

УДК 551.433

О террасах на берегу Териберской губы Баренцева моря (Кольский полуостров)

Ю. Н. Нерадовский*, Я. А. Мирошникова, А. А. Компанченко, А. В. Чернявский

*Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия;
e-mail: nerad@geoksc.apatity.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2400-0403>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
14.01.2022;
получена
после доработки
09.03.2022

В статье рассмотрены результаты изучения современных террас на побережье Баренцева моря в районе п-ва Лодейный. По данным натурных наблюдений, дешифрирования космических и геодезических карт и объемного моделирования выявлены признаки трех террас. Более детально изучены две террасы, у которых присутствуют тыловой шов, обрыв, бровка и горизонтальные площадки. Тыловые швы располагаются на отметках 7 и 30 м, а бровки – на отметках 10 и 40 м над уровнем моря. Третья терраса приурочена к уровню 40–60 м, детально не изучена. По расчетным данным первые две террасы образовались около 3 300 и 6 000 лет назад. 1-я терраса характеризует период медленного подъема суши на 10 м со скоростью около 3 мм/год, начавшийся около 3 300 лет назад и продолжающийся по настоящее время. Продукты размыва этой террасы распространены в латеральной зоне и представляют современные морские отложения, в том числе пляжи, формирующие новую террасу. 2-я терраса характеризует динамику быстрого подъема суши на 30 м со скоростью около 11 мм/год, произошедшего в период от 6 000 до 3 300 лет назад. Продукты размыва этой террасы имеют наибольшее распространение на побережье и встречаются на расстоянии от 100 м до 2–3 км от берега. Предполагается, что скорость перемещения береговой линии при отступлении моря была различной и достигала до 900 мм/год. По мнению авторов, предварительные данные свидетельствуют о нестабильности территории и проявлении блоковых подвижек, что может оказать негативное воздействие на развитие инфраструктуры.

Ключевые слова:

террасы,
Арктическое побережье
Баренцева моря,
Кольский полуостров,
Териберка,
трансформация берегов

Для цитирования

Нерадовский Ю. Н. и др. О террасах на берегу Териберской губы Баренцева моря (Кольский полуостров). Вестник МГТУ. 2022. Т. 25, № 1. С. 38–49. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-1-38-49>.

About terraces on the shore of the Teriberskaya Bay of the Barents Sea (the Kola Peninsula)

Yury N. Neradovsky*, Yana A. Miroshnikova, Alena A. Companchenko,
Aleksey V. Chernyavsky

*Geological Institute KSC RAS, Apatity, Murmansk region, Russia;
e-mail: nerad@geoksc.apatity.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2400-0403>

Article info

Received
14.01.2022;
received
in revised form
09.03.2022

Abstract

The paper considers the results of the study of modern terraces on the coast of the Lodeyny Peninsula in the Barents Sea. According to field observations, decoding of space and geodetic maps and volumetric modeling, signs of three terraces have been identified. Two terraces having a rear seam, a cliff, a brow and horizontal platforms have been studied in more detail. The rear seams are located at 7 and 30 m, and the edges at 10 and 40 m above the sea level. The third terrace is confined to the level of 40–60 m, and has not been studied in detail. According to estimates, the first two terraces were formed about 3,300 and 6,000 years ago respectively. The 1st terrace characterizes the period of slow land rise by 10 m, at the speed up to 3 mm/year, which began about 3,300 years ago and continues to the present. It is characterized by a uniform sea retreat of about 15 mm/year. The erosion products of this terrace are common in the lateral zone and represent modern marine sediments, including beaches forming a new terrace. The 2nd terrace characterizes to the dynamics of rapid land rise by 30 m at a speed of about 11 mm/year, which occurred in the period from 6,000 to 3,300 years ago. The erosion products of this terrace are most common on the coast and are found at a distance of 100 m to 2–3 km from the shore. It is assumed that the speed of movement of the coastline during the retreat of the sea was different and reached up to 900 mm/year. According to the authors, preliminary data indicate the instability of the territory and the manifestation of block movements, which may have a negative impact on the development of infrastructure.

Key words:

terraces,
Arctic coast
of the Barents Sea,
Kola Peninsula,
Teriberka,
transformation
of the shores

For citation

Neradovsky, Yu. N. et al. 2022. About terraces on the shore of the Teriberskaya Bay of the Barents Sea (the Kola Peninsula). *Vestnik of MSTU*, 25(1), pp. 38–49. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-1-38-49>.

