

Предварительные данные об изменении уровня Баренцева моря в районе хребта Мустатунтури, северо-запад Мурманской области

Толстобров Д.С.¹, Толстоброва А.Н.¹, Шихирина К.А.²

¹ Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, d.tolstobrov@ksc.ru

² РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург

Аннотация. В работе приведены новые литологические и геохронологические данные изучения донных осадков семи изолированных озерных котловин, расположенных на высотных отметках от 11.0 до 83.0 м над современным уровнем моря (н. у. м.) на Мурманском берегу в районе хребта Мустатунтури, северо-запад Мурманской области. По литологическим характеристикам в разрезах выделены морские и озерные отложения. Для отложений переходных зон от морского к озерному осадконакоплению получен радиоуглеродный возраст их формирования. На основании литологических и радиоуглеродных данных построена предварительная кривая перемещения береговой линии Баренцева моря для района исследования в голоцене.

Ключевые слова: изменение уровня моря, гляциоизостазия, озерные осадки, Баренцево море, голоцен.

Preliminary data on changes in the Barents Sea level in the area of the Mustatunturi Ridge, northwest of the Murmansk region

Tolstobrov D.S.¹, Tolstobrova A.N.¹, Shikhirina K.A.²

¹ Geological Institute of the KSC of the RAS, Apatity, Russia, d.tolstobrov@ksc.ru

² Herzen State Pedagogical University, Saint Petersburg, Russia

Abstract. New lithological and geochronological data are presented for studying the bottom sediments of seven isolated lakes located at altitudes from 11.0 to 83.0 m above the present sea level (a.s.l.) on the Murmansk coast near the Mustatunturi Ridge, northwest of the Murmansk region. According to the lithology, marine and lacustrine sediments are distinguished in the sections. For sediments of transitional zones from marine to lacustrine sedimentation, the radiocarbon age of their formation was obtained. On the basis of lithological and radiocarbon data, a preliminary curve of the change of the Barents Sea level for the study area in the Holocene was constructed.

Keywords: sea level changes, glacio-isostasy, lake sediments, Barents Sea, Holocene.

Введение

Понимание проблемы изменения положения береговой линии моря имеет важное значение и должно учитываться при решении ряда научных, инженерных и административных вопросов, поэтому данный вопрос притягивает внимание учёных всего мира на протяжении нескольких веков. Вопрос изменения положения береговой линии Баренцева моря интересовал исследователей уже с XIX в. Работы по изучению береговых форм рельефа, которые маркируют положение древней границы моря, проводили В. Рамсей, В. Таннер, Б.И. Кошечкин и др. (Ramsay, 1898; Tanner, 1930; Кошечкин, 1979 и др.). На основании этих данных проводилась оценка характера поднятия земной поверхности Кольского региона за послеледниковое время. Однако, из-за отсутствия данных о возрасте формирования береговых форм рельефа построено несколько принципиально различающихся схем поднятия земной коры (Лаврова, 1960; Кошечкин, 1979). С конца XX в. на побережье Баренцева моря стали использовать метод изолированных бассейнов, который позволяет более надёжно реконструировать положение береговой линии моря во времени (Donner et al., 1977; Corner et al., 1999; 2001 и др.). В результате для баренцевоморского побережья Кольского региона установлено, что амплитуда поднятия земной поверхности увеличивается с востока на запад примерно с 60 до 90 м. В течение голоцена береговая линия моря постепенно отступает, но в среднем голоцене в результате трансгрессии Тапес отмечается либо долгое стояние уровня моря на одной высоте, как в районе г. Полярный (Corner et al., 2001), либо малоамплитудное поднятие уровня моря как в районах пос. Териберка и пос. Дальние Зеленцы (Snyder et al., 1996; Толстобров и др., 2018; Tolstobrov et al., 2022). Однако, данные о трансгрессивной фазе обнаружены недавно и в разрезе осадков только

одного озера, поэтому существуют другие мнения, что на территории Кольского региона из-за продолжающегося интенсивного поднятия земной поверхности трансгрессия моря в среднем голоцене не могла быть проявлена (Fjeldskaar and Bondevik, 2020). Для решения этого вопроса, связанного с выяснением характера изменения уровня моря в поздне- и послеледниковое время, были проведены исследования на северо-западе Мурманской области.

