

Исследование осадков озера Верхнее Контозеро и масштабы распространения морского бассейна на юго-западе Кольского полуострова в поздне- и послеледниковье

Толстобров Д. С., Толстоброва А. Н.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, d.tolstobrov@ksc.ru

Аннотация. Выполнено исследование донных отложений озера Верхнее Контозеро, расположенного на высотной отметке 78.8 м в юго-западной части Кольского полуострова. На основании литологического и диатомового анализа было установлено несколько этапов формирования донных отложений озера. Начало осадконакопления происходило в приледниковых условиях, которые затем вследствие морской трансгрессии сменились на солоноватоводные. В позднеледниковое время в районе исследования уровень моря поднимался выше 80 м, по долине реки Кана могло проходить соединение котловины озера Имандра с Белым морем. В голоцене в результате поднятия земной поверхности граница моря отступала, в озерной котловине в результате её изоляции от моря произошло изменение условий осадконакопления на пресные. В пресноводных условиях стали накапливаться органогенные отложения, представленные гиттией. Переходная зона между минерогенной и органогенной толщами, которая отражает время изоляции озера от морского залива, имеет пятнистую текстуру. Вероятно, во время накопления осадков переходной зоны произошло сейсмическое событие, которое повлияло на образование такой текстуры.

Ключевые слова: донные отложения, уровень моря, Кольский полуостров, неотектоника.

Study of sediments of Lake Verkhnee Kontozero and the extent of the marine basin in the southwest of the Kola Peninsula in the late and postglacial periods

Tolstobrov D. S., Tolstobrova A. N.

Geological Institute KSC RAS, Apatity, d.tolstobrov@ksc.ru

Abstract. A study of the bottom sediments of Lake Verkhneye Kontozero, located at an elevation of 78.8 meters in the southwestern part of the Kola Peninsula, was carried out. Based on lithological and diatom analysis, several stages in the formation of the lake's bottom sediments were identified. Sedimentation began in periglacial conditions, which then changed to brackish water conditions as a result of marine transgression. Sea level in the study area rose above 80 m, and the basin of Lake Imandra could have been connected to the White Sea through the valley of the Kana River in the late glacial period. Sea level was falling as a result of the uplift of the earth's surface during the Holocene, and the conditions of sedimentation in the lake basin changed to freshwater conditions as a result of its isolation from the sea. Organogenic sediments, represented by gyttja, began to accumulate in freshwater conditions. The transition zone between the minerogenic and organogenic layers (which reflects the lake's isolation from the sea bay) has a mottled texture. A seismic event likely occurred during the accumulation of sediments in the transition zone, which influenced the formation of this texture.

Keywords: bottom sediments, sea level, Kola Peninsula, neotectonics.

Введение

Исследование изменения береговой линии Белого моря на территории Кольского региона представляет собой актуальную научную проблему, требующую комплексного подхода и использования современных методов. В частности, метод изолированных бассейнов, предложенный скандинавскими исследователями (Donner et al., 1977), демонстрирует высокую точность в оценке изменений береговой линии. Актуальность подобных исследований обусловлена как их научной значимостью, так и практической ценностью. Моделирование будущих изменений береговой линии требует глубокого понимания процессов, происходивших в прошлом. Ретроспективный анализ позволяет выявить закономерности и механизмы, влияющие на динамику береговой зоны, что, в свою очередь, способствует более точному прогнозированию будущих изменений и разработке эффектив-