Введение

На побережье Баренцева моря описаны более 20 террас на высотах от 5,4 до 90 м над уровнем моря (Кошечкин и др., 1971; Митяев, 2001; Митяев и др., 2008). Они интересны тем, что являются своеобразными реперами подъема суши (или опускания уровня моря) вследствие различных природных явлений. На Кольском полуострове наиболее активный подъем отмечается в северной части побережья и прилегающих островах. Суммарная средняя скорость поднятия земной коры вдоль северного берега Кольского полуострова в течение плейстоцена увеличилась от 1 до 6 мм/год в голоцене. От северо-западного берега полуострова, где скорость поднятия 0,8–2,0 мм/год, Баренцево море ежегодно отступает на 5–13 мм. На Мурманском побережье между полуостровами Рыбачий и Средний и материком отмечаются разрывы береговых линий, приблизительно на 20 м, относимых к раннему голоцену. На Восточном Мурмане у пос. Дальние Зеленцы скорость поднятия составляет от 2,6 до 4 мм/год. В Кольском заливе, севернее г. Полярный, средняя скорость поднятия за последние 3 000 лет оценивается величиной 2,0–2,7 мм/год. Наиболее популярной является гипотеза гляциоизостатического поднятия Балтийского щита после таяния последнего ледникового покрова около 11 700 лет назад (Кошечкин, 1979; Лазаревич, 1989; Corner et al., 2001; Johansson et al., 2002; Колька и др., 2005; Корсакова, 2009; Pettersen, 2011). На основании этих данных можно рассматривать в геохронологическом порядке два периода изменения уровня моря с разными скоростями: в ранний период 11 мм в год, а в поздний период – 3 мм в год. Однако анализ распространения террас и изолиний гляциоизостатического поднятия свидетельствует, что последствия изостатического выравнивания сравнительно быстро, в течение нескольких тысяч лет были утрачены и, как считают многие исследователи, в настоящее время главной причиной активности щита вновь являются собственно тектонические движения (Зыков и др., 2016; Ollier et al., 2019). Поскольку именно тектонический режим определяет появление многовариантной системы морских террас, ему следует отдать предпочтение и рассматривать его в качестве ведущего фактора морского террасогенеза (Шило, 2002).

Материалы и методы

Террасовые отложения впервые на рассматриваемой территории установлены при геодезических исследованиях и нанесены на топографические карты. В дальнейшем территория была закрыта и исследования не проводились. В последние годы нами изучены каменные пляжи (Нерадовский и др., 2021) и получены первые сведения о террасах. По данным объемного моделирования рельефа на территории п-ва Лодейный выявлено несколько уровней площадных отложений: 1) 0–7 м – пляжные отложения; 2) 7–20 м – 1-я терраса; 3) 20–30–40 м – 2-я терраса; 4) 40–60 м – 3-я терраса (рис. 1). Натурные наблюдения показали, что между уровнями 7–10 и 30–40 м имеются разрывы, связанные со ступенчатым переходом площадок. Первый уровень – пляжные отложения – охарактеризован нами ранее (Нерадовский и др., 2021). В настоящей статье рассматриваются второй и третий уровни, которые имеют отчетливые признаки каменных морских террас. Уровень 40–60 м нами не изучался, но по предварительным данным четвертый уровень слагают песчаные террасы.