В данной работе представлены результаты изучения осадков озерных котловин, на побережье Мурманского берега Баренцева моря в районе хребта Мустатунтури (рис. 1). Выполнено литологическое расчленение осадков и реконструировано перемещение береговой линии Баренцева моря в голоцене. Новые данные позволяют определить характер и скорость поднятия земной поверхности для района исследования.

Район работ и методы

Район работ расположен на северо-западе Мурманской области в районе перешейка между полуостровом Средним и хребтом Мустатунтури (рис. 1). Хребет Мустатунтури протягивается с запада на восток более чем на 9 км. Его наибольшая высота достигает 262 м над уровнем моря. Полуостров Средний представляет собой плато, расчлененное долинами рек и ручьев. Большая часть полуострова располагается на высоте более 100 м, максимальная высота 334 м. Полуостров Средний сложен породами рифейского возраста, представленными полимиктовыми конгломератами, аркозовыми и кварцевыми песчаниками, алевролитами, хребет Мустатунтури сложен архейскими породами, которые представлены мигматит-плагиогранитами амфиболовыми, гнейсами по диоритам, плагиомикроклиновыми мигматит-гранитами (Государственная геологическая карта..., 2007). Район исследования располагается в непосредственной близости от разлома Карпинского, по которому кристаллический фундамент ступенчато погружается под осадочный чехол Кольской моноклинали (Балуев и др., 2012). Четвертичные отложения в районе исследования слабо распространены, в основном представлены прибрежно-морскими отложениями, которые распространяются до высоты 90–100 м (Кошечкин, 1979; Møller et al., 2002; Евзеров, 2016). В северном ответвлении Мотовского залива и в Эйно губе, на южном побережье полуострова Рыбачий реконструируется краевая зона последнего оледенения связанная с продвижением ледникового покрова в среднем дриасе (Евзеров

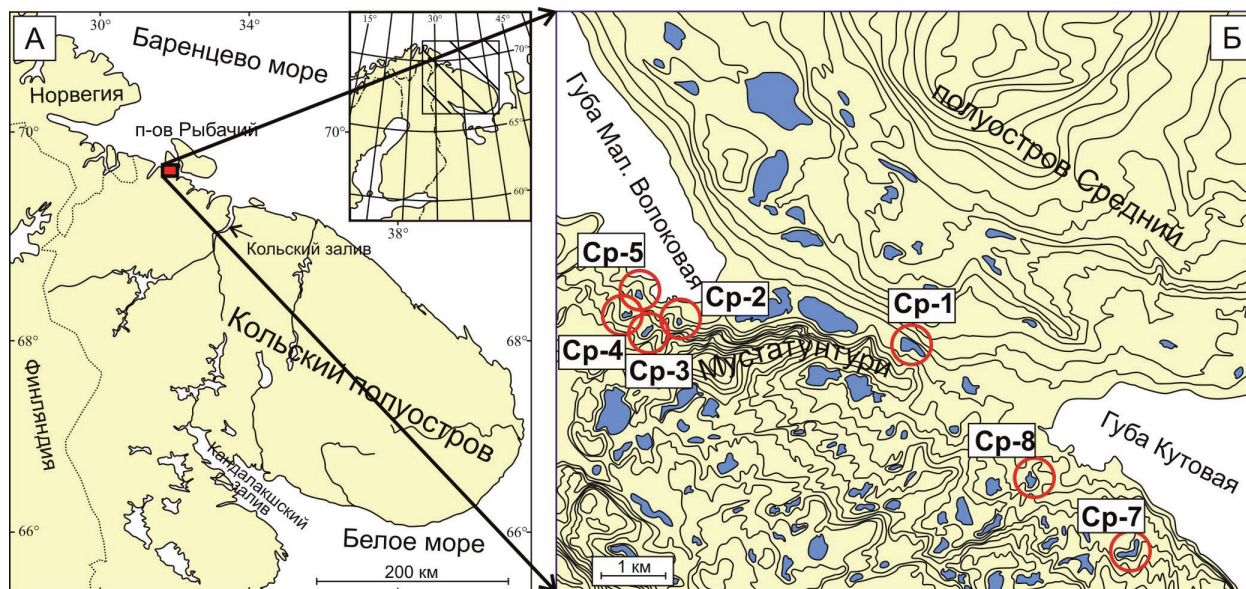


Рис. 1. Положение района исследования (А) и изученных озерных котловин в районе хребта Мустатунтури и полуострова Средний (Б). Красными кружками показаны исследованные озера. Изогипсы проведены через 20 метров.

