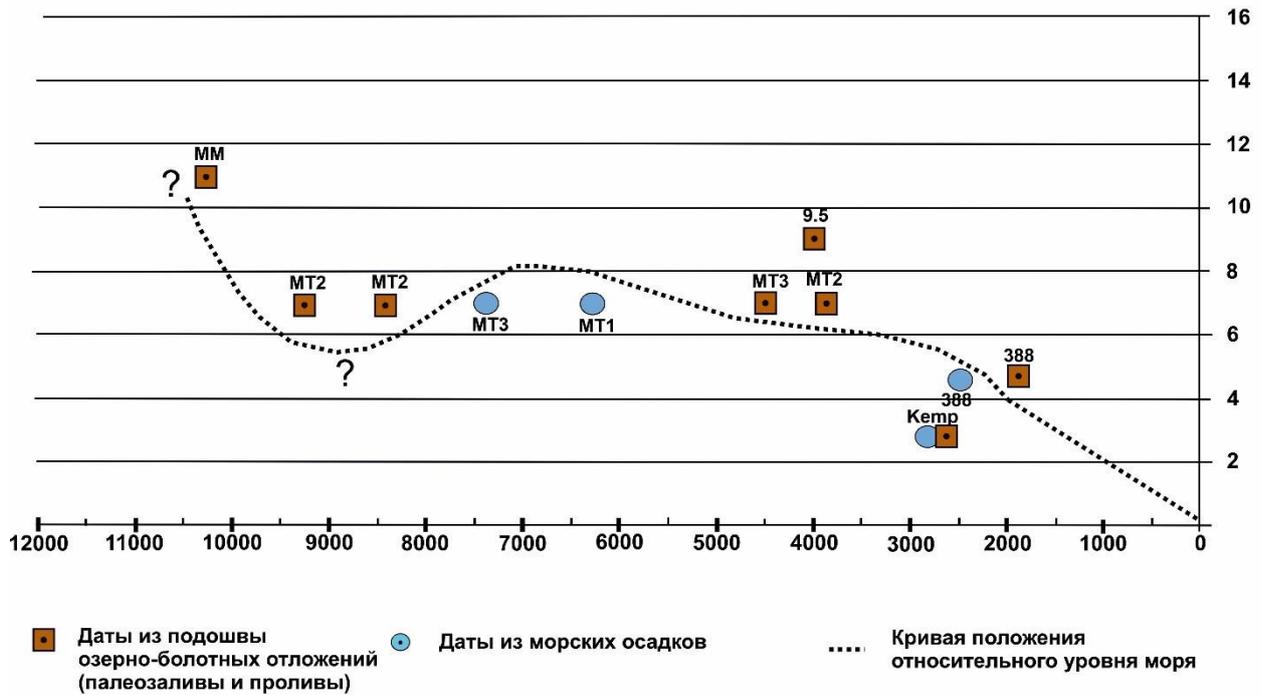


Рисунок 3.8. Перемещение относительного уровня моря в Унской губе. Горизонтальная ось – календарных лет, вертикальная – отметки абсолютных высот, м. (Kublitskiy et al., 2023).

**Среднеголоценовая морская трансгрессия (Тапес).** В районе Унской губы время начала трансгрессии Тапес и ее максимальный уровень были установлены в результате изучения разреза донных отложений озера Мураканское (керны МТ2, МТ3, МТ1) и высот береговых валов. После 8500–8400 кал. л. н. в озере Мураканское на слое торфа (589–525 см, керн МТ2) сформировался горизонт алевролита (526–509 см), в котором доминируют морские и солоноватоводные виды диатомей. Нижняя часть керна МТ3 (691–734 см, серо-оливковый алевролит), сформировавшаяся ранее 7400–7000 тыс. кал. л. н., также имеет признаки морского происхождения – диатомовый комплекс представлен мелководными морскими видами *Paralia sulcata*, *Scolioneis tumida*, *Grammatophora* spp. и др. Нижняя часть керна донных отложений МТ1 (426–450 см, серый алевролит) накапливалась ранее 6400–6000 кал. л. н. в прибрежно-морских условиях. Диатомовые ассоциации из этого горизонта отложений характеризуются видами, сходными с таковыми из нижней части керна МТ3 (Kublitskiy et al., 2023).

В начале трансгрессии Тапес между 8400 и 7400 кал. л. н. произошел быстрый подъем относительного уровня Белого моря. На восточном берегу озера

Мураканское высота береговых валов составляет 10,5 м н. у. м., которые сформировались, когда озеро еще было открытым морским заливом, ограниченным с трех сторон моренными холмами и грядами (рис. 1.5). С учетом доверительного интервала (1,0 м), средний уровень моря в рассматриваемое время не превышал 9,5 м. (Kublitsky et al, 2023). Точное время начала трансгрессии Тапес и формирования береговых валов не установлено для района Унской губы.

Около 7400 кал. л. н. ОУМ снизился примерно до 8,0–8,5 м н. у. м. и оставался на этой высоте до ~6400–6000 тыс. кал. л. н. (рис. 3.8). На это событие указывают контакты алевролита и алевроитовой гиттии в кернях донных отложений МТ3 и МТ1 (рис. 3.7). В то время озеро Мураканское представляло собой лагуну Белого моря со спокойными гидродинамическими условиями. Лагуна постепенно отчленялась быстро растущей с запада на восток косой (рис. 1.5). О постепенном разделении озерных бассейнов свидетельствует разница в датах смены алевролита на алевроитовую гиттию в керне МТ3 (рис. 3.7) и разница в мощности пачки алевроитовой гиттии, сформировавшейся в переходных условиях (рис. 3.7) в керне МТ1.