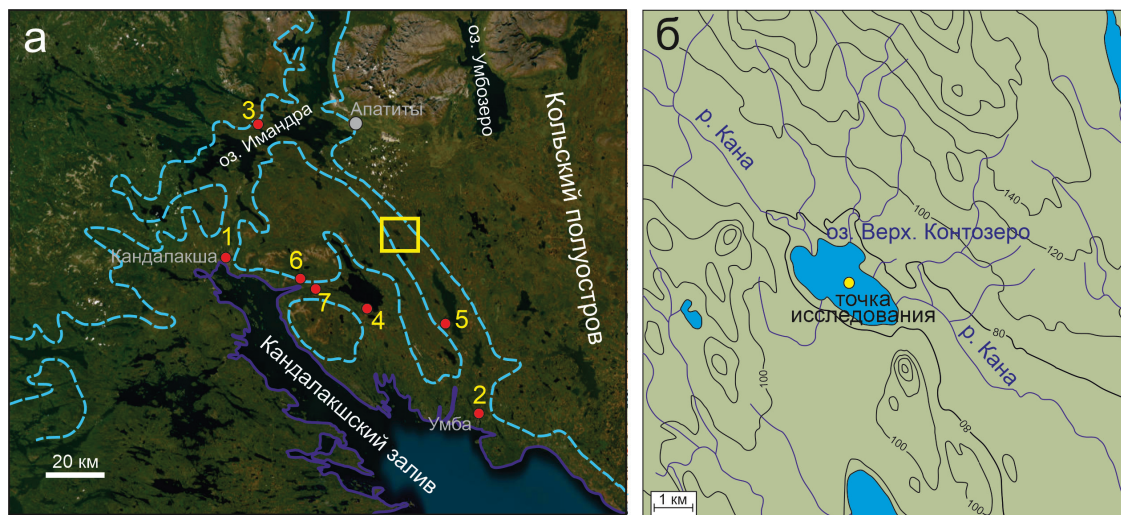


Рис. 1. а – Положение района исследования (основа – космоснимок ESRI). Красными точками показано положение исследованных озерных котловин на юго-западе Кольского полуострова: 1– район г. Кандалакша (Колька, Корсакова, 2017); 2 – район пос. Умба (Колька и др., 2013); 3 – оз. Осинное (Толстоброва и др., 2016); 4 – оз. Антюх-Ламбина (Лудикова, Греков, 2017); 5 – оз. Канозеро (Сапелко и др., 2022; Лудикова и др., 2023); 6 – оз. Выдра-Ламбина (Корсакова и др., 2024); 7 – оз. Безымянное (Zaretskaya et al., 2025), желтым прямоугольником показан район исследования (рис. 1 б), голубой пунктирной линией показано максимальное распространение позднеледниковой трансгрессии моря (Атлас Мурманской области, 1971); б – положение оз. Верхнее Контозеро и место отбора кернов донных отложений (желтой точкой)

Fig. 1. a – Location of the research area (on ESRI satellite image): a – red dots show the position of the studied lake basins in the southwest of the Kola Peninsula: 1– Kandalaksha area (Колька, Корсакова, 2017); 2 – Uмба area (Колька и др., 2013); 3 – lake Osinoye (Толстоброва и др., 2016); 4 – lake Antyukh-Lambina (Лудикова, Греков, 2017); 5 – lake Kanozero (Сапелко и др., 2022; Лудикова и др., 2023); 6 – lake Vydra-Lambina (Корсакова и др., 2024); 7 – lake Bezmyannoye (Zaretskaya et al., 2025). The yellow rectangle shows the study area (Fig. 1 б). The blue dotted line shows the maximum extent of the late-glacial sea transgression (Атлас Мурманской области, 1971); б – the location of Lake Verkhnee Kontozero and of the bottom sediment core sampling (yellow dot)

ных стратегий управления прибрежными территориями. Для южной части Кольского полуострова детальные данные о характере изменения береговой линии моря были получены для нескольких районов, таких как район г. Кандалакша (Колька, Корсакова, 2017), пос. Умба (Колька и др., 2013). Также на основании изучения отдельных озерных котловин были получены данные о положении моря в голоцене для района оз. Колвица (Лудикова, Греков, 2017; Корсакова и др., 2024; Zaretskaya et al., 2025), для оз. Канозеро (Сапелко и др., 2022; Лудикова и др., 2023). На побережье озера Имандра следы морского проникновения отмечаются в рыхлых отложениях (Korsakova et al., 2020), а также были обнаружены в донных отложениях оз. Осинное (Толстоброва и др., 2016).