Fig. 1. Location of the study area (A) and the studied lake basins in the area of the Mustatunturi Ridge and the Sredny Peninsula (B). The red circles show the studied lakes. The isohyps were drawn every 20 meters.

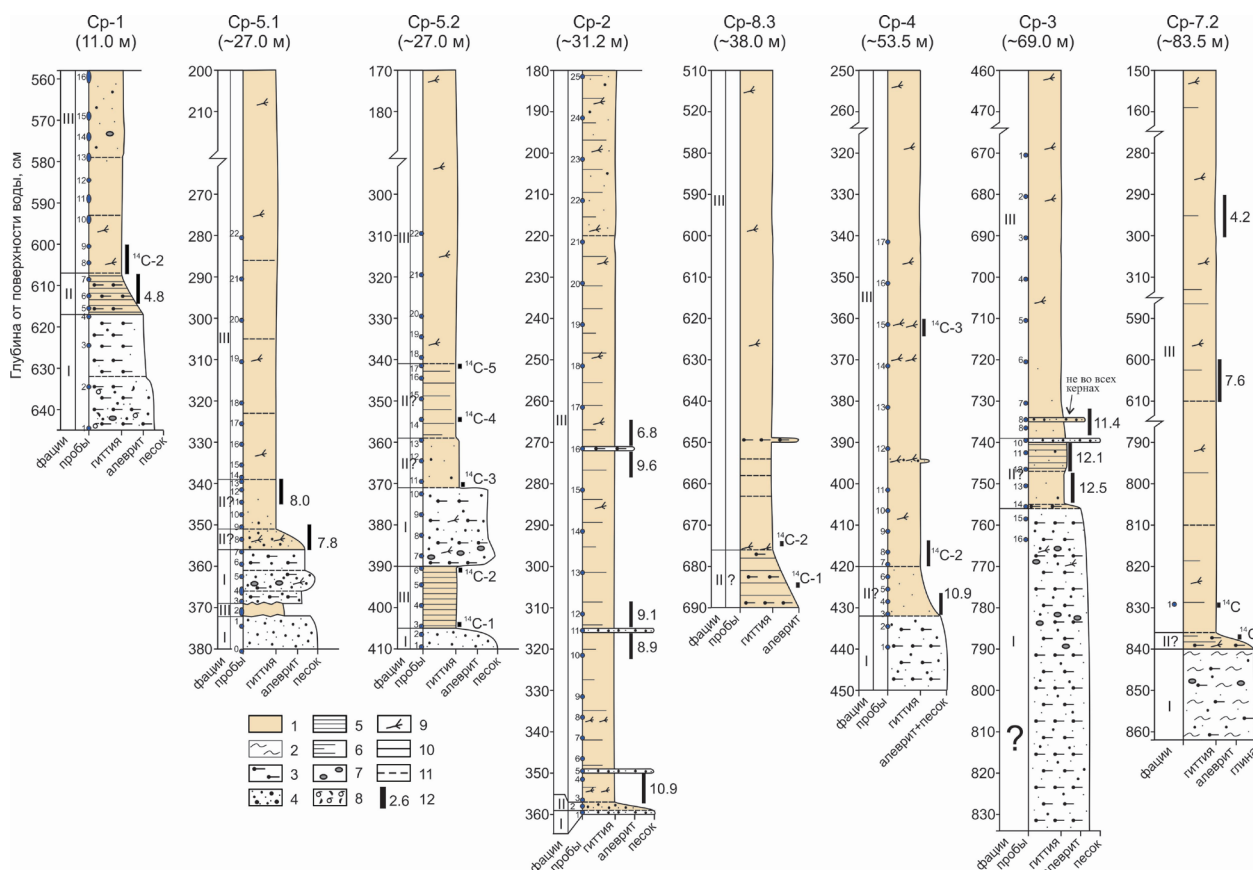


Рис. 2. Разрезы донных осадков озёр, расположенных в районе хребта Мустатунтури и полуострова Средний. 1 – гиттия, 2 – глина, 3 – алеврит, 4 – песок, 5 – слоистость, 6 – неясная слоистость, 7 – гравий, галька, 8 – обломки раковин, 9 – растительные остатки, 10 – резкая граница, 11 – постепенная граница, 12 – калиброванный ^{14}C -возраст, тыс. лет.

Fig. 2. Sections of bottom sediments of lakes located in the area of the Mustatunturi Ridge and the Sredny Peninsula. 1 – gyttja, 2 – clay, 3 – silt, 4 – sand, 5 – laminated, 6 – weakly laminated, 7 – gravel, pebbles, 8 – shell fragments, 9 – plant remains, 10 – sharp boundary, 11 – gradual boundary, 12 – calibrated ^{14}C -age, thousand years.

и др., 2007; Евзеров, 2016). В аллёрде территории района исследования была уже освобождена от ледникового покрова.

В результате полевых работ были пробурены и изучены донные отложения 7 озерных котловин, расположенных на высотных отметках от 11.0 до 83.0 м над уровнем моря (рис. 1 и 2). Выполнено детальное литологическое описание и фотодокументация полных разрезов всех озёр. Бурение осадков на акватории озёр осуществлялось летом со специальной платформы с использованием переносного бура, сконструированного на основе торфяного бура геолога с поворотным механизмом. Длина желоба предназначенного для отбора кернов 1 м, диаметр 75 мм. Выбор места бурения осуществлялся на основании данных батиметрических измерений эхолотом Deeper PRO. В плоскодонном месте озера производился