Таким образом, положение ОУМ в первой половине морской трансгрессии Тапес было определено по датировке слоя торфа из керна донных отложений МТ2, возрасту морских отложений из кернов МТ3 и МТ1, по высоте песчаной косы, которая постепенно отделила озеро Мураканское (лагуну), и по береговым валам на восточном побережье озера (рис. X.). Установлено, что по всем индикаторам наивысший уровень трансгрессии не превышает 9,5 м (рис. 3.7). Эрозионный контакт, зафиксированный между слоями алевролита и илистой гиттии в керне МТ1 (426 см от поверхности воды), мог быть связан с периодическими прорывами аккумулятивных форм (часть косы) во время интенсивных штормов (Репкина и др., 2019).

**Завершение морской трансгрессии Тапес.** Позже 6400–6000 кал. л. н. ОУМ начал постепенно снижаться (рис. 3.8). Его падение зафиксировано в кернях донных отложений оз. Мураканское (МТ3, МТ2, МТ1 и Zh1). Изменения в литологическом составе донных отложений и смена в составе диатомовых комплексов (морские и солоноводные на пресноводные) в связи с переходом условий осадконакопления от морских (лагунных) к пресноводным

(изолированный бассейн) датируются 4800–4500 кал. л. н. (керна МТ3) и 4000–3900 кал. л. н. (керна МТ2). Разница во времени изоляции западного (МТ3) и восточного (МТ2) бассейнов озера более чем на 600 лет может быть связана с последовательностью закрытия этих бассейнов косами.

По результатам диатомового анализа слоя торфа в керне Zh1 установлено время начала заболачивания центральной части пролива – ~4400–3700 кал. л. н. (табл. 2.10), что соответствует времени окончательной изоляции восточного бассейна озера Мураканское (керна МТ2) (рис. 3.8).

Даты окончания трансгрессии Тапес варьируют – 4400–3700 кал. л. н. (керна Ж1), ~4800–4500 кал. л. н. (керна МТ3) и ~4000–3900 кал. л. н. (МТ2.) (рис. 3.7). Величина снижения ОУМ (с 8,5–8,0 до 7,0 м н. у. м.) сравнима с высотой штормового нагона, поэтому для этого отрезка времени кривая ОУМ показана приблизительно (рис. 3.8).

В северо-западной оконечности Онежского полуострова трансгрессия Тапес зафиксирована береговыми валами на высотах 14,0–18,5 м и отложениями изолированных бассейнов. Трансгрессия проявилась в долговременной ~8200–5800 кал. л. н. стабилизации уровня моря (Репкина и др., 2017, 2020). В десяти километрах к востоку от района исследований, на восточном побережье Унской губы на высоте 8,0 м н. у. м в палеолагуне, был установлен возраст трансгрессии – ~5700 кал. л. н. (Baranskaya et al., 2018). Это значение близко к полученному нами.

В вершине Двинского залива трансгрессия Тапес проявилась в стабилизации и незначительных колебаниях ОУМ на уровне, близком к современному, в интервале 7700–4400 кал. л. н. В то время в устье Северной Двины формировались обширные лагуны, отгороженные береговыми валами (Зарецкая и др., 2018).

**Позднеголоценовая регрессия.** Дальнейшее снижение ОУМ было зафиксировано в керне донных отложений 388 (палеопроток, болото 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 (Kublitskiy et al., 2023).

После этого ОУМ снизился до современного положения (рис. 3.8). Высота ОУМ уменьшилась с 7,0 м (~ 4000–3900 кал. л. н. (керна М2)) до 4,5 м (~ 2700–2300 кал. л. н. (керна 388)). Исходя из положения ОУМ и среднего возраста (3950 кал. л. н. и 2500 кал. л. н.), скорость снижения ОУМ оценивается примерно в ~0,17 см/год. За последние ~2500 кал. л. н. ОУМ снижался со скоростью ~0,18 см/год с 4,5 м (в 2700–2300 кал. л. н.) до современного положения.

Таким образом, время начала позднеледниковой трансгрессии и ее максимальный уровень однозначно не установлены. Регрессия раннего голоцена в центре Онежского полуострова была не выше 11,0 м до 10600–10200 кал. л. н. и не выше 7,0 м до 9400–9100 кал. л. н. ОУМ снижался со средней скоростью 0,4 см/год. Трансгрессия среднего голоцена (Тапес) 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 8,5–8,0 м в течение 7400–6000 кал. л. н. и до 4000 кал. л. н. – очень медленно снижался. Падение ОУМ началось около 4000 кал. л. н. и к 2700–2300 кал. л. н. уровень моря снизился с 7,0 м до 4,5 м. За последние 4000 кал. л. н. скорость падения ОУМ составляла около 0,18 см/год.

### **3.5. Сравнительный анализ положения относительного уровня моря в разных районах побережья Белого моря.**

Реконструкция колебаний относительного уровня моря (ОУМ) в голоцене является одной из центральных задач палеогеографических исследований, позволяющей понять влияние гляциоизостатических поднятий и блоковых тектонических движений земной коры на развитие береговых линий. Побережье Белого моря представляет уникальный естественный полигон для таких исследований благодаря значительным амplitудам послеледниковых вертикальных движений, хорошо выраженных в рельефе побережий и в архивах донных отложений изолированных озер.

Изучение четырех ключевых участков побережья — Большого Соловецкого острова, острова Анзерский, Губы Конюхова и Унской губы — позволило

установить существенные пространственные различия в динамике береговой линии и уровня моря на протяжении голоцена (рис. 3.9).