Единичные данные, позволяющие составить определенную картину о масштабах и времени проникновения моря вглубь Кольского полуострова, и практически полное отсутствие таких данных для удаленных от морского побережья территорий не позволяют проводить надежные палеогеографические реконструкции и достоверно оценивать динамические характеристики вертикальных движений земной поверхности в послеледниковое время. Для восстановления условий природной среды и определения положения береговой линии во времени в удаленных от морского побережья районах, были проведены исследования донных отложений оз. Верхнее Контозеро, расположенного на высотной отметке 78.8 м над уровнем моря (н.у.м.) (рис. 1).

Район исследования

Озеро Верхнее Контозеро расположено в южной части Кольского п-ова на высотной отметке 78.8 м н.у.м. Озеро имеет овальную форму, вытянуто с северо-запада на юго-восток, площадь его около 4 км². Озеро проточное, на западе впадает, а на востоке вытекает р. Кана. Озеро относится к бассейну Белого моря, с которым оно соединяется через р. Кана и р. Умба. Рельеф в районе ис-

следования представлен ледниковой, озерно-аллювиальной наклонной равниной с останцами кристаллических пород. В рельефе выделяются многочисленные друмлины (Атлас Мурманской области, 1971; Карта четвертичных отложений..., 1989). Донные отложения в озере были исследованы в центральной части озера (N 67.248170°; E 33.718755°). Глубина воды в месте исследования разреза осадков составляет 1.5 м.

Котловина озера располагается в пределах Беломорского подвижного пояса, коренные породы в районе исследования представлены с севера биотитовыми гнейсами и гранито-гнейсами, с юга амфиболовыми, биотитовыми и биотито-амфиболовыми гнейсами и амфиболитами, также на южном берегу отмечаются щелочные граниты и мигматиты (Карта полезных ископаемых..., 1961).

Среди четвертичных отложений в районе исследования развита морена, сформированная последним ледниковым покровом, которая во многих местах покрыта торфяно-болотными отложениями. По одним данным в долине р. Кана отмечаются морские отложения (Атлас Мурманской области, 1971), по другим данным в районе озера и по долине р. Кана отмечаются только морена и флювиогляциальные отложения (Карта четвертичных отложений..., 1989; Niemelä et al., 1993).

Методы исследования

Керн донных отложений озера был отобран зимой со льда с использованием торфяного бура с поворотным механизмом. Длина желоба пробоотборника составляет 1 м, диаметр 75 мм. Отбор кернов производился от поверхности дна озера до коренных пород или грубых четвертичных отложений. В полевых условиях описывались литологический состав, цвет извлекаемых осадков, структурные и текстурные особенности. Каждый керн донных отложений фотодокументировался. Керны донных отложений были запечатаны и переправлены в лабораторию, где в дальнейшем выполнялся отбор проб на различные виды анализов (диатомовый, геохимический и др.).

Для установления условий осадконакопления был выполнен диатомовый анализ. Исследование диатомовых водорослей осуществлялось с использованием экспресс-метода на 6 образцах, отобранных из различных литологических слоев. Определение видового состава створок диатомовых водорослей были проведены при помощи биологического цифрового микроскопа Motic серии DMBA 310 при увеличении $\times 400$ и $\times 1000$ раз с использованием иммерсионного масла. Видовой состав диатомовых водорослей определялся по отечественным и зарубежным определителям (Куликовский и др., 2016; Witkowski et al., 2000 и др.).

Литология донных осадков и диатомовый анализ

В результате исследования были вскрыты следующие отложения (описание разреза снизу-вверх):

1) 7.00–6.78 м – алеврит серого цвета, однородный, с волосовидными растительными остатками. В интервале отмечаются пустоты (полости) размером 2×3 мм. Переход в вышележащий интервал постепенный;

2) 6.78–6.62 м – алеврит темно-серого цвета, с большим количеством гидротроилита. В интервале отмечаются пустоты (полости). Переход в вышележащий интервал постепенный;

3) 6.62–5.49 м – алеврит с песком серого цвета, неяснослоистый, с прослоями, обогащенными растительными остатками, размер прослоев до 0.5 мм. В интервале отмечаются темно-серые пятна гидротроилита. На глубине 5.85–5.49 м содержания песка уменьшается. Переход в вышележащий слой резкий, неровный;