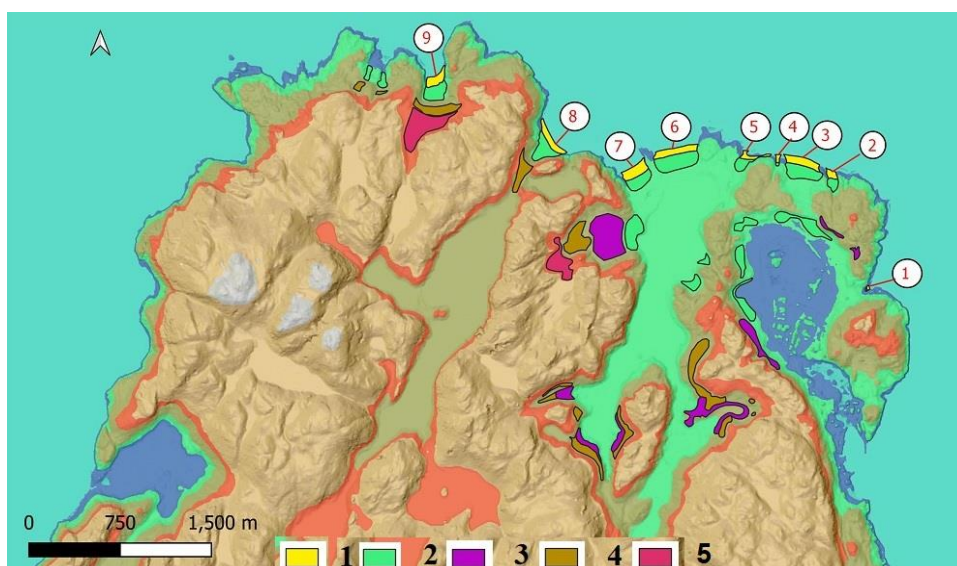


Рис. 1. Террасовые отложения на п-ве Лодейный по данным объемного моделирования (Нерадовский и др., 2021). Условные обозначения: 1 – пляжи 0–7 м; 2 – уровень 1-й террасы 7–20 м; 3 – уровень 2-й террасы 20–30 м; 4 – уровень 2-й террасы 30–40 м; 5 – уровень 3-й террасы 40–60 м

Fig. 1. Terraced deposits on the Lodeyny Peninsula according to volumetric modeling data (Neradovsky et al., 2021): 1 – beaches (0–7 m); 2 – the 1st terrace level (7–20 m); 3 – the 2nd terrace level (20–30 m); 4 – the 2nd terrace level (30–40 m); 5 – the 3rd terrace level (40–60 m)

Исследования проводились на инициативной основе в течение 2017–2021 гг. Ежегодно посещались участки побережья от губы Завалишина до мыса Долгий, на которых производились натурные измерения высотных отметок террас методом GPS. Наиболее тщательно измерялись уступы первой террасы. Проведен анализ космических снимков побережья, который показал, что первая терраса устойчиво фиксируется на всем протяжении береговой линии от м. Зеленецкий до м. Олений.

Вторая терраса менее доступна для прямого изучения и измерения высотных отметок. Поэтому она изучалась на основании данных топосъемок, которые на полуострове Лодейный выявили развитие останцев террасовых отложений в глубине полуострова, приуроченных к изолиниям, которые согласуются с редкими сохранившимися фрагментами второй террасы на побережье в западной части полуострова.

Наиболее полную картину развития террас удалось восстановить по материалам объемного моделирования, благодаря которому выявлена третья терраса, требующая дополнительного изучения.

Результаты

Наибольшее распространение террасовые отложения имеют место в восточной части п-ва Лодейный (рис. 4), где они встречаются на расстоянии до 2,5 км от береговой линии моря. В западной части полуострова террасы больше размывы и сохранились в виде останцев в узких глубоких долинах на расстоянии до 0,5 км от моря (рис. 5). Отложения 1-й террасы присутствуют в строении берега на всех каменистых пляжах п-ва Лодейный. Они представляют собой валуны и глыбы гнейсов и плагиогранитов, залегающих на гранодиоритах, диоритах и эндербитах (рис. 2). В нижней части террасы находится тыловой шов. Он совпадает с линией штормового заплеска, т. е. максимальной высотой, на которую поднимаются волны в настоящее время, и отмечен обычно морским плавником.

