

На правах рукописи

Шаталова Ангелина Евгеньевна

**РЕКОНСТРУКЦИЯ УРОВНЯ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ
ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР
КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА**

1.6.14 Геоморфология и палеогеография

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург
2024

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

Научный руководитель:

доктор географических наук, декан факультета географии, заведующий кафедрой физической географии и природопользования Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена

Субетго Дмитрий Александрович

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор кафедры физической и эволюционной географии Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина»

Севастьянов Дмитрий Викторович

кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории геологии и минерации новейших отложений Геологического института – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской Академии наук (ГИ КНЦ РАН)

Толстоброва Алёна Николаевна

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова» Российской академии наук (ИО РАН)

Защита состоится в **14:00 часов «18» сентября 2024** г. на заседании совета 33.2.018.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук созданного на базе Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48, корп. 12, ауд. 21

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48, корп. 5. и на сайте университета по адресу: https://dissер.herzen.spb.ru/Preview/Karta/karta_000001037.html

Автореферат разослан « ____ » _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Сазонова Ирина Евгеньевна

Актуальность исследования

Со времени последней дегляциации котловины Балтийского моря 17–15 тыс. калиброванных лет назад (кал. л. н.) уровень Балтийского моря существенно изменялся. Природа колебаний определялась рядом факторов: изменениями климата, таянием ледникового щита, дифференцированным гляциоизостатическим поднятием суши и эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана, изменениями высоты порогов стока Балтийского моря в Атлантический океан и рядом других региональных и локальных природных факторов.

К настоящему времени довольно детально изучены параметры и характеристики динамики относительного уровня Балтийского моря в голоцене для ряда его прибрежных участков (Rosentau et al., 2021). В меньшей степени изучена восточная часть Финского залива Балтийского моря (Sandgren et al., 2001; Miettien et al., 2004 и др.). Ключевым районом для палеогеографических реконструкций колебаний уровня Балтийского моря и его соединения с Ладожским озером является Карельский перешеек, который в прошлом активно осваивался первобытным человеком и был частью водного пути «из варяг в греки» (Dolukhanov et al., 2009, 2010; Arslanov et al., 2009).

Наиболее дискуссионной является проблема изменения уровня Балтийского моря в литориновую стадию около 7500 кал. л. н. (Sandgren et al., 2004; Rosentau et al., 2013). Вследствие неравномерного гляциоизостатического поднятия земной коры изменение положения береговой линии в различных районах происходило неравномерно и асинхронно, что отмечается различием в их гипсометрическом положении и в количестве трансгрессий. Так, в районе г. Санкт-Петербурга по некоторым оценкам максимальный уровень Балтики на стадии Литоринового моря превышал современный на 5–6 м, в районе г. Зеленогорска – на 10 м, в районе г. Выборга – на 18–20 м (Saarnisto, 2001). Разновысотное положение береговой линии Литоринового моря на Карельском перешейке связывают с неравномерным гляциоизостатическим поднятием территории.

Для реконструкции изменений относительного уровня моря, обусловленных тектоническим и эвстатическим факторами, применяется метод изоляционных бассейнов. Фиксируемые изменения в составе и в строении донных отложений разновысотных озер в совокупности с результатами диатомового анализа и привязкой к геохронологической шкале позволяют определять время изоляции озер от морских бассейнов (Кузнецов и др., 2022; Ludikova et al., 2023 и др.).

Цель исследования – реконструировать изменения уровня Балтийского моря в голоцене по данным изучения диатомовых комплексов в донных отложениях озер северо-запада Карельского перешейка.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- систематизировать существующие представления о динамике уровня Балтийского моря в восточной части Финского залива;
- проанализировать строение донных отложений и состав диатомовых комплексов озер Карельского перешейка;
- выявить основные этапы развития озерных экосистем на основе изменения состава диатомовых комплексов.

Объект исследования – донные отложения озер Карельского перешейка (озера Голубое, Большое Молочное и Зайчихинское) и диатомовые комплексы.

Предмет исследования – эволюция озерных экосистем северо-запада Карельского перешейка и их взаимосвязь с трансгрессивно-регрессивными циклами Балтийского моря в голоцене.

Положения, выносимые на защиту:

1. Состав и строение донных отложений и состав диатомовых комплексов в донных отложениях озер, расположенных на разных гипсометрических отметках в северо-западной части Карельского перешейка, отражают колебания уровня Балтийского моря в голоцене;

2. Состав диатомовых комплексов в донных отложениях озера Голубое отражает изменение солености во время трансгрессивной стадии Литоринового моря;

3. Максимальный уровень Балтийского моря в стадию анциловой трансгрессии (10700–10200 кал. л. н.) в северо-западной части Карельского перешейка превышал 13 м над у. м. Снижение уровня Балтики на 2 м происходило в интервале времени 10400–8500 кал. л. н. со средней скоростью 1 м за 800 лет;

4. Уровень Балтийского моря во время максимума литориновой трансгрессии (около 7500 кал. л. н.) достигал в северо-западной части Карельского перешейка отметки 11 м.

Научная новизна полученных результатов:

Впервые:

- получены данные о строении и составе донных отложений озер Карельского перешейка – Голубое, Большое Молочное и Зайчихинское;
- проанализирован состав диатомовых комплексов в донных отложениях озер Голубое, Большое Молочное и Зайчихинское;
- установлен уровень и возраст анциловой и литориновой трансгрессий Балтийского моря в голоцене на северо-западе Карельского перешейка.

Личный вклад автора состоит в формулировании цели и задач исследования, в участии в научных экспедициях, в сборе и аналитической обработке фактического материала и литературных источников. Фактический материал был собран автором во время полевых исследований в 2019–2023 гг.

на Карельском перешейке (озера Голубое, Большое Молочное, Зайчихинское) и проанализирован в лаборатории Рационального природопользования факультета географии РГПУ им. А. И. Герцена, а также во время научной стажировки соискателя в отделе Исследований полярных наземных экосистем Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера, Потсдам, Германия (2018). В полевых условиях изучены пороги стока озер, проведены батиметрические и геоакустические измерения. Образцы донных отложений обработаны автором палеолимнологическими методами: литологический, потери массы при прокаливании, геохимический и диатомовый анализы. Изучены диатомеи в 135 образцах донных отложений (выполнено 67500 видоопределений). Полученные данные позволили выполнить реконструкцию изменений уровня Балтийского моря в голоцене.