4) 5.49–5.34 м – переходный интервал от минерогенных осадков к органогенным. Слой представлен гиттией с алевритом, с пятнистой текстурой (отмечаются пятна различных оттенков коричневого и серого цвета). В интервале отмечаются макроостатки растений. Граница с вышележащим слоем отчетливая, ровная;

5) 5.34–1.50 м – гиттия серовато-коричневого цвета, неяснослоистая, с единичными растительными остатками. Неясная слоистость обусловлена изменением оттенка цвета гиттии от серовато-коричневого до коричневого. На глубине 4.60 м отмечается прослой растительных остатков. С глубины 4.35 и выше гиттия коричневого цвета.

Для предварительного определения условий формирования осадков был выполнен экспресс анализ диатомовых водорослей для 6 образцов (рис. 2). Установлено, что в интервале 6.71–6.70 м (слой 2) и 6.47–6.46 м (слой 3) присутствуют морские виды диатомовых водорослей, среди которых много центрических. В интервале 5.93–5.92 м (средняя часть слоя 3) отмечаются как морские виды диатомовых водорослей, так и солоноватоводные (мезогалобы), и пресноводно-солоноватоводные (галофилы). В интервале 5.63–5.62 м (верхняя часть слоя 3) отмечаются мезогалобы, пресноводно-солоноватоводные и пресноводные виды диатомей, что указывает на солоноватоводные условия формирования этих осадков. В интервале 5.49–5.48 м (нижняя часть слоя 4) отмечаются в основном пресноводные виды, но встречаются единичные створки мезогалобов. На глубине 5.41–5.40 м (средняя часть слоя 4) отмечаются пресноводные виды, при этом состав становится разнообразнее и створки крупнее.

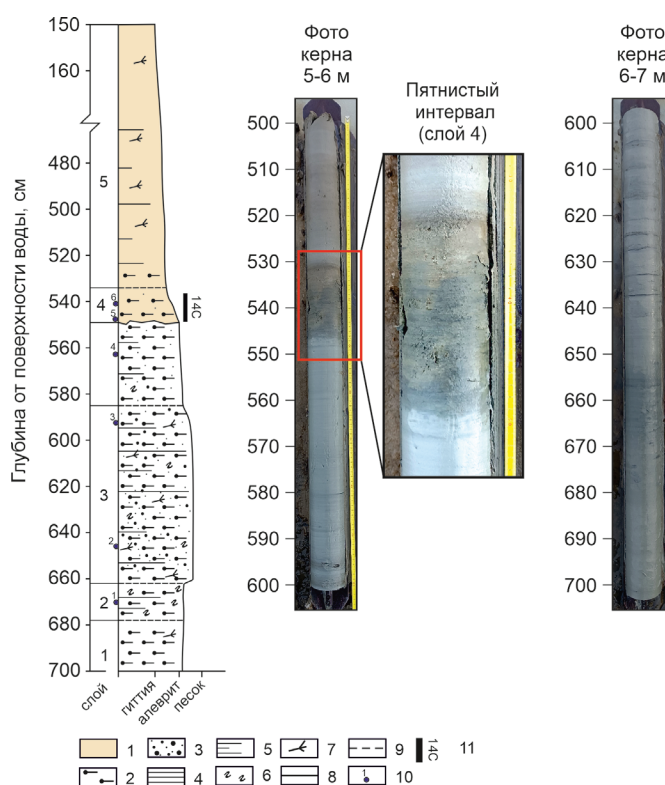


Рис. 2. Разрез донных отложений и фото кернов из оз. Верхнее Контозеро.

1 – гиттия; 2 – алеврит; 3 – песок; 4 – слоистость; 5 – неясная слоистость; 6 – гидротроилит; 7 – растительные остатки; 8 – резкая граница; 9 – постепенная граница; 10 – пробы на диатомовый анализ; 11 – проба на радиокуглеродное датирование

Fig. 2. Sections of bottom sediments and photos of core samples from Lake Verkhnee Kontozero.