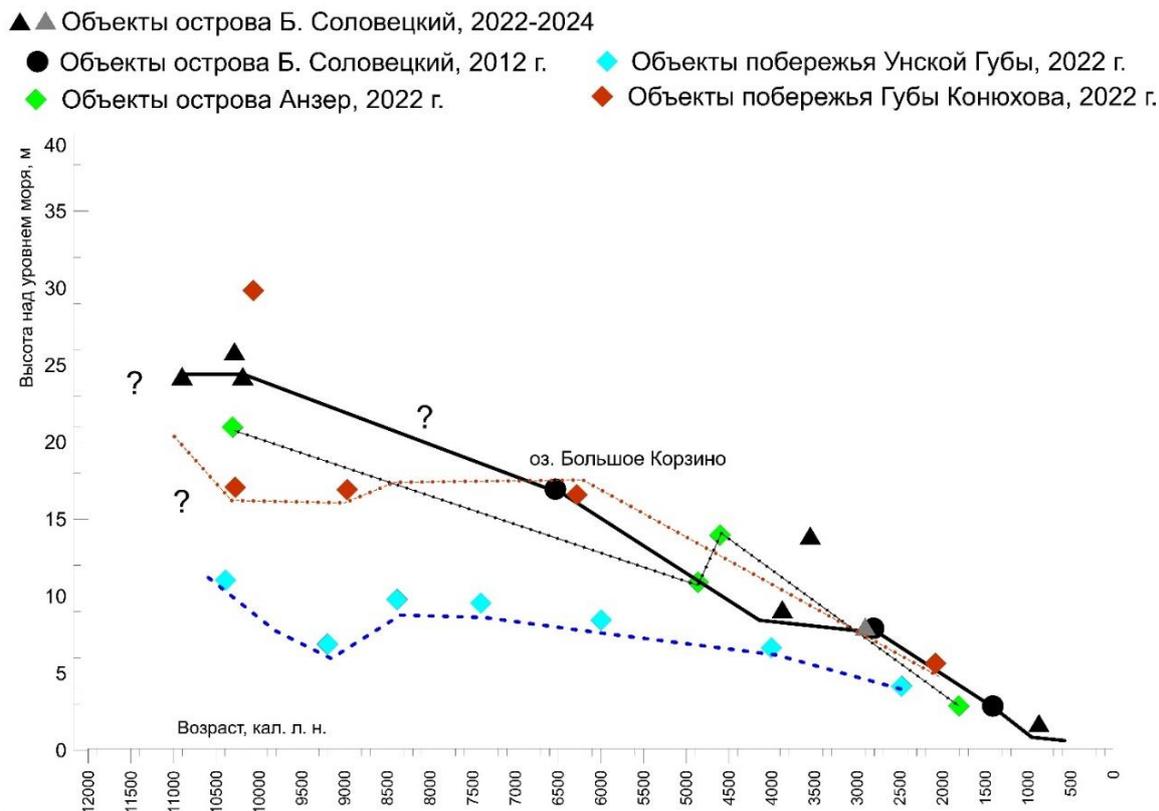


Рисунок 3.9. Изменения ОУМ на ключевых участках

Данные о трансгрессивно-регрессивных событиях систематизированы в таблице 3.3. Группировка пространственно-временных маркеров проведена по трём событиям, фиксируемым в голоценовой динамике ОУМ. Раннеголоценовая регрессия зафиксирована завершением изоляции озёр побережья от крупного приледникового водоёма около 10200 кал. л. н. Маркеры трансгрессии Тапес в основном представлены изоляцией озёр от морского бассейна, а также началом накопления торфа (субаэральные условия). При этом только в губе Конюхова, Онежский полуостров, однозначно установлены время и уровень моря в начале трансгрессии (поступление солёных 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 островах начало трансгрессии Тапес не установлено. Средне- и позднеголоценовая регрессия зафиксирована изоляцией озёр от морского бассейна и началом накопления торфа.

Динамика ОУМ на ключевых участках

№	Событие	Возраст, кал. л. н.	Уровень порога стока изолированных озер, м	Ключевой участок
1	Раннеголоценовая регрессия	11000–10200	24,0	Остров Большой Соловецкий. Озеро Рыбка (изоляция)
2		11200–10200	21,0	Остров Анзер. Озеро Надбанное (изоляция)
3		ранее 10200	17,0	Губа Конюхова. Озеро Конюховское (изоляция)
4		ранее 10600–10200	11,0	Унская губа. Озеро Малое Мураканское (начало торфонакопления)
		ранее 9400–9100	7,0	Унская губа. Озеро Мураканское МТ2 (начало торфонакопления)
5	Трансгрессия Тапес	6600–6500	17,0	Большой Соловецкий. Озеро Большое Корзино (изоляция)
		9000–8800	17,0	Губа Конюхова. Озеро Конюховское (начало трансгрессии)
6		7400–6900	17,0	Губа Конюхова. Озеро Конюховское (изоляция)
		6300–6200	17,5	Губа Конюхова. Болото Вензин Мох (изоляция)
		позднее 8400	не выше 9,5	Унская губа. Озеро Мураканское МТ2 (начало трансгрессии)
7		7400–6000	8,5–8,0	Унская губа. Озеро Мураканское (изоляция)
8	Средне- и позднеголоценовая регрессия	5500–4600	14,0	Остров Анзер. Озеро Банное (изоляция)

9		4900– 5600	11,0	Остров Анзер. Озеро Голгофское (изоляция)
10		2200– 1600	3,0	Остров Анзер. Озеро Капорское (изоляция)
11		3900	10,5	Остров Большой Соловецкий. Торфяник Средняя терраса (начало торфонакопления)
12		2800	8,0	остров Большой Соловецкий. Озеро Варваринское (изоляция)
13		1500	3,0	остров Большой Соловецкий. Озеро Исаковское (изоляция)
14		900	1,8	остров Большой Соловецкий. Торфяник Низкая терраса (начало торфонакопления)
15		2100	6,0	Губа Конюхова. Торфяник Т.760 (начало торфонакопления)
16		6000– 3900	8,0-7,0	Унская губа. Озеро Мураканское (изоляция)
17		2700– 2300	4,5	Унская губа. Торфяник Горбоватый Мох (изоляция)

**Раннеголоценовая регрессия** Белого моря – это первый значительный этап понижения относительного уровня моря после максимума позднеледниковой трансгрессии. Результаты исследования демонстрируют дифференциацию амплитуд этого процесса на ограниченной территории побережья (рис. 3.10).