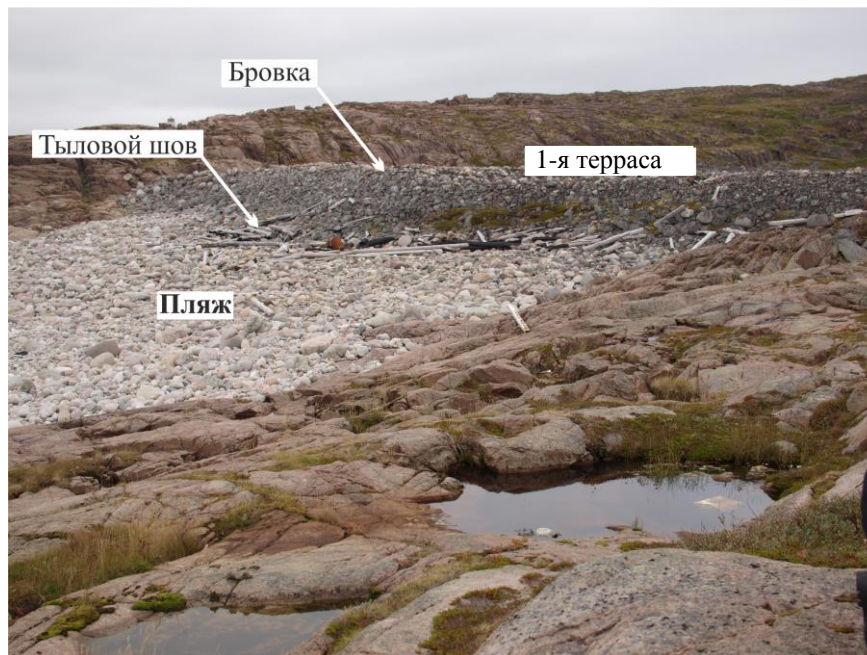


Рис. 2. 1-я терраса пляжа № 2
Fig. 2. The 1st terrace of N 2 beach

Выше тылового шва волны не размывают террасу, поэтому камни обрастают лишайниками, тогда как пляжные отложения постоянно омываются волнами, поэтому лишены растительного покрова.

Обрыв между тыловым швом и бровкой 1-й террасы составляет 3–5 м. На отдельном пляже высота обрыва одинаковая (рис. 3), но на разных пляжах может колебаться уровень тылового шва, поэтому определение высоты террасы лучше производить по бровке.

Бровка обозначает начало горизонтальной площадки, являющейся необходимым элементом строения террасы. С бровки начиналось разрушение террасы. Отложения 1-й террасы на п-ве Лодейный представлены в основном крупными валунами размером 100–1 000 мм (рис. 4, Б), и в меньшей степени галькой. Петрографический состав такой же, как и у пляжных отложений: преобладают плагиограниты и тоналитовые гнейсы. Окатанность валунов в террасовых отложениях ниже, чем у отложений на пляжах, но достаточно высокая: в составе отложений присутствуют весьма хорошо окатанные камни яйцевидной формы (рис. 4, В), характерные для современных пляжей (Нерадовский и др., 2021). Это говорит о том, что отложения 1-й террасы являются древними пляжами.

Вблизи берега и пляжей 1-я терраса представляет собой горизонтальные сплошные поля валунов (рис. 4, А, Б), а на удалении от моря отложения постепенно распадаются на отдельные "островки" (рис. 4, Г). В основании террасы находятся коренные породы гранитного состава, на которых и располагаются современные каменные пляжи, т. е. терраса относится к цокольному типу¹.



Рис. 3. Форма бровки 1-й террасы на одном из крупных пляжей
Fig. 3. The shape of the edge of the 1st terrace