отбор осадков от кровли (дно озера) осадков до подошвы, представленной коренными породами или грубыми четвертичными отложениями. В поле описывались литологический состав, структура, текстура, цвет извлекаемых осадков. Каждый керн донных отложений фотодокументировался. После проводился отбор проб на споропыльцевой, гранулометрический, диатомовый анализы и радиоуглеродное датирование. Определение возраста осадков выполнялось по образцам гиттии или алевритистой гиттии в Санкт-Петербургском государственном университете по стандартной методике (Арсланов, 1987). Все радиоуглеродные даты были откалиброваны в программе «OxCal 4.4.4» (Bronk Ramsey, 2020), с использованием калибровочной кривой «IntCal 20» (Reimer et al., 2020).

Результаты

В разрезах изученных озерных котловин было выделено три основных осадочных фаций. *Фация I*, формирование которой происходило в морских условиях, представлена алевритами, глиной с алевритом, либо песком. По данным гранулометрического состава и содержания органического вещества фация морских осадков характеризуется наибольшим средним диаметром частиц и наименьшим процентным содержанием органического вещества (1–5 %). *Фация II*, формирование которой происходило в переходных условиях от моря к озеру, представлена гиттией с алевритом или опесчаненной гиттией, в данной фации происходит постепенное увеличение содержания органики вверх по разрезу. *Фация III* – осадки пресноводного озера, которые представлены гиттией. Отложения данной фации характеризуются высоким содержанием органического вещества (до 60 %, в среднем 30–40 %). В гранулометрическом составе происходит снижение значения среднего диаметра частиц, что соответствует более спокойному гидродинамическому режиму в водоёме.