На острове Большой Соловецкий начало раннеголоценовой регрессии на абсолютной отметке 24,0–25,0 м маркируется изоляцией озерных водоемов от крупного водного бассейна и датируется около 11000–10200 кал. л. н. На острове Анзер завершение изоляции водоемов произошло на отметке 21 м около 10200 кал. л. н. Таким образом, разница современных высот береговых линий в 3,0–4,0 м даже на соседних островах указывает на локальные тектонические различия в поднятиях земной коры.

На побережье Онежского полуострова в Губе Конюхова уровень крупного водоема опустился ниже отметки 17,0 м не позднее 10200 кал. л. н., в Унской губе

не превышал отметку 11,0 м около 10600–10200 кал. л. н.

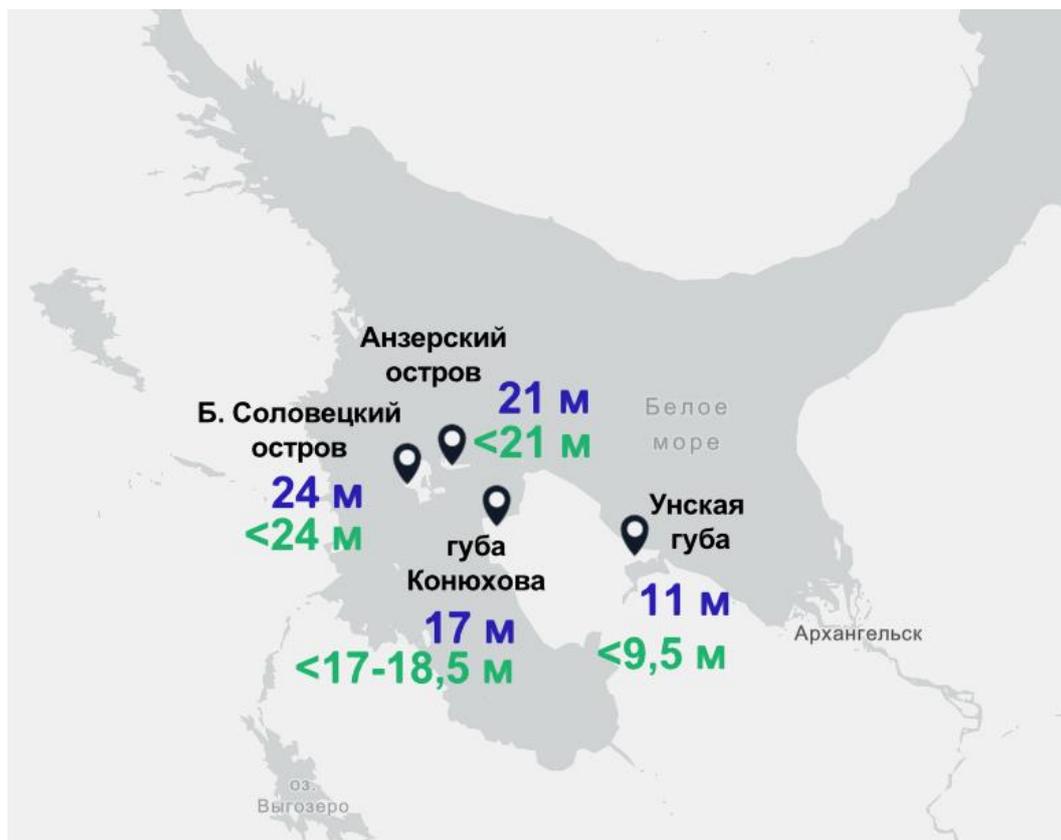


Рисунок 3.10. Разность современных высот между уровнями крупных водоемов во время раннеголоценовой регрессии (синий цвет) и трансгрессии Тапес (зелёный цвет).

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 полуострова.

**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 Большом Соловецком острове максимум трансгрессии не превышал отметку 24,0 м над уровнем моря, на соседнем острове Анзер — не выше 21,0 м над

у.м. Однако время начала трансгрессии на этих участках Соловецкого архипелага не установлено с достаточной точностью, что затрудняет оценку скоростей выдвигания береговой линии. В Конюховском озере (Губа Конюхова, Онежский п-ов) подъем уровня моря фиксируется на отметках 17,0–18,5 м над уровнем моря в интервале 9000–8800 кал. л. н., отмечая начало трансгрессии в северо-западной части Онежского полуострова.

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 архипелаге (21,0–24,0 м) и в Унской губе (9,5 м) составляет более 10 метров, что подтверждает наличие четко выраженного градиента послеледниковых вертикальных движений.

Данные по Конюховскому озеру позволили детально реконструировать процесс изоляции водоема. Смена в строении типа донных отложений около 7500–7400 кал. л. н. — переход от глинистой гиттии к слоистой гиттии — свидетельствует о начале постепенной изоляции озера от морского бассейна. Окончательное обособление Конюховского озера произошло ранее 6900–6800 кал. л. н., когда уровень моря опустился ниже порога стока около 17,0 м. Изоляция озера от моря подтверждена сменой состава диатомовых комплексов в разрезе донных отложений (Леонтьев и др., 2022).

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 ~6,0 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

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 полуострова 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)

**Выводы по главе.** Озеро Конюховское отделилось от приледникового озера ~10200 кал. л. н. и, вероятно, представляло собой водоем лагунного типа. Во время трансгрессии Тапес, позже ~9000–8800 кал. л. н., уровень моря поднимался, и морские условия в котловине озера восстановились. Окончательно озеро отделилось от моря ~6900–6800 кал. л. н. Во время регрессии раннего голоцена относительный уровень моря стал ниже порога стока озера Конюховского (17,0 м) не позднее ~10200 кал. л. н. Трансгрессия Тапес с подъемом уровня не ниже 17,0, 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 ~6,0 м не позже ~2100 кал. л. н.