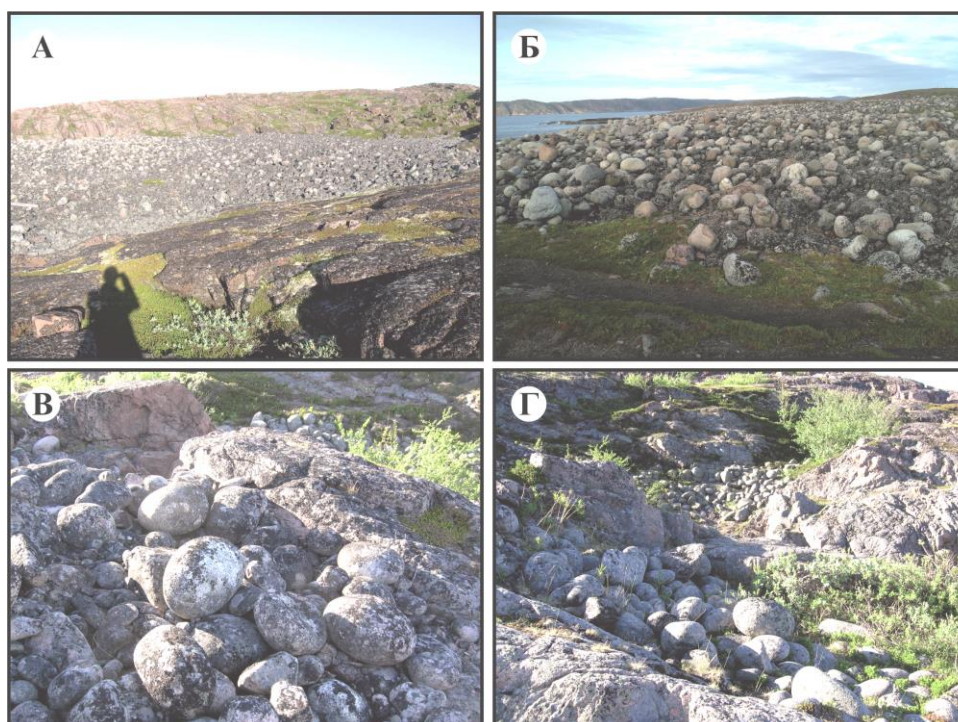


Рис. 4. Отложения 1-й террасы: А – сплошное поле валунов над пляжем № 2; Б – горизонтальные отложения над пляжем № 6; В – хорошо окатанные яйцевидные валуны в составе отложений 1-й террасы; Г – отдельные "островки" отложений 1-й террасы
Fig. 4. Sediments of the 1st terrace: А – a solid field of boulders above N 2 beach; Б – horizontal sediments above N 6 beach; В – well-rounded egg-shaped boulders as part of the sediments of the 1st terrace; Г – separate "islands" of sediments of the 1st terrace

¹ Геологический словарь. В 3 т. / гл. ред. О. В. Петров. Т. 3. Р-Я. СПб., 2012. 440 с.

В западной части п-ва Лодейный отложения 1-й террасы сохранились только в узких глубоких долинах с пляжами № 8 и 9 (рис. 1). Здесь они образуют сплошные волнистые каменные "потоки" длиной до 300 м (рис. 5), которые полого поднимаются от пляжа на высоту около 30 м над уровнем моря. На этой высоте 1-я терраса "упирается" в обрыв (рис. 6), представляющий склон отложений 2-й террасы. Контакт 1-й террасы с обрывом является тыловым швом 2-й террасы. Между тыловым швом и бровкой 2-й террасы высота обрыва составляет около 10 м.

Бровка 2-й террасы располагается на отметках 40–45 м. Наиболее полно 2-я терраса сохранилась в долине с пляжем № 9 (рис. 6). Здесь она контактирует с отложениями 1-й и 3-й террас. В составе отложений террасы преобладают слабоокатанные валуны и глыбы (рис. 7). Фрагментарно отложения 2-й террасы наблюдаются в долине с пляжем № 8 (рис. 8, А) и озером Батарейским (рис. 9), а также на склонах возвышенностей вблизи пос. Лодейное (рис. 10) и в других местах (рис. 8, Б).

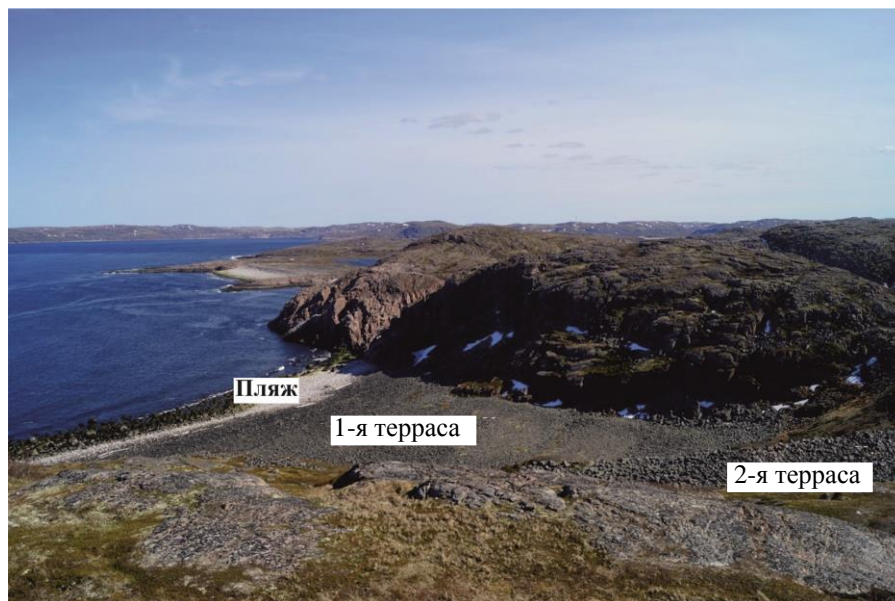


Рис. 5. Волнистая структура отложений 1-й террасы в долине с пляжем № 8, в правом углу рисунка видна бровка 2-й террасы
Fig. 5. The wavy structure of the sediments of the 1st terrace in the N 8 beach valley, in the right corner of the picture the edge of the 2nd terrace is visible