Теоретическая и практическая значимость заключается в уточнении абсолютных значений уровней Балтийского моря в стадии анциловой и литориновой трансгрессий в восточной части Финского залива, установленных по результатам анализа диатомовых комплексов в донных отложениях озер. Полученные научные результаты вошли в базу данных «Изменения уровня крупных водных объектов периферии Фенноскандинавского щита в позднем плейстоцене и голоцене "Paleobasins"» и могут быть востребованы специалистами в области четвертичной палеогеографии, преподавателями ВУЗов и студентами. Результаты исследования могут быть использованы при долгосрочном планировании хозяйственной деятельности на Карельском перешейке, а также при прогнозировании изменений окружающей среды.

Степень достоверности и апробация исследования.

Достоверность полученных научных результатов обеспечена применением метода изолированных водоемов с изучением диатомовых комплексов донных отложений озер северо-запада Карельского перешейка. Основные положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на конференциях: XIX международная научная конференция студентов и аспирантов «Проблемы Арктического региона» (Мурманск, 2018), III Международная конференция «Палеолимнология Северной Евразии и Школа молодых ученых» (Казань, 2018), Международная научная и практическая конференция «Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие» (Санкт-Петербург, 2019), International Field Symposium of the INQUA PeriBaltic Working Group (Greifswald, 2019), VII ежегодная Международная конференция «Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-запада России» (Санкт-Петербург, 2020), Международная научно-практическая конференция LXXIV Герценовские чтения «География: развитие науки и образования» (Санкт-Петербург, 2021), Международная

научная конференция «Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия» (Звенигород, 2021), V Международная конференция "Палеолимнология Северной Евразии и Школа молодых ученых" (Санкт-Петербург, 2022), XXXVII Пленум геоморфологической комиссии РАН (Иркутск, 2023), VI Международная конференция "Палеолимнология Северной Евразии и Школа молодых ученых" (Красноярск, 2024).

Исследование проводилось при поддержке гранта Президента РФ № МК 5595.2018.5, гранта РФФИ_Аспиранты №20-35-90089 и за счет средств Гос. задания №073-03-2022-040/2.

Публикации: по материалам диссертации опубликовано 19 статей. Из них в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ – 4; в изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных – 1; в научных изданиях – 9; в сборниках материалов конференций – 10. 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 глубокую благодарность научному руководителю, доктору географических наук Субетто Д.А. за помощь на всех этапах проведения исследований и подготовки диссертации; кандидату географических наук, старшему научному сотруднику ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН Лудиковой А.В. за предоставленные материалы и консультации в области диатомового анализа и по теме исследования; кандидату географических наук, доценту кафедры физической географии и природопользования факультета географии РГПУ им. А. И. Герцена Кублицкому Ю.А. за неоценимую помощь в работе и организации экспедиций на Карельский перешеек; кандидату географических наук, доценту кафедры физической географии и природопользования факультета географии РГПУ им. А. И. Герцена Фирсенковой В.М. за консультации по теме исследования. Выражаю искреннюю благодарность сотрудникам кафедры физической географии и природопользования: Леонтьеву П.А. за консультацию по съемке высот с помощью ГНСС-приемника, Демидионову М.Ю. и Орлову А.В. за техническую помощь при оформлении работы.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4-х глав и заключения. Основной текст диссертации изложен на 130 страницах, включает 63 рисунка, 6 таблиц и 2 приложения. Библиографический список включает 112 наименований, в том числе 69 на иностранном языке.

Основное содержание работы

Глава 1. К вопросу динамики уровня Балтийского моря в голоцене

В первой главе приводится физико-географическая характеристика Карельского перешейка, составлен литературный обзор изменений уровня Балтийского моря в связи с голоценовыми трансгрессиями для восточной части Финского залива.

Карельский перешеек характеризуется расчлененным рельефом вследствие неоднородности геологического строения и последствий водно-ледниковой эрозии и экзарации последнего оледенения, а также избыточной увлажненности территории, что привело к образованию болот и развитию озерно-речной сети. На формирование современного рельефа прибрежной части Карельского перешейка существенное влияние оказало изменение уровня Балтийского моря в голоцене. Ведущими факторами колебаний уровня Балтийского моря являлись гляциоизостатическое поднятие земной коры и эвстатические изменения уровня Мирового океана, по которым были выделены трансгрессивно-регрессивные стадии. На стадии Литоринового моря колебания уровня Балтики происходили неравномерно и асинхронно. К настоящему времени накоплено материал, касающийся реконструкций природно-климатических условий в голоцене, однако работ, связанных непосредственно с определением трансгрессивно-регрессивных циклов Балтийского моря существенно меньше (Eronen, 1974; Нувярinen, 1999; Rosentau et al., 2013; Sandgren et al., 2004; Miettinen, 2002; Miettinen et al., 2007; Кузнецов и др., 2015; Сапелко и др., 2008 и некоторые другие).

Глава 2. Материалы и методы

Во второй главе обозначен район исследования, подробно описаны методы сбора фактического материала: батиметрическая съемка при помощи картплоттера Lowrance, бурение донных отложений со сплавины и с плота при помощи торфяного бура с желонкой разного диаметра (ГОСТ 17.1.5.01-80), документация кернов донных отложений и их первичное литологическое описание. Лабораторные исследования включали литологический, геохимический, радиоуглеродный, диатомовый анализы и анализ потерь при прокаливании (ППП).

Изученные озера находятся на разных абсолютных отметках: Голубое – 11 м над у.м., Большое Молочное – 9 м над у.м. и Зайчихинское – 13 м над у.м. (рис. 1). Применение метода изоляционных бассейнов дает возможность более точно реконструировать динамику трансгрессивно-регрессивных циклов Балтийского моря, поскольку изменения в строении донных отложений разновысотных озер вместе с результатами диатомового анализа и привязкой

к геохронологической шкале позволяют фиксировать их изоляцию от морского бассейна (Кузнецов и др., 2022; Ludikova et al., 2023).