На Большом Соловецком острове 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 17,0 м н. у. м. около 6500 кал. л. н.; 8,0 м н. у. м. около 2800 кал. л. н.; 3,0 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.

На Анзерском острове раннеголоценовая регрессия фиксируется на высоте 21,0 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 21,0. Завершение трансгрессии и последующее понижение уровня фиксируется на 14,0 м ~4800–4400 кал. л. н.; 11,0 м ~5600-5000 кал. л. н.; 3,0 м н. у. м. ~2200–1700 кал. л. н.

В Унской губе время начала позднеледниковой трансгрессии и ее максимальный уровень однозначно не установлены. Регрессия раннего голоцена была не выше 11,0 м до 10600–10200 кал. л. н. и не выше 7,0 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 8,5–8,0 м в течение 7400–6000 кал. л. н. и до 4000 кал. л. н. – очень медленно снижался. Падение ОУМ началось около 4000 кал. л. н. и к 2700–2300 кал. л. н. уровень моря снизился с 7,0 м до 4,5 м.

## Заключение

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 в донных отложениях Конюховского озера датированы изоляционные контакты 9000–8800 и 6900–6800 кал. л. н. для порога стока 17,5 м н. у. м. Среднеголоценовая изоляция озера подтверждена сменой таксономического состава диатомовых водорослей в слоистых отложениях переходной зоны. В отложениях болота Вензин Мох ВМ 751 с порогом стока ~18,5 м не выявлены диатомеи, характерные для морских условий осадконакопления. При этом подошва субаэральных отложений (торф) датирована ~8300–8200 кал. л. н. В скважине ВМ 755 (порог стока 17,5 м) оторфованная гиттия имеет возраст ~6300–6200 кал. л. н. и перекрывает осадки изолирующегося водоема, что подтверждают данные диатомового анализа. В осадках болота на морской террасе (Т 760) 8,0 м н. у. м подошва торфа, подстилаемого песками, датирована ~2100 кал. л.

Озеро Конюховское первый раз отделилось от приледникового озера ~10200 кал. л. н. и, вероятно, представляло собой водоем лагунного типа. Во время трансгрессии Тапес, позже ~9000–8800 кал. л. н., уровень моря поднимался на 2,0–3,0 м, и морские условия в котловине озера восстановились. Окончательно озеро отделилось от моря ~6900–6800 кал. л. н. Во время регрессии раннего голоцена относительный уровень моря стал ниже порога стока озера Конюховского (17,0 м) не позднее ~10200 кал. л. н. Трансгрессия Тапес с подъемом уровня не ниже 17,0, 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 ~6,0 м не позже ~2100 кал. л. н.

3. На побережье Большого Соловецкого острова возраст слоистой гиттии, перекрывающей пачку слоистого алеврита 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 8,0 м, возраст гиттии, перекрывающей алевриты, составил ~2800 кал. л. н. 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.

На Большом Соловецком острове 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 17,0 м н. у. м. около 6500 кал. л. н.; 8,0 м н. у. м. около 2800 кал. л. н.; 3,0 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. В озерах на побережье Анзерского острова завершение формирования слоистых переходных зон датировано: ~10500–10200 кал. л. н. на высоте 21 м н. у. м.; ~4800–4400 кал. л. н. на высоте 14 м; ~5600–5000 кал. л. н. на высоте 11 м; ~2200–1700 кал. л. н. на 3,0 м.

На Анзерском острове раннеголоценовая регрессия фиксируется на высоте 21,0 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 21,0. Завершение трансгрессии и последующее понижение уровня фиксируется на 14,0 м ~4800–4400 кал. л. н.; 11,0 м ~5600–5000 кал. л. н.; 3,0 м н. у. м. ~2200–1700 кал. л. н.

5. В водоемах на побережье Унской губы субаэральное органонакопление датировано 10600–10200 кал. л. н. на высоте 11 м; 9400–9100 кал. л. н. на высоте 7,0 м; 1900–1700 кал. л. н. на высоте 6,5 м. На высоте 7,0 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 (изоляции) происходило в интервале от 4800–4500 до 4000–3900 кал. л. н.

В Унской губе время начала позднеледниковой трансгрессии и ее максимальный уровень однозначно не установлены. Регрессия раннего голоцена была не выше 11,0 м до 10600–10200 кал. л. н. и не выше 7,0 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 8,5–8,0 м в течение 7400–6000 кал. л. н. и до 4000 кал. л. н. – очень медленно снижался. Падение ОУМ началось около 4000 кал. л. н. и к 2700–2300 кал. л. н. уровень моря снизился с 7,0 м 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 полуострове заключаются в следующем: (1) относительные уровни раннеголоценовой регрессии отмечаются на современных высотах 24,0; 21,0; 17,0 и 11,0 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 до 6,0 м в Унской губе; (3) снижение относительного уровня Белого моря во время регрессии конца среднего – начала позднего голоцена установлено в диапазоне от 14,0 до 6,0 м на Соловецких островах и в губе Конюхова, и от 8,0 до 4,5 м в Унской губе Онежского полуострова.

Разность современного высотного положения береговых линий раннего голоцена на Соловецких островах и на юге Онежского полуострова (Унская губа)

составляет 13 м, снижается до 11 м для среднеголоценовых и достигает 6,0–1,5 м для береговых линий, сформировавшихся в конце среднего голоцена, что обусловлено снижением интенсивности тектонических и гляциоизостатических движений в юго-восточном направлении.