1 – gyttja; 2 – silt; 3 – sand; 4 – laminated; 5 – weakly laminated; 6 – hydrotroilite; 7 – plant remains; 8 – sharp boundary; 9 – gradual boundary; 10 – sample for diatom analysis; 11 – sample for ^{14}C dating

Обсуждение

На основании полученных литологических и диатомовых данных можно выделить несколько этапов формирования донных отложений озера. После освобождения данной территории ото льда (примерно бёллинг-аллерёд, около 14000–13000 л. н.) (Korsakova et al., 2023) осадки формировались в условиях приледникового водоема, происходило накопление серых алевритов (слой 1). По данным исследования донных отложений озер на побережье Белого моря во второй половине аллерёда началась и в позднем дриасе продолжалась позднеледниковая трансгрессия (Корсакова и др., 2024), верхняя граница которой достигала в районе пос. Умба более 60–65 м (Колька и др., 2013), в районе г. Кандалакша более 80 м (Колька, Корсакова, 2017), в районе оз. Колвица более 75 м (Кор-

сакова и др., 2024). В центральной части Кольского региона морские воды достигали высотной отметки более 130 м, здесь признаки осолонения бассейна в послеледниковое время отмечены в разрезе донных отложений оз. Осинное (Толстоброва и др., 2016) и в разрезах береговых форм рельефа (Korsakova et al., 2020). Возможно, в это время по долине р. Кана происходило соединение котловины оз. Имандра с морским бассейном. Во время позднеледниковой трансгрессии в котловине оз. Верхнее Контозеро начинает формироваться нижняя часть слоя 2 (рис. 2). По данным диатомового анализа условия формирования этого слоя соответствует морским. В литологии осадков слоя 2 отмечается высокое содержание гидротроилита, что может указывать на формирование осадка в обстановке сероводородного заражения придонных вод, вызванного ослабленной гидродинамикой (Ферронский и др., 2014), из-за резкого сокращения поступления вод (речных, талых). Можно предположить, что такие условия могли сформироваться во время похолодания в позднем дриасе (около 12700–11700 л. н.), когда произошла подвижка края последнего ледника в восточном направлении. Край ледника в эту стадию располагался в пределах восточного побережья оз. Имандра, а на Кандалакшском берегу Белого моря примерно в районе Кандалакшских и Колвицких тундр (Korsakova et al., 2023). Таким образом, край ледника не достигал котловины оз. Верхнее Контозеро, которая находилась в перигляциальной зоне. Позже ледник начал таять и отступать, при этом в связи с интенсивным гляциоизостатическим поднятием земной поверхности относительный уровень моря стал понижаться. Также в пределы морского бассейна стало поступать большое количество талой воды, которая опресняла его, особенно в небольших заливах. Это отразилось на видовом разнообразии диатомовых водорослей. По данным экспресс анализа в верхней части минеральной толщи (слой 3) отмечается преобладание пресноводных видов диатомовых водорослей, условия осадконакопления этой части разреза соответствуют условиям сильно опресненного залива моря. После изоляции озерной котловины от моря происходит формирование органогенного интервала, представленного гиттией. Осадки переходной зоны от морских к пресноводным условиям представлены смесью алевроита и гиттии с пятнистой текстурой (слой 4 на рис. 2). Формирование пятнистой текстуры может произойти в результате разных причин. Это может быть обусловлено как нестабильными гидрологическими условиями при регрессии береговой линии моря, так и биотурбационными процессами. Кроме того, данное явление может являться результатом сейсмического события, имевшего место при формировании указанного горизонта. Во время этого события материал поверхности дна озера был взмучен, произошло смешивание минеральной толщи с органогенной, что привело к образованию пятнистой текстуры. Таким образом, возраст данного горизонта покажет, как время изоляции озера от моря, так и возраст сейсмического события.