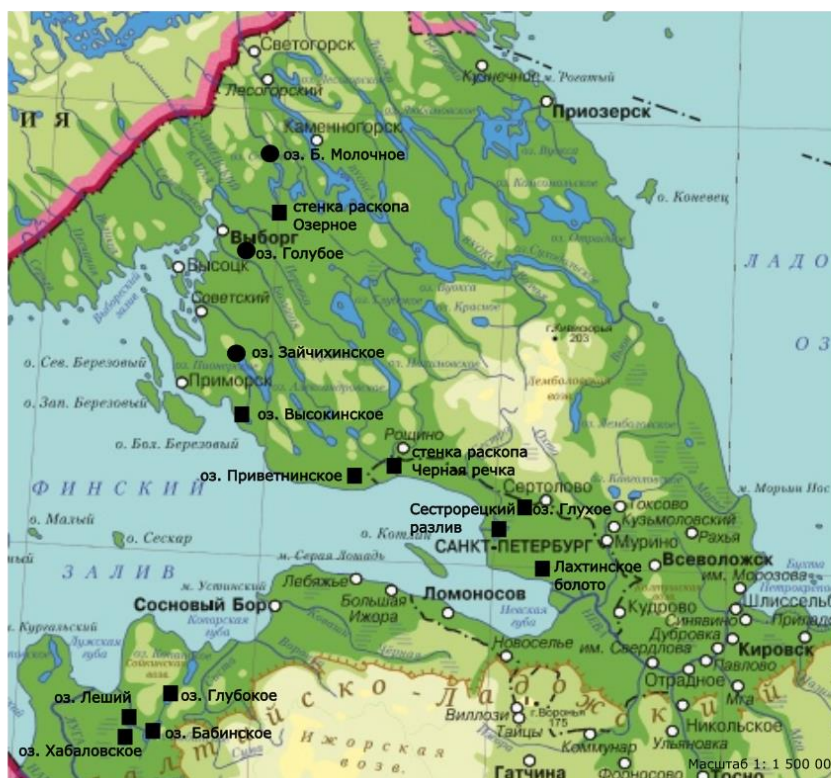


Рисунок 1 - Изученность динамики уровня Балтийского моря в восточной части Финского залива. Кружками обозначены озера Голубое ($60^{\circ}67'75''$ с.ш., $28^{\circ}88'58''$ в.д.), Большое Молочное ($60^{\circ}84'5''$ с.ш., $28^{\circ}94'27''$ в.д.) и Зайчихинское ($60^{\circ}44'03''$ с.ш., $28^{\circ}82'47''$ в.д.). Квадратиками обозначены озерно-болотные разрезы, упоминаемые в тексте.

Ключевым анализом в исследовании является диатомовый, так как присутствие в составе диатомовых комплексов определенных видов-индикаторов позволяет охарактеризовать условия формирования донных отложений, выявить сигналы начала/завершения трансгрессивных стадий (Лудикова, 2015).

Образцы с диатомовыми створками просматривались в Институте озероведения РАН и в РГПУ им. А. И. Герцена с использованием микроскопов МБИ-15 и МИКМЕД-6. Установление родов и видов диатомей производилось с помощью определителей Krammer и Lange-Bertalot (Krammer, Lange-Bertalot, 1986–2000). Виды диатомовых водорослей были сгруппированы в соответствии с их экологическими предпочтениями относительно местообитания и солености на основе публикаций (Давыдова, 1985; Прошкина-Лавренко, 1974; Van Dam et al., 1994). Диатомовая диаграмма построена с использованием программного обеспечения для визуализации палеоэкологических данных C2 версия 1.7 (Juggins, 2007).

Глава 3. Строение и состав донных отложений озер

В главе рассматриваются особенности строения донных отложений озер Голубое, Большое Молочное, Зайчихинское и раскрываются 1е и 2е защищаемые положения:

1. Состав и строение донных отложений и состав диатомовых комплексов в донных отложениях озер, расположенных на разных гипсометрических отметках в северо-западной части Карельского перешейка, отражают колебания уровня Балтийского моря в голоцене;

2. Состав диатомовых комплексов в донных отложениях озера Голубое отражает изменение солености во время трансгрессивной стадии Литоринового моря.

На основе литостратиграфического анализа и анализа ППП в донных отложениях изученных озер выявлена смена минерального осадконакопления на органогенное. В начале голоцена котловины озер были частью глубоководного олиготрофного Анцилового озера, в котором были распространены такие виды диатомей как: *Opephora martyi*, *Navicula jentzschii*, *Ellerbeckia arenaria*, *Doploneis domblittensis*, *D. maulleri*. Последующее сокращение их количества указывает на изоляцию озер от Анцилового озера.

После анциловой регрессии примерно 7500 кал. л. н. в составе диатомей в донных отложениях Голубого озера появляется значительное количество видов-галофилов (до ~18%), способных существовать в слабо солоноватых водах. Среди них *Navicula cari*, *N. cryptotenella*, *N. menisculus*, *N. digitoradiata*, *Cyclotella meneghiniana*, *Epithemia sorex*, *Mastogloia smithii*, что позволило выделить в его развитии стадию литориновой трансгрессии (рис. 2). В это время на северо-западе Карельского перешейка уровень Балтики в стадию литориновой трансгрессии достиг отметки 11 м. Начало литориновой трансгрессии в озере Голубое подтверждается также резким увеличением соотношения Vr/Ti , где Ti – терригенный элемент, а Vr связан с морскими/солоноводными условиями осадконакопления. Начало накопления темно-коричневой гиттии, увеличение доли органического вещества и сокращение численности видов-галофилов свидетельствует о литориновой регрессии и формировании изолированного озера.