### Список литературы

1. Авилов И. К. Мощность современных осадков и послеледниковая история Белого моря // Тр. Океанологического ин-та. – 1956. – Вып. 31 (43). – С. 5–55.
2. Авенариус И.Г. Морфоструктура Беломорского региона // Геоморфология, 2004. № 3. С. 48–56.
3. Авенариус И.Г. Морфоструктурный анализ при изучении культурного и природного наследия Западно-Арктического региона России. – М.: "Европейские издания", 2008. 190 с.
4. Барановская О. Ф., Плешивцева Э. С., Травина М. А. Стратиграфия морских отложений позднего плейстоцена и голоцена низовьев р. Северной Двины (по опорным разрезам) // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. – Петрозаводск, Карельский филиал АН СССР, 1977. – С. 111–118. Боярская и др., 1986.
5. Географический атлас России. Сост. и оформл. карт. Аржаева С.А., Беликова О.Б., Дацинская И.В. и др. – М.: ПКО Картография, 1998.
6. Горный В.И., Теплякова Т.Е. О влиянии эндогенного тепла Земли на формирование в бореальной зоне локальных ареалов неморальной растительности // Докл. РАН, 2001. Т. 378, №5. С. 560–561.
7. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, серия Онежская, листы Q-37-XXXI, XXXII. Т.Н.Зоренко, Г.М.Черемхина, В.С.Корепанов, Л.С.Вертунова, В.И.Левин, А.Е.Рыбалко / Ред. Ю.Г.Старицкий. Спб.: ВСЕГЕИ, 2000. 75 с.
8. Девятова Э. И. Геология и палинология голоцена и хронология памятников первобытной эпохи в юго-западном Беломорье. – Л.: Наука, 1976. – 122 с.
9. Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. – Л.: Наука, 1985. – 244 с.
10. Евзеров В. Я., Корсакова О. П., Колька В. В. История развития морских бассейнов в Беломорской депрессии за последние 130 тысяч лет (состояние

- вопроса и перспективы исследований) // БЮЛ. КИЧП. – 2007. – № 67. – С. 54–65.
11. Евзеров В. Я. Оледенения района Беломорской котловины // Система Белого моря. Т. 1. Природная среда водосбора Белого моря. – М.: Научный мир, 2010. – С. 76–93.
  12. Зарецкая Н. Е. Голоценовая история дельты р. Северной Двины // Геоморфология. – 2018. – № 1. – С. 3–17. – DOI: 10.7868/S0435428118010017
  13. Иностранцев А.А. Результаты геологических исследований, произведенных в 1870 г. между Онежским озером и Белым морем, на Соловецких островах // Тр. СПб. об-ва естествоисп. 1872. Т. 3. С. 46–50.
  14. Иностранцев А. А. Геологический обзор местности между Белым морем и Онежским озером. – СПб.: В. Демаков, 1871. – 83 с.
  15. Кальберг Э. А. Геологическое описание Онежского полуострова // Труды Северного геологического управления, 1940. вып. 5, 64 с.
  16. Каплин П.Н., Селиванов А.О. Изменения уровня морей России и развитие берегов: прошлое, настоящее, будущее. М.: Геос., 1999. 299 с.
  17. Колосова Г. Н. Природно-географический анализ исторических территорий: Соловецкий архипелаг. Труды Соловец. отряда Мор. аркт. комплекс. экспедиции / Под общ. ред. П.В. Боярского, В.П. Столярова М-во культуры Рос. Федерации и др. - М.: Ин-т Наследия, 1999. 111 с.
  18. Колька В.В., Евзеров В.Я., Мёллер Я., Корнер Д. Последледниковые гляциоизостатические движения на Северо-Востоке Балтийского щита / Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова. – Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 15–25.
  19. Колька В.В., Евзеров В.Я., Мёллер Я.И., Корнер Г.Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене – голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 1. С. 73–88.
  20. Колька В.В., Корсакова О.П. Восстановление относительного положения уровня Белого моря в позднеледниковье и голоцене по данным

- литологического, диатомового анализов и радиоуглеродного датирования донных отложений озер // Геоморфология. 2015. № 4. С. 15–28.
21. Колька В.В., Корсакова О.П. Положение береговой линии Белого моря и неотектонические движения на северо-востоке Фенноскандии в позднеледниковье и голоцене // Система Белого моря. Т. IV. Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017. С. 222–249.
  22. Корсакова О.П. Побережье Белого моря в пределах Фенноскандинавского кристаллического щита в неоплейстоцене и голоцене // Известия РАН. Серия географическая, 2022. Т. 86. № 6. С. 883–897.
  23. Кошечкин Б. И., Девятова Э. И., Каган Л. Я., Пунинг К. Позднеледниковые морские трансгрессии в Онежском Беломорье // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера Европейской части СССР. – Петрозаводск: Изд-во Карельск. филиала АН СССР, 1977. – С. 5–16.
  24. Кошечкин Б. И. Голоценовая тектоника восточной части балтийского щита. – Л.: Наука, 1979. – 158 с.
  25. Кузнецов Д.Д., Лудикова А.В., Субетто Д.А., Леонтьев П.А., Греков И.М., Потахин М.С., Сапелко Т.В., Сырых Л.С., Толстобров Д.С. Хроно- и литостратиграфия озерных отложений острова Анзер (Соловецкие острова) в контексте послеледниковой истории Белого моря // Известия РАН. Серия географическая 2022. Т. 86. № 6. С. 914–932.
  26. Лаврова М. А. К геологии Онежского полуострова Белого моря // Тр. Геол. музея Ак. наук. – Т. VIII. – Л.:Изд. АН СССР, 1931. – 70 с.
  27. Лаврова М. А. Четвертичная геология Кольского полуострова. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – 234 с.
  28. Леонтьев П.А., Греков И.М., Субетто Д.А., Кузнецов Д.Д., Колька В.В., Лудикова А.В., Потахин М.С., Сапелко Т.В., Сырых Л.С., Толстобров Д.С. Стратиграфия озёрных отложений Онежского полуострова, Белое море // Общество. Среда. Развитие. 2016. № 3 (40). С. 125-130.
  29. Леонтьев П.А., Субетто Д.А., Репкина Т.Ю. и др. Реконструкция относительного перемещения уровня моря в голоцене на северо-западе