Типичная регрессивная последовательность фаций I–II–III была вскрыта в разрезах донных отложений озёр СР–1, СР–2, СР–3, СР–4, СР–7. В озере СР–8 вскрыта не полная последовательность, отсутствуют морские осадки. Вероятно, пробоотборник не смог пройти морские отложения, которые представлены грубым материалом (гравий, галька, крупнозернистый песок) и вскрыты в карьере рядом с озером. Для отложений переходных зон были получены радиоуглеродные возраста, которые представлены на рисунке 2. Наиболее древний возраст изоляции 12–12.5 тыс. лет назад получен для озера СР–3 с порогом стока на высотной отметке 69 м. Данные радиоуглеродного датирования показывают, что район исследования ранее 12.5 тыс. лет назад уже был освобожден от ледникового покрова. Эти результаты согласуются с ранними представлениями о дегляциации полуострова Средний в аллереде (Евзеров и др., 2007; Евзеров, 2016; Korsakova et al., 2022).

В разрезе донных отложений озера СР–5 обнаружена сложная последовательность фаций: I–III–I–II–III (рис. 2). После дегляциации данной территории в котловине происходило формирование отложений в морских условиях, далее уровень моря опустился ниже порога стока озера СР–5, то есть ниже 27 м н. у. м. В результате трансгрессии Тапес в среднем голоцене произошло повышение уровня моря, и озерная котловина опять присоединилась к морскому бассейну. При этом уровень моря не поднимался выше 31 м, так как в разрезе озера СР–2, которое имеет порог стока 31 м, четких следов повторного проникновения моря нет. В максимум трансгрессии граница моря подходила близко к озеру СР–2, однако полного соединения не произошло. Во время сильного шторма мог сформироваться один из прослоев песка в гиттии (рис. 2).

В разрезе озера СР–5 в отложениях, которые были сформированы при повторном присоединении котловины к морю во время трансгрессии Тапес, отчетливо выделяется интервал обогащенный обломками пород (гравием, галькой, щебень), а также с фрагментами древесины. Формирование такого прослоя связано с резким изменением гидродинамического режима в водоёме, вероятно из-за проявления цунами. В интервале времени трансгрессии Тапес в пределах Северной Атлантике известно проявление цунами, которое было вызвано подводным оползнем «Сторегга» в Норвежском море (Bondevik et al., 1997; Romundset, Bondevik, 2011). Существует вероятность того, что волна цунами могла достигнуть баренцевоморского побережья Мурманской области и оставить свой след в донных осадках озера, аналогичный разрез донных отложений в озере с вероятными следами цунами известен в районе пос. Териберка (Толстобров и др., 2018). Однако, нельзя исключать, что такие горизонты отложений могут быть сформированы и в результате локального катастрофического события (землетрясения, цунами) в пределах района исследования. Следы этих событий также могут быть прослои песка в разрезах озёр СР–2, СР–3. Горизонты осадков с песком и алевритом в толще органогенных отложений (гиттии) отмечаются в нескольких интервалах по разрезу отложений озера СР–2, четко выделяются в разрезе озера СР–3 (рис. 2). В настоящий момент точный генезис этих прослоев не установлен. Однако, близкое расположение района исследования к разлому Карпинского, а также многочисленные разломы, разрывы, трещины в коренных породах хребта Мустатунтури позволяют предположить, что в голоценовое время на данной территории проявлялась тектоническая активизация по разломам, в результате которой происходили резкие изменения

условий осадконакоплений в озерных котловинах и формирование этих небольших опесчаненных горизонтов. Аналогичные следы проявления катастрофических событий в донных отложениях озер известны по всему миру (Hutchinson et al., 2013; Urabe, 2017 и др.)

Предварительная кривая перемещения береговой линии Баренцева моря в районе полуострова Средний

На основании полученных данных радиоуглеродного датирования осадков исследованных озер (рис. 2) был построен график перемещения береговой линии моря в районе хребта Мустатунтури и полуострова Средний в позднеледниковье – голоцене (рис. 3). График построен по калиброванным данным радиоуглеродного датирования.