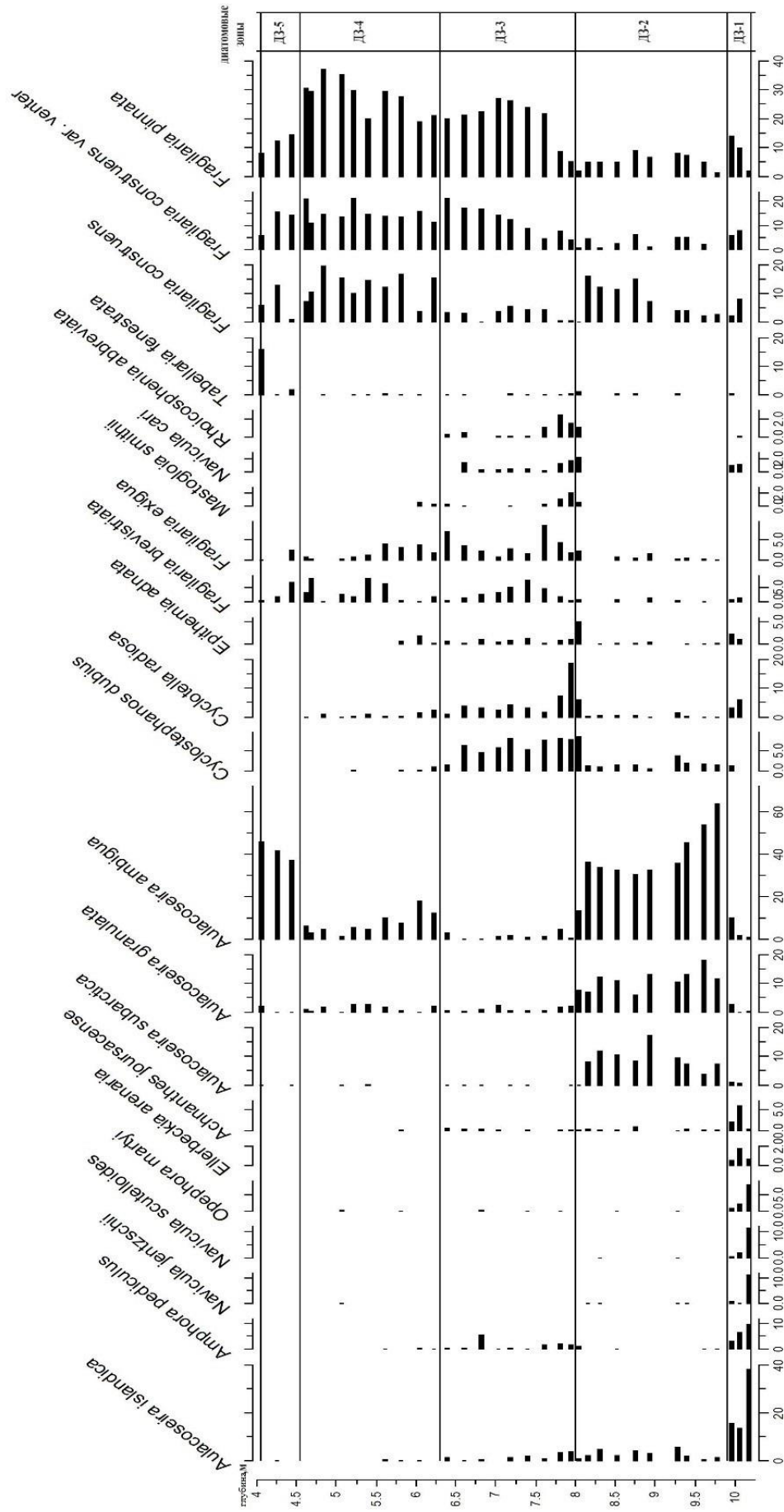


Рисунок 2 – Процентное содержание наиболее важных родов и видов диатомовых водорослей в донных отложениях оз. Голубое (выполнен автором).

Резкое сокращение численности планктонной *Aulacoseira islandica* в Большом Молочном озере, снижение содержания «анциловых» видов и возрастание численности обрастателей *Fragilaria spp.* указывают на снижение уровня воды в водоеме и изоляцию от Анцилового озера. В это же время происходит резкое увеличение содержания терригенных элементов (Ca, K, Si, Al, Ti, Fe). В озере Большое Молочное появление в составе диатомовых комплексов галофилов *Cyclotella schumannii* и *Cyclotella radiosa* не является основанием для заключения о повышении солености в этот период. Оба вида являются довольно характерными для планктона Ладожского и Онежского озер (Давыдова, 1985). Вероятно, их появление в этом озере обусловлено уменьшением глубины в связи с анциловой регрессией.

После анциловой регрессии в донных отложениях озера Зайчихинское не отмечено ни морских, ни солоноватоводных видов, которые бы указывали на непосредственное проявление литориновой трансгрессии. Доля галофилов крайне мала, из чего следует вывод об отсутствии осолонения вод озера.

Таким образом, строение донных отложений и состав диатомовых комплексов отражают колебания уровня Балтийского моря в стадии анциловой и литориновой трансгрессий и степень осолонения озер во время трансгрессивной стадии Литоринового моря.

Глава 4. Реконструкция изменения уровня Балтийского моря в голоцене

В четвертой главе выделены основные этапы развития озерных экосистем, реконструированы колебания уровней Анцилового озера и Литоринового моря и раскрываются *3е и 4е защищаемые положения*:

3. Максимальный уровень Балтийского моря в стадию анциловой трансгрессии (10700–10200 кал. л. н.) в северо-западной части Карельского перешейка превышал 13 м над у. м. Снижение уровня Балтики на 2 м происходило в интервале времени 10400–8500 кал. л. н. со средней скоростью 1 м за 800 лет;

4. Уровень Балтийского моря во время максимума литориновой трансгрессии (около 7500 кал. л. н.) достигал в северо-западной части Карельского перешейка отметки 11 м.

В начале голоцена котловины озер являлись частью глубоководного олиготрофного Анцилового озера. На следующем этапе ослабевало влияние Анцилового озера в связи с его регрессией и устанавливалось органонакопление в малых водоемах. Резкое увеличение содержания минерального вещества в донных осадках озера Большое Молочное также отражает изоляцию от Анцилового озера. Изоляция озер Голубое (8700 кал. л.

н.) и Большое Молочное (7300 кал. л. н. – вероятно заниженная дата) происходила резко, а Зайчихинского (10400 кал. л. н.) – постепенно.

Анализируя соотношение абсолютных высот озер и временного интервала регрессии Анцилового озера в районе изученных озер, следует отметить, что в среднем Анцилово озеро регрессировало на 1 м за 800 лет. Эту скорость подтверждают исследования озера Высокинское, которое находится на высоте 12 м абс. и изолировалось от Анцилового озера не позднее 9500 кал. л. н. (Miettinen et al., 2007).

На следующем этапе развития водоемов преобладание в составе диатомовых комплексов видов, индифферентных по отношению к солености, и высокая доля галофобов при практически полном отсутствии галофилов, не позволяют говорить о непосредственном проявлении литориновой трансгрессии в изученной части разреза озер Большое Молочное и Зайчихинское. При этом в озерах прибрежной части Карельского перешейка (Клейменова и др., 1988; Miettinen et al., 2007) этот период характеризуется доминированием мезогалобов. В озере Голубое (11 м) появляются пресноводные диатомей-галофилы (*Epithemia sorex*, *Navicula tuscula*, *Mastogloia smithii*, *Navicula cari*), способные развиваться в условиях небольшого повышения солености (Ludikova et al., 2020; Van Dam et al., 1994) (рис. 3). При этом суммарная доля галофилов остается сравнительно невысокой на фоне доминирования видов-индифферентов. Геохимический анализ колонок донных отложений показал, что в начале литориновой трансгрессии, фиксируемой в озере Голубое, наблюдается резкое сокращение содержания минерального вещества.