- Онежского полуострова (губа Конюхова, Белое море) на основе палеолимнологических исследований // Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2022. Т. 86. № 6. С. 933–945.
30. Лисицын А.П., Евзеров В.Я., Беек П. ван, Суо М., Субетто Г.Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // ДАН, 2012. Т. 446. № 2. С. 183–190.
31. Макаров В.И., Щукин Ю.К., Юдахин Ф.Н. Позиция Соловецких островов в неотектонической структуре Беломорья, их природа и современная геодинамика // Литосфера, 2007. № 3. С. 86–94.
32. Мануйлов В.В., и др. Четвертичные отложения северной части Онежского залива. Л.: ВСЕГЕИ, 1981. 85 с.
33. Метлицкий А.В., Сухопаров Л.Д., Тарасов В.А. и др. Отчет о проведении поисков песчано-гравийного материала и песка на Соловецких островах в Приморском районе Архангельской области (Соловецкий отряд, 1984–87 гг.). Архангельск: Архангельское производственно-геологическое объединение “Архангельскгеология”, 1987. Т. 7. 339 с.
34. Миддендорф А. Ф. Путешествие на Север и Восток Сибири. Ч. 1. Север и Восток Сибири в естественно-историческом отношении. Отд. 1–2. – СПб.: Типография Императорской академии наук, 1860. – 314 с.
35. Национальный парк "Онежское поморье": монография / сост. Н. Червякова; фот. О. Червяков, Петрозаводск: СДВ-Оптима, 1999. 37 с.
36. Невесский Е.Н., и др. Палеогеографические исследования Белого моря. Л.: Наука, 1977. 156 с.
37. Никишин Н.А. Особенности развития берегов Соловецких островов в голоцене // Вестник МГУ. Сер. 5. География, 1984. № 5. С. 55-57.
38. Никишин Н.А. Анализ развития природы Соловецких островов. Дисс. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук. М., 1986. – 208 с.
39. Никонов А. А. Голоценовые и современные движения земной коры: геолого-геоморфологические и сеймотектонические вопросы. – М.: Наука, 1977. – 240 с.

40. Полякова Е.И., и др. Голоценовые климаты и осадконакопление Белого моря (по материалам программы «Мировой океан»). СПб.: ИО РАН, 2014. 144 с.
41. Природная среда Соловецкого архипелага в условиях меняющегося климата / Под ред. Ю. Г. Шварцмана, И. Н. Болотова. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 184 с.
42. Рейнеке М. Ф. Гидрографическое описание северного берега России: составлено капитан-лейтенантом М. Рейнеке в 1833 году. - СПб, 1883. – Ч. 1: Белое море. – 488 с.
43. Репкина Т. Ю., Зарецкая Н. Е., Субетто Д. А., Потахин М. С., Кунгаа М. Ч., Новикова А. В., Леонтьев П. А. Морфодинамика берегов северо-запада Онежского полуострова Белого моря в голоцене. Губа Конюхова // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2018. № 1. С. 3-22. DOI: 10.17076/bg717.
44. Репкина Т. Ю., Зарецкая Н. Е., Шилова О. С. Двинский залив Белого моря в позднеледниковье – раннем голоцене // Геоморфология. – 2018. – № 2. – С. 71–88. – DOI: 10.7868/S0435428118020062
44. Репкина Т. Ю., Романенко Ф. А., Лудикова А. В., Зарецкая Н. Е. Северо-западные берега Онежского полуострова Белого моря в голоцене: условия развития, динамика, хронология // Известия РАН. Серия географическая. – 2020. – Т. 84, № 6. – С. 888–904.
45. Репкина Т. Ю., Орлов А. В., Крехов А. К., Кублицкий Ю. А., Брылкин В. В., Вяткин Е. Д. Предварительные результаты георадиолокационных и палеолимнологических исследований на островах Большой Соловецкий и Муксалма (Соловецкий архипелаг, Белое море) в 2022–2023 годах // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. – 2023. – Вып. 10. – С. 217–225. – DOI: 10.24412/2687-1092-2023-10-217-225
46. Репкина Т. Ю., Кублицкий Ю. А., Леонтьев П. А., Гуринов А. Л., Вахрамеева Е. А., Лосюк Г. Н., Шилова О. С., Луговой Н. Н. Изменение относительного уровня Белого моря в позднеледниковье – раннем голоцене (восточный берег

- пролива Горло, озеро Средняя Треть) // Геоморфология и палеогеография. – 2023. – Т. 54, № 4. – С. 105–130. – DOI: 10.31857/S2949178923040084
47. Рыбалко А.Е., Журавлев В.А., Семенова Л. Р., Токарев М.Ю. Четвертичные отложения Белого моря и история развития современного Беломорского бассейна в позднем неоплейстоцене – голоцене // Система Белого моря. Т. IV. Процессы осадкообразования, геология и история. – М.: Научный мир, 2017. – 1030 с.
48. Рыбалко А. Е., Репкина Т. Ю., Зарецкая Н. Е. Новые геолого-геофизические материалы по восстановлению палеогеографических условий в Анзерской лагуне (Соловецкие острова) // Труды XIII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2024)»: труды конференции, Москва, 28 октября 2024 года. – Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2025. – С. 196-201.
49. Соболев В. М. Состав, стратиграфия позднечетвертичных отложений Горла Белого моря и основные черты его палеогеографии // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. – Москва: Изд-во МГУ, 2008. – С. 144–156.
50. Соловецкие острова: Духовное, культурное и природное наследие: Указатели, пояснительный текст к карте, справочные сведения. – Москва: Институт Наследия, 2006. 680 с.
51. Соловецкий сборник. Архангельск. 2016. Вып. 12. 218 с.
52. Субетто Д.А. Донные отложения озер: палеолимнологические реконструкции. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. 339 с.
53. Субетто Д. А., Шевченко В. П., Лудикова А. В., Кузнецов Д. Д., Сапелко Т. В., Лисицын А. П., Евзеров В. Я., ван Беек П., Суо М., Субетто Г. Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // Доклады АН. – 2012. – Т. 446, № 2. – С. 183–190. – DOI: 10.1134/S1028334X12090140