В результате работ установлено, что после освобождения данной территории ото льда береговая линия моря находилась выше высотной отметки 83.5 м относительно современного уровня моря. Анализ графика показывает, в позднеледниковье время и начале голоцена происходила быстрая регрессия береговой линии моря и соответственно поднятие земной поверхности со скоростью примерно 25 мм/год. Около 10.5 тыс. лет назад уровень моря в районе исследования опустился ниже высотной отметки 27.0 м. В результате трансгрессии Тапес, которая проходила в пределах Северной Атлантики, произошло повторное присоединение к морскому бассейну котловины СР-5, расположенной на высоте 27.0 м. Оценить амплитуду трансгрессии Тапес нам не удалось. Однако, по литологическим данным можно сказать, что уровень моря в этот период не поднимался выше высотной отметки 31.0 м. После примерно 7.7 тыс. лет назад началась постепенная регрессия береговой линии моря со средней скоростью примерно 3–4 мм/год. В настоящее время проводится обсуждение полученных данных, а также выполняется диатомовый анализ донных отложений озерных котловин, поэтому построенный график перемещения береговой линии моря является предварительным и в будущем может быть изменен.

Выводы

На основании полученных новых данных были установлены условия формирования осадочных пород в районе хребта Мустатунтури и полуострова Средний. После дегляциации на полуострове Средний уровень моря располагался на высотной отметке более 83 м. Территория баренцево-морского побережья Мурманской области испытывала поднятие со скоростью примерно 25 мм/год в начале голоцена. В интервале времени 10.0–7.7 тыс. лет назад отмечается трансгрессия моря. После 7.7 тыс. лет происходит постепенное поднятие со средней скоростью 3–4 мм/год.

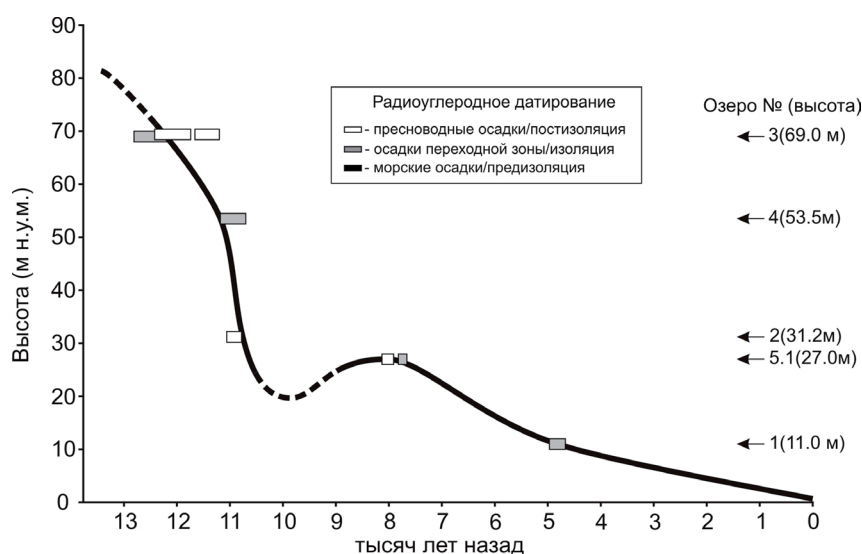


Рис. 3. График перемещения береговой линии Баренцева моря в районе полуострова Средний, Мурманская область.

Fig. 3. Curve of changes in the level of the Barents Sea in the area of the Sredny Peninsula, Murmansk region.

Благодарности

Авторы благодарят Николаеву С.Б., Костромину Н.А., Пронину А.В., Королёву А.О., Комарова А.О., Стафоркина А.А. за помощь в проведении полевых работ.

Работа выполнена в Геологическом институте КНЦ РАН в рамках темы НИР АААА–А19–119100290145–3, при частичной поддержке Минпросвещения России (проект № VRFY–2023–0010).