В донных отложениях оз. Большое Молочное (9 м), находящегося севернее озера Голубое и ниже его на 2 м, содержится существенно меньше створок диатомовых водорослей, способных переносить повышение минерализации. Это может быть связано с тем, что озеро Молочное находилось в непосредственной близости от Хейнийокского пролива, соединявшего в то время Ладожское озеро и Балтику. Вследствие этого, озеро могло подвергаться существенному опреснению ладожскими водами, что фиксируется наличием таких видов диатомей как *A. islandica*, *C. schumannii*, *N. aboensis*, *N. jentzschii*, *S. medius*. Поскольку основной причиной прекращения существования Хейнийокского пролива является изостатическое поднятие земной коры (Kuznetsov et al., 2022), можно предположить, что в стадию литориновой трансгрессии территория северной части Карельского перешейка была ниже, поэтому могла подвергаться влиянию как балтийских, так и ладожских вод.

В донных отложениях озера Зайчихинское не было отмечено ни морских, ни солоноватоводных видов диатомей, которые бы указывали на непосредственное проявление литориновой трансгрессии.

Согласно реконструкциям, выполненных А. Миеттиненом с соавторами (Miettinen et al., 2007), уровень Литоринового моря в районе озера Голубое превышал 15 м. Однако результаты диатомового анализа отложений Голубого озера в рамках нашего исследования показали, что оно лишь в незначительной степени подверглось влиянию соленых вод. По-видимому, система гряд и холмов, окружающих его котловину, препятствовала прямому поступлению в котловину озера морских вод.

Аналогично озеру Голубому опосредованное проявление литориновой трансгрессии в составе диатомовых комплексов было зафиксировано в донных отложениях озера Глухое, расположенного в южной части Карельского перешейка на высоте 9 м абс. Уровень Литоринового моря здесь не превышал современную отметку озера. Однако близкое расположение к береговой линии моря способствовало массовому развитию в котловине оз. Глухое бентосной диатомеи *Nitzschia scalaris*, характерной для осолоненных высокотрофных прибрежных водоемов (Miettinen et al., 2007).

В районе г. Выборга по данным Г.И. Клейменовой (Клейменова, 1975, 1988) на долю солоноватоводных видов на отметках 17,9–18,6 м и 15,6–16,8 м приходится 70% от общего количества диатомовых водорослей. Е. Хюппя (Нууррӓ, 1932, 1937) определил 4 фазы литориновой трансгрессии для территории Карельского перешейка, среди которых максимальный уровень трансгрессии достигал отметок 19,5–20 м к северу от г. Выборга, 17 м около пос. Попово южнее г. Выборга и 12–16 м около дер. Лужки. Однако нами установлен более низкий уровень моря в литориновую стадию – 11 м. Котловины озер Зайчихинское (13 м над у.м.) и Большое Молочное (9 м над у.м.) не затапливались водами литоринового моря или в них не происходило осолонение вод из-за стока из Ладожского озера. По данным для озера Голубое – литориновая трансгрессия не превышала отметку 11 м над у.м.

Наши данные коррелируются с результатами исследований донных отложений озер Наровско-Лужской низменности (Rosentau et al., 2013; Sandgren et al., 2004) (рис. 4).

На основе базы данных «Изменения уровня крупных водных объектов периферии Фенноскандинавского щита в позднем плейстоцене и голоцене "Paleobasins"» была выполнена реконструкция уровня Балтийского моря в голоцене на Карельском перешейке и южном берегу Финского залива (рис. 5). На этапе существования Анцилового озера 9500 кал. л. н. озеро Зайчихинское уже развивалось изолировано, в то время как расположенные на более низких абсолютных отметках озера Голубое (11 м, что на 2 м ниже) и Молочное (9 м, что на 4 м ниже), все еще являлись частью Анцилового озера.

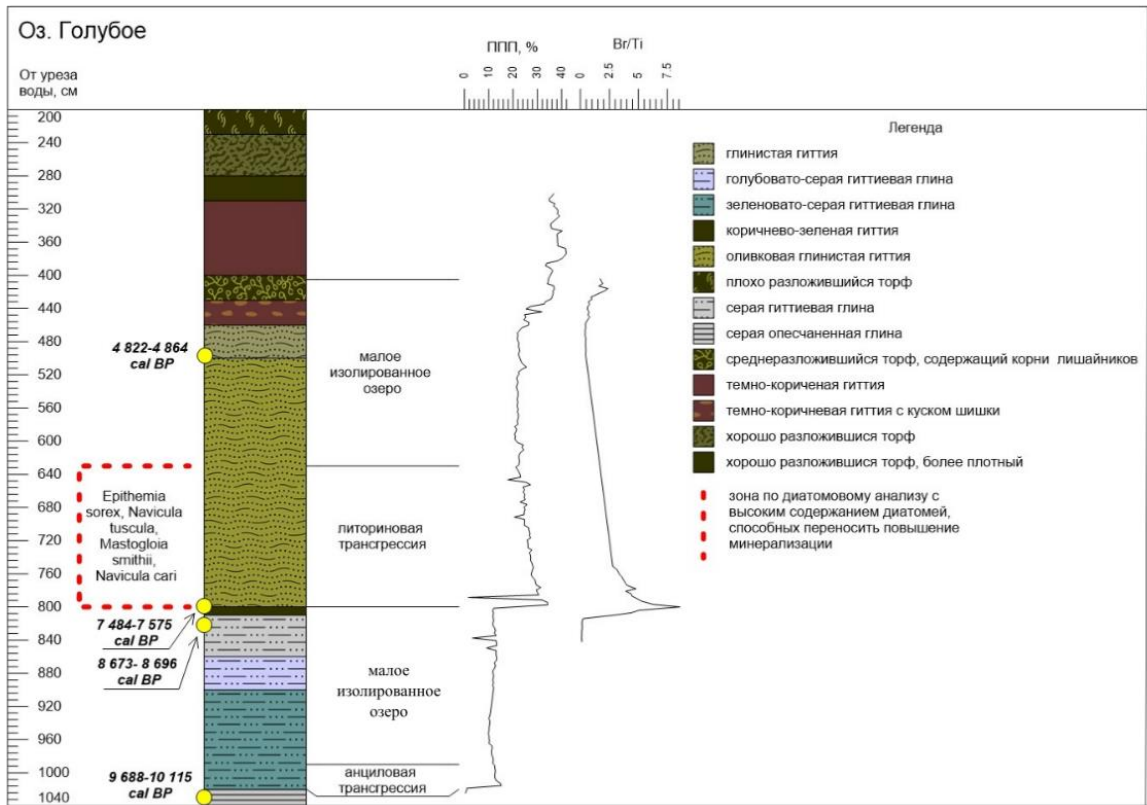


Рисунок 3 – Разрез донных отложений оз. Голубое (выполнен автором).