Рис. 6. Взаимоотношение террас в долине с пляжем № 9: хорошо видны ступенчатые переходы и обрывы на контакте террас и горизонтальные площадки отложений 2-й и 3-й террас. Фото Б. Вахмистрова
Fig. 6. The relationship of the terraces in the N 9 beach valley: the stepped transitions and cliffs at the contact of the terraces and the horizontal platforms of the deposits of the 2nd and 3rd terraces are clearly visible. Photo by B. Vakhmistrov



Рис. 7. Бровка 2-й террасы: видны слабоокатанные крупные валуны и глыбы
Fig. 7. The edge of the 2nd terrace: slightly rounded large boulders and blocks are visible

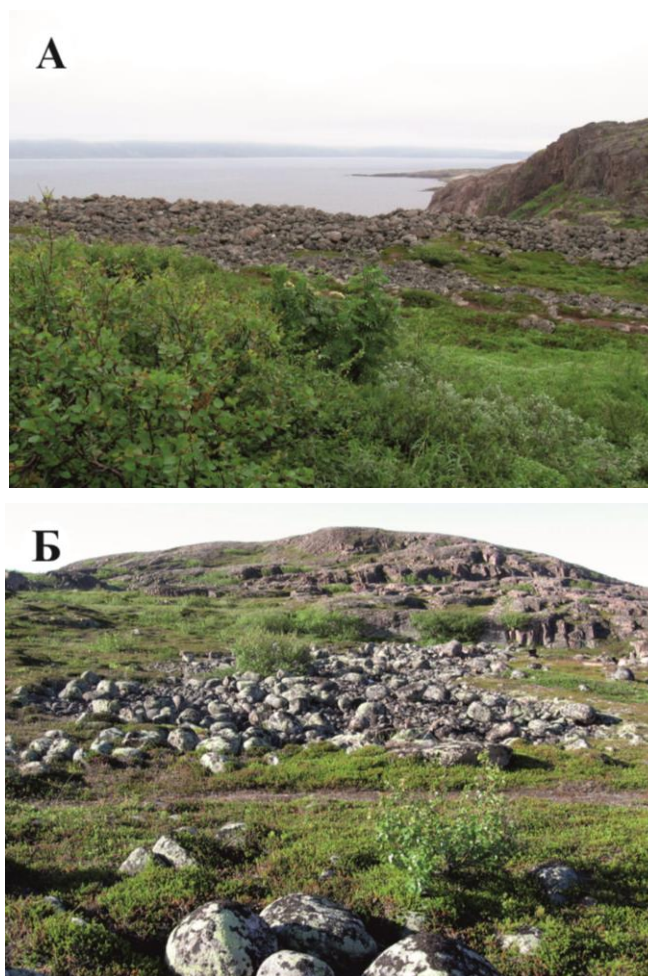


Рис. 8. Отложения 2-й террасы: А – отложения над пляжем № 8;
Б – фрагменты отложений на возвышенностях в районе пляжа № 3
Fig. 8. Sediments of the 2nd terrace: А – above N 8 beach;
Б – fragments of sediments on the hills near N 3 beach



Рис. 9. Горизонтальные отложения 2-й террасы в долине оз. Батарейское (урез 37,5 м)
Fig. 9. Horizontal deposits of the 2nd terrace in the valley of Batareyskoe Lake (37.5 m)



Рис. 10. 2-я терраса в пос. Лодейное. Наиболее удаленные от моря фрагменты 2-й террасы, отметка 40 м
Fig. 10. The 2nd terrace in the Lodeynoye village. The fragments of the 2nd terrace furthest from the sea, 40 m

В двух местах на п-ве Лодейный зафиксировано присутствие 3-й террасы в виде площадок на высоте 40–60 м (рис. 1). На аэрофотоснимке террасы в районе пляжа № 9 (рис. 6) видно, что 3-я терраса сложена песчаными отложениями. Однако нами она не изучалась.