54. Субетто Д.А., Сапелко Т.В., Кузнецов Д.Д., Лудикова А.В. Палеолимнологические исследования в России: история и современное развитие // Лимнология в России. 2024. С. 78–95. DOI:10.1134/S1028334X12090140
55. Толстоброва, А. Н. Особенности строения и формирования донных отложений изолированных бассейнов Северо-Восточной части Фенноскандинавского щита (по литологическим и диатомовым данным): диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. 2022. – 236 с.
56. Чуракова Е.Ю., Сидорова О.В., Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н. Растительные сообщества островов Словецкого архипелага // Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. II часть. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. С. 294–298.
57. Шилова О. С., Зарецкая Н. Е., Репкина Т. Ю. Голоценовые отложения Юго-Восточного побережья Горла Белого моря: новые данные диатомового и радиоуглеродного анализов // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 488, № 6. – С. 661–666.
58. Baranskaya A. V/, Khan N., Romanenko F. A., Roy K., Peltier W. R., Horton B. P. A postglacial relative sea-level database for the Russian Arctic coast // Quat. Sci. Rev. – 2018. – Vol. 199. – P. 188–205.
59. Corner G.D., Haugane E. Marine-lacustrine stratigraphy of raised coastal basins and postglacial sea-level change at Lyngen and Vanna, Troms, northern Norway // Norsk Geologisk Tidsskrift. 1993. Vol. 73. P. 175–197.
60. Dean, W.E. Determination of Carbonate and Organic Matter in Calcareous Sediments and Sedimentary Rocks by Loss on Ignition: Comparison with Other Methods. Journal of Sedimentary Petrology (1974), 44, 242-248.
61. Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sea-level changes in Finnmark, North Norway // Norsk Geografisk Tidsskrift. – 1977. – Vol. 31. – P. 103–128.
62. Hafsten U. Pollen-analytical investigations in South Norway // In Høltedahl, O. (ed.): Geology of Norway, Norges Geologiske Undersøkelse. 1960. P. 434-462.

63. Harrison, S., Yu, G., Tarasov, P., Late quaternary lake-level record from northern Eurasia. *Quat. Res.* 45:2 (1996), 138–159. DOI: 10.1006/qres.1996.0016
64. Kjemperud A. Late Weichselian and Holocene shoreline displacement in the Trondheimsfjord area, central Norway // *Boreas*. 1986. Vol. 15. P. 61–82.
65. Kublitskiy Y., Repkina T., Leontiev P., Shilova O., Zaretskaya N., Gurinov A., Lugovoy N., Subetto D., Yakovleva A., Nam Seung Il, Ki Jung-Hyund, Son Yeong-Jud, Peretrukhina A. Reconstruction of Relative Sea-Level Changes Based on a Multiproxy Study of isolated basins on the Onega Peninsula (White Sea, Northwestern Russia) // *Quaternary International*. 2023. Vol. 644–645. – P. 79–95.
66. Ludikova A.V., Subetto D.A., Kuznetsov D.D., Sapelko T.V. From a large basin a small lake: Siliceous microfossils stratigraphy of the isolation basins on Big Solovetskiy Island (the White Sea, NW Russia) and its implication for paleoreconstructions // *Quaternary International*. – 2023. – Vol. 644-645. – P. 61-78. – DOI 10.1016/j.quaint.2021.07.007.
67. Ludikova A. V., Subetto D. A., Kuznetsov D. D., 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 // *Doklady Earth Sciences*. – 2025. – Vol. 522, No. 2. – P. 1-9. – DOI 10.1134/S1028334X2560581
68. Ramsay W. Über die Geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartarzeit // *Fennia*. – 1898. – Vol. 16, no. 1. – P. 151.
69. Rybalko A. E., Repkina T. Yu., Korsakova O. P., Vashkov A. A., Zaretskaya N. E., Tokarev M. Yu., Subetto D.A., Aleshin M. I., Belyaev P. Yu., Dron O. V., Kotov S. R., Krekhov A. K., Kublitsky Yu. A., Kudinov A. A., Leontiev P. A., Orlov A.V., Savelieva L.A. Solovetsky Archipelago in the Late Pleistocene-Holocene: Correlation of Marine and Land Research Data // *Doklady Earth Sciences*. – 2025. – Vol. 525, No. 2. – P. 1–8. – DOI 10.1134/S1028334X25608727.
70. Santisteban J.I., Mediavilla R., Lypez-Pamo E., Dabrio C.J., Zapata M.B.R, Garcia M.J.G., Castano S., Martinez-Alfaro P.E. Loss on ignition: a qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments? // *Journal of Paleolimnology* 32, - 2004. – p. 287–299.

71. Zaretskaya N. E., Shevchenko N. V., Simakova A. N., Sulerzhitsky L. D. Chronology of the North Dvina River delta development over the Holocene // *Geochronometria*. – 2011. – Vol. 38 (2). – P. 116–127. – DOI:10.2478/s13386-011-0012-y
72. Zaretskaya N., Rybalko A., Krylov A., Repkina T., Shilova O. Late Pleistocene in the southeastern White Sea and adjacent areas (Arkhangelsk region, Russia): Stratigraphy and palaeoenvironments // *Quaternary International*. – 2021. – Vol. 605-606. – P. 126-141. – DOI 10.1016/j.quaint.2020.10.057.