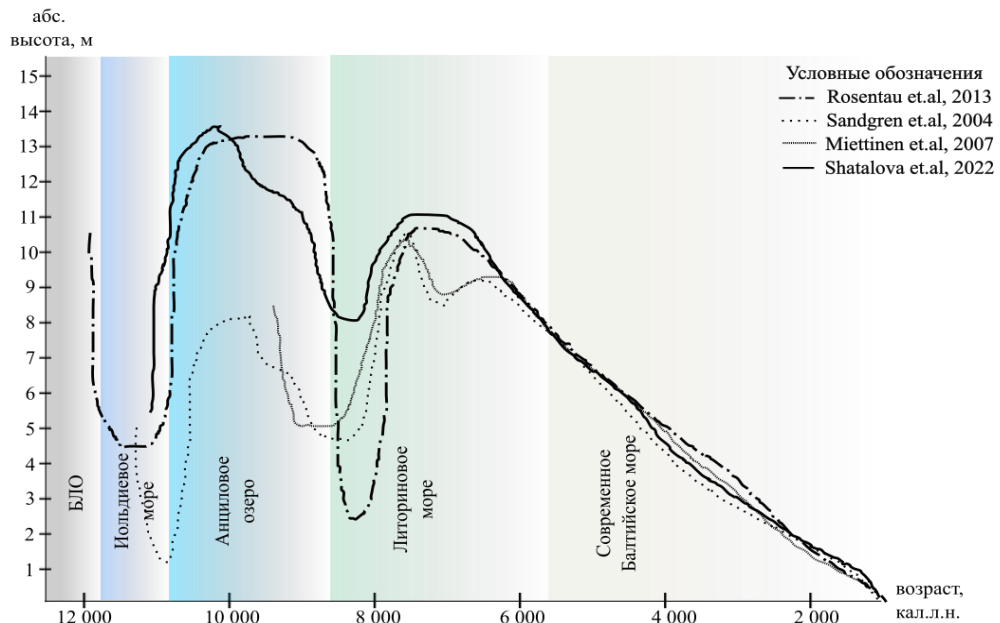


Рисунок 4 – Сравнительная кривая изменения уровня Балтийского моря (составлен автором).

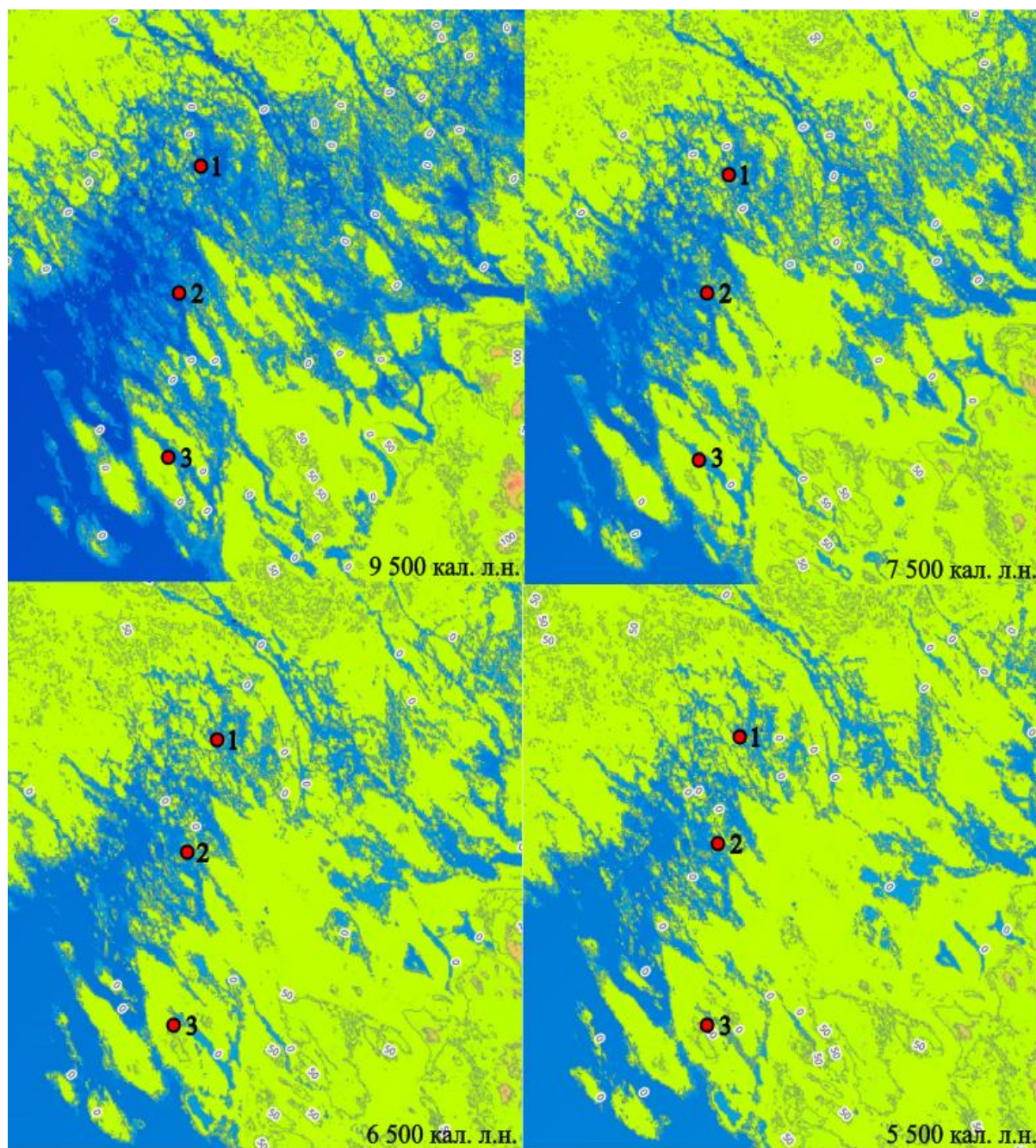


Рисунок 5 – Реконструкция береговой линии Балтийского моря в западной части Карельского перешейка на этапах: Анциловое озеро (9500 кал.л.н.); максимальный уровень Литоринового моря (7500 кал.л.н.); Балтийское море 6500 кал.л.н. и 5500 кал.л.н.. Условные обозначения: 1 – оз. Большое Молочное, 2 – оз. Голубое, 3 – оз. Зайчихинское.