Обсуждение результатов

Рассмотренные фактические данные позволяют представить схему строения побережья в следующем виде (рис. 11). Особенностью ее является сочетание каменных пляжей с каменными террасами и закономерное увеличение окатанности материала отложений от древней к молодой террасе и в сторону современных пляжей. Этот факт указывает на снижение скорости подъема суши и увеличение времени абразии.

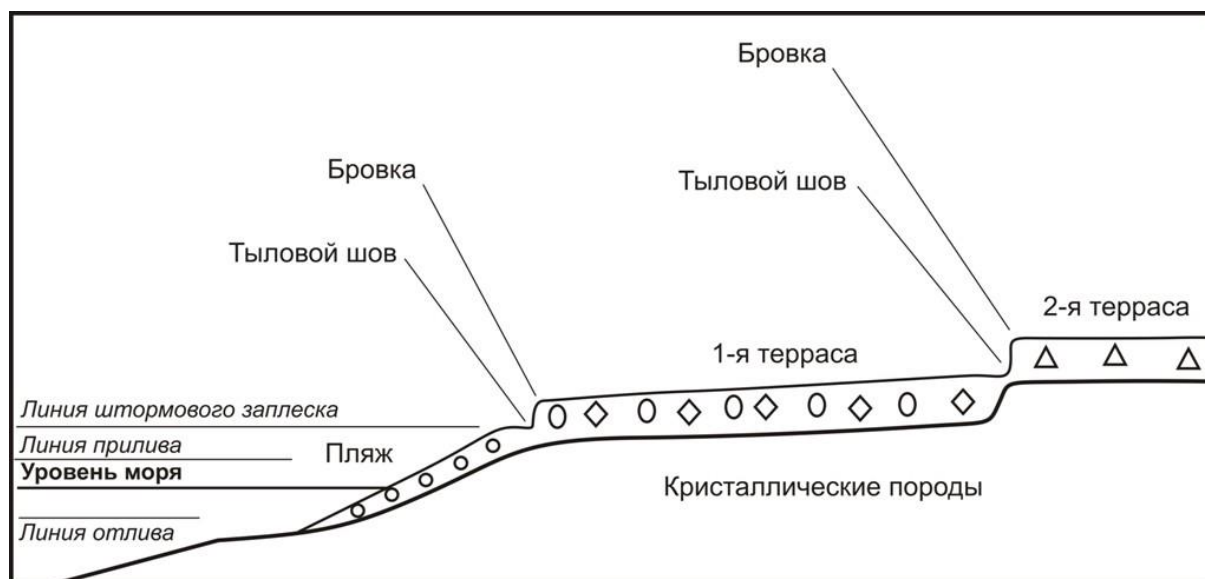


Рис. 11. Схема строения побережья в районе пос. Лодейное
Fig. 11. The scheme of the coast structure in the Lodeynoye village area

Большой интерес вызывает присутствие 3-й террасы. Она – вероятно, песчаная, приурочена к уровню 40–60 м, присутствует на двух участках (рис. 1, 6) и представляет русловые отложения, но детально нами не изучена. Возможно, это террасовые отложения, описанные в районе р. Воронья (Толстоброва и др., 2019).

В целом образование террас на побережье Териберской губы Баренцева моря на отметках 5–20 м и 40–50 м не является чем-то необычным: террасы на этих уровнях установлены на островах Кильдин и Средний (Кошечкин и др., 1971; Митяев и др., 2008; Сапелько и др., 2018) и в районе р. Воронья (Толстоброва и др., 2019).

Изучение террасовых отложений на п-ве Лодейный показывает, что территория полуострова в новейшее время испытала неоднократное поднятие и регрессию моря, что сопровождалось трансформацией берегов (рис. 12).

Современное распространение террасовых отложений показывает, что восточная часть полуострова в недавнее время была дном моря, а ныне занята современными постройками. Напротив, западная часть полуострова практически лишена террасовых отложений вследствие их размыва.