Для приблизительной оценки времени изоляции оз. Верхнее Контозеро от моря выполнен расчет градиента поднятия между двумя пунктами (район оз. Осинное и пос. Умба), для которых имеется информация о скорости поднятия земной поверхности. В районе бассейна оз. Имандра морские осадки были обнаружены в оз. Осинное, расположенном в настоящее время на высоте около 129.8 м н.у.м. (Толстоброва и др., 2016). Около 11500 л. н. произошло отделение озера от моря, уровень моря был ниже этой высотной отметки. В районе города Умба уровень моря 11500 л. н. находился на высотной отметке 40–60 м (Колька и др., 2013). Изученное оз. Верхнее Контозеро располагается примерно между двумя этими районами. Если принять, что поднятие территории происходило равномерно, то градиент поднятия между оз. Осинное и пос. Умба составляет 0.048–0.063 мм/км. Получается, что береговая линия моря в районе исследования около 11500 л. н. располагалась на высотной отметке 90–99 м. Учитывая, что скорость регрессии на побережье Кандалакшского залива в начале голоцена достигала значения примерно от 1.2 до 10 см/год (Колька, Корсакова, 2017), то изоляция оз. Верхнее Контозеро от моря произошло примерно 10000–11000 л. н. В рассматриваемом временном интервале на территории Кольского региона происходили интенсивные сейсмические события (Николаева, Евзеров, 2018), наиболее близким к району исследования является событие в пределах Кандалакшских тундр (Шварев и др., 2024), что служит дополнительным аргументом в пользу сейсмической природы пятнистого горизонта слоя 4.

Выводы

В донных отложениях оз. Верхнее Контозеро вскрыты следующие осадки приледниковые, морские, отложения переходной зоны, пресноводные. Установлено, что уровень моря в районе исследования поднимался выше высотной отметки 78.8 м н.у.м., по долине р. Кана могло проходить соединение Белого моря с котловиной оз. Имандра. Возможно во время формирования осадков переходной зоны произошло сейсмическое событие. В начале голоцена (примерно в интервале времени 10000–11000 л. н.) произошла изоляция котловины озера от моря. Результаты радиоуглеродного датирования позволяют более достоверно оценить характер поднятия территории исследования и определить время сейсмического события.

Благодарности

Авторы благодарят сотрудника ГИ КНЦ РАН зав. лаб., к.г.-м.н. Е. Л. Кунаккузину за организацию и помощь в полевых исследованиях.

Работа выполнена в рамках темы НИР FMEZ-2024-0007.