Обширные территории Карельского перешейка, расположенные ниже 13 м (практически вся его северная часть), находились под водой, образуя соединение (широкий пролив) Анцилового озера и Ладожского озера – Хейнийокский пролив. Ко времени максимума литориновой трансгрессии (7500 кал. л. н.) территория Карельского перешейка поднялась примерно на 6–8 м за 2 тыс. лет (Васенин, 2012). В это время воды Литоринового моря проникали в котловину озера Голубое и незначительно затрагивали котловину

Большого Молочного, которое могло соединяться как с Литориновым морем, так и с Ладожским озером. Позднее 7500 кал. л. н. уровень Литоринового моря снижается с одновременным изостатическим подъемом земной коры, что приводит к осушению Карельского перешейка и изоляции многих озер.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационного исследования.

Особенность геологического строения, эрозионно-аккумулятивные процессы в эпоху голоцена и избыточное увлажнение территории являются основными факторами формирования почвенно-растительного покрова и озерно-ледниковых и холмисто-моренных ландшафтов Карельского перешейка. Котловины изученных озер Голубое, Большое Молочное и Зайчихинское приурочены к тектоническим понижениям доледникового рельефа, обработанным ледником.

Изучение состава диатомовых комплексов и донных отложений озер Голубое, Большое Молочное и Зайчихинское позволило выделить основные этапы их развития. Установлено, что на ранних этапах (ранний и средний голоцен) развитие озер определялось трансгрессивно-регрессивными стадиями Балтийского моря.

В начале голоцена котловины озер Голубое, Молочное и Зайчихинское были частью Анцилового озера. На следующем этапе влияние Анцилового озера ослабевало в связи с его регрессией. Установилось органонакопление в изолированных бассейнах. Сокращение численности «анциловых видов» диатомей, увеличение содержания органического вещества в донных отложениях и возрастание поступления минерального материала указали на изоляцию озер от Анцилового озера.

После анциловой регрессии была выделена стадия литориновой трансгрессии в донных отложениях оз. Голубое. Однако литориновая трансгрессия не нашла существенного проявления в составе диатомовых комплексов по сравнению с другими разрезами прибрежной части Карельского перешейка, так как в этот период появляются лишь пресноводные диатомеи-галофилы, способные развиваться в условиях небольшого повышения солености. В период литориновой трансгрессии Голубое озеро лишь в незначительной степени подверглось влиянию соленых вод, его котловина была частью сильно опресненного морского залива. В озерах Большое Молочное и Зайчихинское результаты диатомового анализа не позволяют говорить о непосредственном проявлении литориновой трансгрессии в изученной части разрезов донных отложений. Котловина Большого Молочного озера не подвергался заметному влиянию литориновых вод несмотря на его небольшую абсолютную высоту (9 м). Предположительно, озеро Большое Молочное могло быть опреснено водами Ладожского озера, поступавшими и в Финский залив через Хейнийокский пролив, вследствие

чего процентное содержание галофильных диатомей в этом озере существенно ниже, чем в озере Голубое.

Максимальный уровень анциловой трансгрессии в северо-западной части Карельского перешейка превышал 13 м над у. м. 10700–10200 кал. л. н. Снижение уровня на 2 м происходило в интервале времени 10400–8500 кал. л. н. со средней скоростью 1 м за 800 лет. Максимальный уровень литориновой трансгрессии в северо-западной части Карельского перешейка достигал отметки 11 м около 7500 кал. л. н. Полученные результаты положения уровня Балтийского моря в стадию Литоринового моря в северо-западной части Карельского перешейка согласуется с результатами, полученными для Нарвско-Лужской и Приморской низменностей (11 м).

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

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

1. Шаталова А.Е. Результаты радиоуглеродного датирования и реконструкция уровня Балтийского моря по абсолютным отметкам озер Голубое, Б. Молочное, Зайчихинское / А.Е. Шаталова // Астраханский вестник экологического образования. – 2023. – № 4 (76). – С. 23-28. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-4-23-28 (0,29 п.л.)

2. Шаталова А.Е. Реконструкция палеоэкологических условий малых озер Карельского перешейка в связи с изменениями уровня балтийских палеобассейнов (по данным диатомового анализа) / А.Е. Шаталова, А.В. Лудикова, Д.А. Субетто, Ю.А. Кублицкий, М.Ю. Демидионов // Астраханский вестник экологического образования. – 2021. – № 6 (66). – С. 18-30. DOI: 10.36698/2304-5957-2021-6-18-30 (0,69 п.л./ 0,60 п.л.)

3. Шаталова А.Е. Реконструкция трансгрессивно-регрессивных стадий Балтийского моря в голоцене на основе диатомового анализа донных отложений изоляционного бассейна на Карельском перешейке / А.Е. Шаталова, А.В. Лудикова, Д.А. Субетто, Ю.А. Кублицкий, М.Ю. Демидионов // Астраханский вестник экологического образования. - 2022. № 6 (72). – С. 58-68 (0,58 п.л./ 0,50 п.л.)

Статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных

4. Shatalova A.E. Study of the Holocene sea-level changes of the Baltic Sea on the territory of the Karelian Isthmus / A.E. Shatalova, U.A. Kublitsky, D.A. Subetto, A. Rosentau, A.V. Ludikova, N.V. Sokolova, L.S. Syrykh // Field Symposium of the INQUA PeriBaltic Working Group "From Weichselian Ice-Sheet Dynamics to Holocene Land Use Development in Western Pomerania and Mecklenburg". Abstract Volume. Scientific Technical Report STR 19/01, Potsdam: GFZ German Research Centre for Geosciences. – 2019. – С.98-100. DOI: <https://doi.org/10.2312/GFZ.b103-19012> (0,06 п.л./ 0,05 п.л.)