Литература

1. Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Пржиялговский Е.С. Тектоника Белого моря и прилегающих территорий (Объяснительная записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий м-ба 1:1500000») / М.Г. Леонов. М.: ГЕОС, 2012. 104 с.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R–(35), 36 (Мурманск). Объяснительная записка / Гл. ред. Б.Г. Лопатин. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. 281 с.
3. Евзеров В. Я. Геология четвертичных отложений Кольского региона. Мурманск. Изд-во: МГТУ, 2016.
4. Евзеров В.Я., Мёллер Я.Й., Колька В.В., Корнер Д.Д. История дегляциации полуостровов Рыбачьего и Среднего (Кольский полуостров) в позднем плейстоцене. Известия РАН. Сер. географическая. № 5. 2007. С. 58–63.
5. Кошечкин Б.И. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1979. 158 с.
6. Толстобров Д.С., Толстоброва А.Н., Колька В.В., Корсакова О.П., Субетто Д.А. Возможные следы голоценовых цунами в озёрных донных отложениях в районе пос. Териберка (Кольский полуостров, Россия) // Труды КарНЦ РАН. Сер. Лимнология. Океанология. 2018. № 9. С. 92–102. <http://dx.doi.org/10.17076/lim865>.
7. Лаврова М.А. Четвертичная геология Кольского полуострова. Л. Изд-во: АН СССР, 1960. 234 с.
8. Bondevik S., Svendsen J.I., Mangerud J. Tsunami sedimentary facies deposited by the Storegga tsunami in shallow marine basins and coastal lakes, western Norway // *Sedimentology*. 1997. V. 44. P. 1115–1131. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.1997.d01-63.x>.
9. Bronk Ramsey C (2020) OxCal 4.4 [Online resource]. URL: <http://c14.arch.ox.ac.uk>. (request date: 14.12.2021).
10. Corner G.D., Kolka V.V., Yevzerov V.Ya., Moller J.J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia. *Global and Planetary Change*. 2001. V. 31. P. 153–175. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(01\)00118-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(01)00118-7).
11. Corner G.D., Yevzerov V.Ya., Kolka V.V., Moller J.J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia. *Boreas*. 1999. V. 28. N 1. P. 146–166. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1999.tb00211.x>.
12. 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.
13. Fjeldskaar W., Bondevik S. The Early-Mid Holocene transgression (Tapes) at the Norwegian coast – comparing observations with numerical modelling. *Quaternary Science Reviews*. 2020. 242, 106435. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106435>.
14. Hutchinson, I., Peterson, C. D., & Sterling, S. (2013). Late Holocene tsunami deposits at Salt Creek, Washington, USA. *Science of Tsunami Hazards*. V. 32(4). P. 221–235.
15. Korsakova O., Vashkov A., Nosova O. European Russia: glacial landforms from the Bølling-Allerød Interstadial. In *European Glacial Landscapes. The Last Deglaciation.*; Palacios D., Hughes P.D., Garcia-Ruiz J.M., Andres N., Eds.; Elsevier. 2023. P. 305–310. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91899-2.00014-0>.
16. Møller JJ, Yevzerov VY, Kolka VV, Corner GD (2002) Holocene raised-beach ridges and sea-ice-pushed boulders on the Kola Peninsula, northwest Russia: indicators of climatic change. *The Holocene*. V. 12(2). P. 169–176. <https://doi.org/10.1191/0959683602hl532rp>.
17. Ramsay W. Über die Geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartarzeit. – *Fennia*. 1898. V. 16. No 1. 151 p.
18. Reimer PJ, Austin WE, Bard E, Bayliss A, Blackwell PG, Ramsey CB, ... & Talamo S (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*. V. 62(4). P. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>.
19. Romundset A., Bondevik S. Propagation of the Storegga tsunami into ice-free lakes along the southern shores of the Barents Sea // *Journal of Quaternary Science*. 2011. V. 26. No 5. P. 457–462. <https://doi.org/10.1002/jqs.1511>.
20. Snyder J.A., Forman S.L., Mode W.N., Tarasov G.A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia // *Boreas*. 1997. V. 26. P. 329–346. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1997.tb00859.x>.

21. Tanner V. Studien ofver Kvartärsystemet i Fennoskandas nordliga delar // Fennia. 1930. V. 53. No 1. 589 p.
22. Tolstobrov D.S., Kolka V.V., Tolstobrova A.N., Korsakova O.P. Reconstruction of the coastline of the Barents sea (the Kola Peninsula) during the Late Glacial and Holocene // Limnology and Freshwater Biology. 2022. V. 4. P. 1594–1595. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-4-1594>.
23. Urabe A. Reconstruction of tsunami history based on event deposits in the Niigata area, eastern coast of the Sea of Japan. Quaternary International. 2017. V. 456. P. 53–68. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.045>.