Литература

1. Карта полезных ископаемых: Q-36-X // Геологическая карта СССР. Карта полезных ископаемых. Кольская серия / сост. Северо-Западное геологическое управление; ред. К. А. Шуркин. Масштаб 1:200000. 1961.
2. Карта четвертичных отложений с элементами геоморфологии Мурманской области / ред. В. Я. Евзеров. Апатиты. Изд-во: ГИ КНЦ РАН, 1989.
3. Колька В. В., Евзеров В. Я., Мёллер Я. Й., Корнер Д. Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене – голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озёр на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 1. С. 73–88. <http://doi.org/10.15356/0373-2444-2013-1-73-88>.
4. Колька В. В., Корсакова О. П. Положение береговой линии Белого моря и неотектонические движения северо-востока Фенноскандии в позднеледниковье и голоцене // Система Белого моря. Т. IV: Процессы осадкообразования, геология и история. М. Изд-во: Научный мир, 2017. С. 222–249.
5. Корсакова О. П., Толстобров Д. С., Толстоброва А. Н. Донные отложения из котловин озёр Выдра-Ламбина и Половинная Ламбина в Колвицкой депрессии (юго-запад Кольского полуострова) // Морские и озерные бассейны восточной периферии Балтийского щита в четвертичное время. Апатиты. Изд-во: КНЦ РАН, 2024. С. 39–42. <https://DOI.10.37614/978.5.91137.520.1.011>.
6. Корсакова О. П., Толстобров Д. С., Толстоброва А. Н. Свидетельства развития позднеледниковой морской трансгрессии на побережье Кандалакшского залива // Тр. Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2024. № 21. С. 137–144. <https://doi.org/10.31241/FNS.2024.21.017>.
7. Куликовский М. С., Глущенко А. М., Генкал С. И. и др. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль. Изд-во: Филигрань, 2016. 804 с.
8. Лудикова А. В., Греков И. М. Предварительные результаты диатомового анализа проб донных отложений оз. Антюх-Ламбина (ЮЗ Кольского полуострова) // География арктических регионов. 2017. С. 33–36.
9. Лудикова А. В., Сапелко Т. В., Кузнецов Д. Д., Шихирин К. А. Осадочная летопись ранней стадии развития Канозера (ЮЗ часть Кольского полуострова): новые данные для реконструкций дегляциации региона и изменений уровня моря // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54(4). С. 90–104. <https://doi.org/10.31857/S2949178923040059>.
10. Николаева С. Б., Евзеров В. Я. К геодинамике Кольского региона в позднем плейстоцене и голоцене: обзор и результаты исследований // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2018. № 1. С. 5–14.
11. Сапелко Т. В., Кузнецов Д. Д., Лудикова А. В., Колпаков Е. М., Шумкин В. Я. История озера Канозеро в позднеледниковье и голоцене на юге Кольского полуострова (северо-запад России) // Геоморфология. 2022. Т. 53, № 3. С. 29–38. <https://doi.org/10.31857/S0435428122030154>.
12. Толстоброва А. Н., Толстобров Д. С., Колька В. В., Корсакова О. П. История развития озера Осинового (Кольский регион) в поздне- и постледниковое время по материалам диатомового анализа донных отложений // Тр. Карельского НЦ РАН. 2016. № 5. С. 106–116. <https://doi.org/10.17076/lim305>.
13. Ферронский В. И., Поляков В. А., Куприн П. Н., Власова Л. С. Гидротроилит как биоиндикатор палеогидрологических и палеоклиматических процессов в бассейне Каспийского моря // Водные ресурсы. 2014. Т. 41, № 4. С. 439–455.

14. Шварев С. В., Николаева С. Б., Бондарь И. В., Королева А. О., Комаров А. О. Морфотектоника Имандра-Колвицкого разлома и параметры очаговой зоны палеоземлетрясений в Лувеньгских Тундрах (Кольский полуостров) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2024. Т. 51, № 2. С. 74–101. <https://doi.org/10.21455/VIS2024.2-5>.
15. Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sea-level changes in Finnmark, North Norway // Norsk Geografisk Tidsskrift. 1977. V. 31. P. 103–128.
16. Korsakova O., Tolstobrov D., Nikolaeva S., Kolka V., Tolstobrova A. Imandra Lake depression in the Late Glacial and early Holocene (Kola Peninsula, N-W Russia) // Baltica. 2020. V. 33, No. 2. P. 177–190. <http://doi.org/10.5200/baltica.2020.2.5>.
17. Korsakova O., Vashkov A., Nosova O. Chapter 31 – European Russia: glacial landforms from the Bølling-Allerød Interstadial // European Glacial Landscapes. The Last Deglaciation / Eds. D. Palacio, Ph. D. Hughes, J. M. Garcia-Ruiz, N. Andres. Cambridge: Elsevier, 2023. P. 305–310. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91899-2.00020-6>.
18. Niemelä J., Lukashov A., Ekman I., Kurkinen I., Mäkinen K., Sahala L., Tikkanen J., Dedkov N., Gutaeva L., Iljin V., Yevzerov V. The map of Quaternary deposits of Finland and northwestern part of Russian Federation and their Resources. 1:1000000. 1993. Geological Survey of Finland.
19. Zaretskaya N. E., Vashkov A. A., Shilova O. S., Khaitov V. M., Lugovoy N. N., Bashilov K. V., Batakovskaya M. P. The Association of the Late Glacial–Early Holocene Glaciofluvial and Marine Sediments of the Kandalaksha Coast of the White Sea // Dokl. Earth Sc. 2025. V. 525. P. 61. <https://doi.org/10.1134/S1028334X25609721>.
20. Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. Diatom Flora of Marine Coasts I. Ruggell: A.R.G. Gantner, 2000. 925 p.