5. Shatalova A. E. Diatom-inferred palaeolimnological changes in a small lake in the context of the Holocene Baltic Sea transgressions: a case study of Lake Goluboye, Karelian Isthmus (NW Russia) / A.B. Ludikova, A.E. Shatalova, D.A. Subetto, Y.A. Kublitskiy, A. Rosentau, T. Hang // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 5th International Conference "Ecosystem dynamics in the Holocene". – 2020. – С. 012014 (0,63 п.л./ 0,20 п.л.)

6. Shatalova A.E. Level changes of the Baltic sea in the Holocene based on the study of lakes bottom sediments of the Karelian Isthmus/ A.E. Shatalova, U.A. Kublitsky, D.A. Subetto, A. Rosentau, A.V. Ludikova, N.V. Sokolova, L.S. Syrykh // Limnology and Freshwater Biology. – 2020. – № 4. –С. 465-466 (0,06 п.л./ 0,05 п.л.)

7. Shatalova A.E. Paleolimnological changes in the composition of diatom complexes in the context of the holocene baltic sea transgressions (lake Zaychikhinskoye) / A.E.Shatalova, A.V. Ludikova, D.A. Subetto, Yu.A. Kublitskiy // Limnology and Freshwater Biology. – 2022. – № 4. – С. 1577-1579 (0,12 п.л./ 0,10 п.л.)

Базы данных

8. Шаталова А.Е. База данных: «Изменения уровня Балтийского моря на территории России в голоцене" / Ю.А. Кублицкий, Д.А. Субетто, А.Е. Шаталова, Н.В. Соколова, Л.С. Сырых, А.В. Лудикова // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2020620072, 16.01.2020. Заявка № 2019622501 от 17.12.2019.

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

Иные публикации по теме исследования

10. Шаталова А.Е. Первые результаты палеогеографического исследования северной части карельского перешейка в голоцене / А.Е. Шаталова, Ю.А. Кублицкий, Д.А. Субетто, А. Розентау, А.В. Лудикова, Н.В. Соколова Л.С. Сырых // Геология, геоэкология, эволюционная география. Коллективная монография. Под ред. Е. М. Нестерова, В.А. Снытко, Том. XVII. – Санкт-Петербург – 2018. – с.392. – С. 198-200 (0,12 п.л./ 0,10 п.л.)

11. Shatalova A.E. Study of paleogeographic features of the northern part of the Karelian Isthmus during the Holocene / A.E. Shatalova, U.A. Kublitsky, D.A. Subetto, A Rosentau, A.V. Ludikova, N.V. Sokolova, L.S. Syrykh // Materials of the 3rd International Paleolimnological Conference, Kazan, 2018. Pp. 112 (0,06 п.л./ 0,05 п.л.)

12. Шаталова А.Е. Проблемы сохранения и развития Балтийского моря / А.Е. Шаталова, Ю.А. Кублицкий, Д.А. Субетто, А. Розентау, А.В. Лудикова, Н.В. Соколова, Л.С. Сырых // Коллективная монография по материалам VII Международной научно-практической конференции «Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и

развитие», Санкт-Петербург, РГПУ им. А.И. Герцена, 24-25 октября 2018 года. – 2018. - СПб: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена. – С. 451-453 (0,12 п.л./ 0,10 п.л.)

13. Шаталова А.Е. Изучение палеогеографических особенностей северной части Карельского перешейка в голоцене /А.Е. Шаталова, Ю.А. Кублицкий, Д.А. Субетто, А. Розентау, А.В. Лудикова, Н.В. Соколова, Л.С. Сырых // Материалы XVII Международной научной конференции студентов и аспирантов «Проблемы Арктического региона» Мурманск: ООО "Полиграфист", 2018. – С.30-31 (0,06 п.л./ 0,05 п.л.)

14. Шаталова А.Е. Изучение голоценовых трансгрессий Балтийского моря на территории Карельского перешейка / А.Е. Шаталова, Ю.А. Кублицкий, Д.А. Субетто, А. Розентау, А.В. Лудикова, Н.В. Соколова, Л.С. Сырых // География: развитие науки и образования. Коллективная монография по материалам Всероссийской с международным участием научно-практической конференции LXXII Герценовские чтения, посвященной 150-летию со дня рождения В.Л. Комарова, 135-летию со дня рождения П.В. Гуревича, 90 - летию со дня рождения В.С. Жекулина. –2019. - С. 524-527(0,17 п.л./ 0,15 п.л.)

15. Шаталова А.Е. Распространение рода *Mastogloia* в донных осадках Балтийского моря как маркер литориновой трансгрессии / А.Е. Шаталова, Д.А. Субетто // Сборник статей по материалам ежегодной международной научно-практической конференции «География: развитие науки и образования» LXXIV Герценовские чтения. Том 1. Отв. редакторы С.И. Богданов, Д.А. Субетто, А.Н. Паранина. Санкт-Петербург, 2021 – С. 382-385 (0,17 п.л./ 0,15 п.л.)

16. Шаталова А.Е. Реконструкция изменений уровня Балтийского моря в голоцене по данным изучения донных отложений озер северо-западной части Карельского перешейка / А.Е. Шаталова, Ю.А. Кублицкий, А.В. Орлов, М.Ю. Демидионов, Е.Д. Николаева, Е.С. Дудоркин, А.В. Лудикова, Д.А. Субетто // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-запада России. – 2020. – № 7. – С. 327-331 (0,23 п.л./ 0,20 п.л.)

17. Шаталова А.Е. Новые сведения об отложениях Гейниокского пролива (Карельский перешеек) / Д.Д. Кузнецов, Д.А. Субетто, А.В. Лудикова, А.В. Орлов, А.Е. Шаталова, Е.С. Дудоркин, В.В. Тумская // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-запада России. – 2020. – № 7. – С. 318-321 (0,12 п.л./ 0,04 п.л.)

18. Шаталова А.Е. Палеоэкологическое изучение донных осадков оз. Голубого (Карельский перешеек) по результатам диатомового анализа // А.Е. Шаталова, Ю.А. Кублицкий, Д.А. Субетто, А.В. Лудикова, А. Розентау, Н.В. Соколова, Л.С. Сырых // Вопросы современной альгологии. – 2019.– № 2 (20). – С. 265–269. URL: <http://algology.ru/1541> DOI – [https://doi.org/10.33624/2311-0147-2019-2\(20\)-265-269](https://doi.org/10.33624/2311-0147-2019-2(20)-265-269) (0,23 п.л./ 0,20 п.л.)