Интересно, что террасы сложены крупнозернистым каменным материалом, который свидетельствует о преобладании на побережье длительное время, около 6 000 лет, интенсивного разрушения пород и выноса продуктов этого процесса в море. В настоящее время побережье в основном медленно, со скоростью 15 мм/год, отступает под воздействием абразионных процессов, однако по-прежнему нет признаков накопления продуктов разрушения на суше.

Несомненно, что на структуру побережья оказали влияние различные геологические факторы, в частности повышенная сейсмичность. Сейчас установлено, что Териберское побережье является сейсмически нестабильным (Никонов и др., 2015). Результатом этого, возможно, является блочная структура района. По данным дешифрирования космических карт на п-ве Лодейный выделяется система тектонических линеаментов (рис. 13), по которым происходили и происходят перемещения отдельных блоков пород. По линеаментам наблюдается наиболее активное разрушение пород, вдоль них, как правило, расположены долины озер, ущелья и развалы пород. Свидетельством активного разрушения пород в зонах линеаментов является обрушение скалистых берегов полуострова на выходе линеамента к морю (рис. 14).

На карте (рис. 13) виден один из крупных линеаментов, отделяющий восточную часть полуострова Лодейный от западной. По линии линеамента восточная часть полуострова поднимается медленнее западной, поэтому на ней характерны многочисленные сохранившиеся остатки террасы и, возможно, присутствует солончатая лагуна.

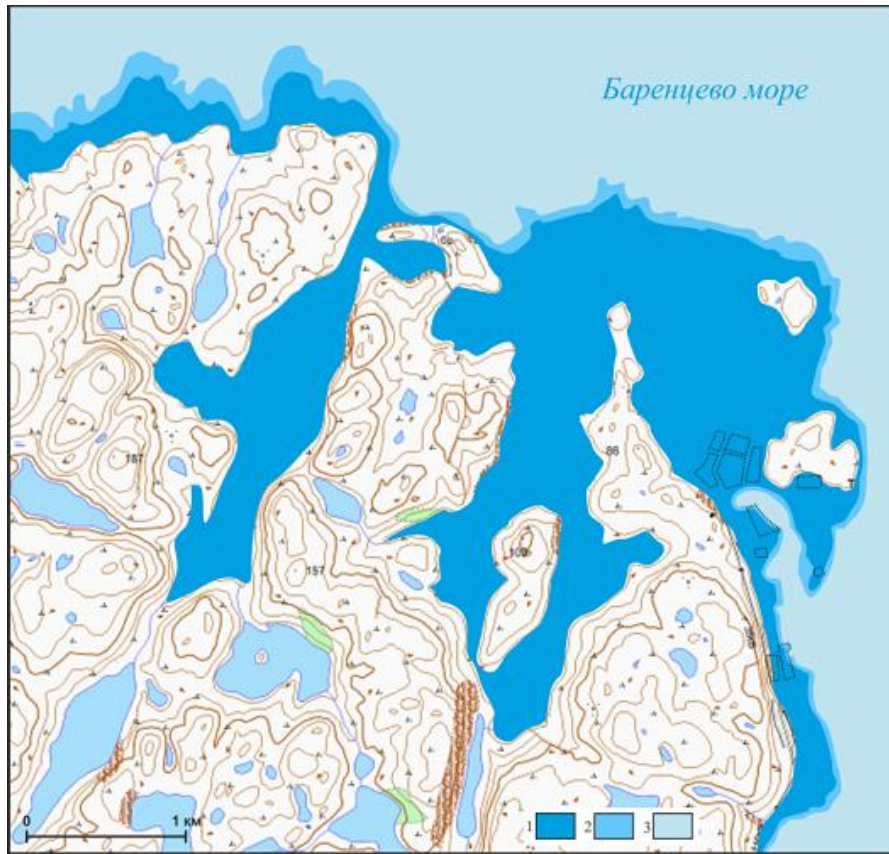


Рис. 12. Схематическая карта распространения моря на побережье п-ва Лодейный по данным распространения террасовых отложений: 1 – 6 000 лет назад; 2 – 3 300 лет назад; 3 – в настоящее время. Топографическая основа: лист R-36-107A,B

Fig. 12. Schematic map of the sea distribution on the Lodeyny Peninsula coast according to the data of the distribution of terraced sediments: 1 – 6,000 years ago; 2 – 3,300 years ago; 3 – the present time. Topographic basis is R-36-107A,B sheet

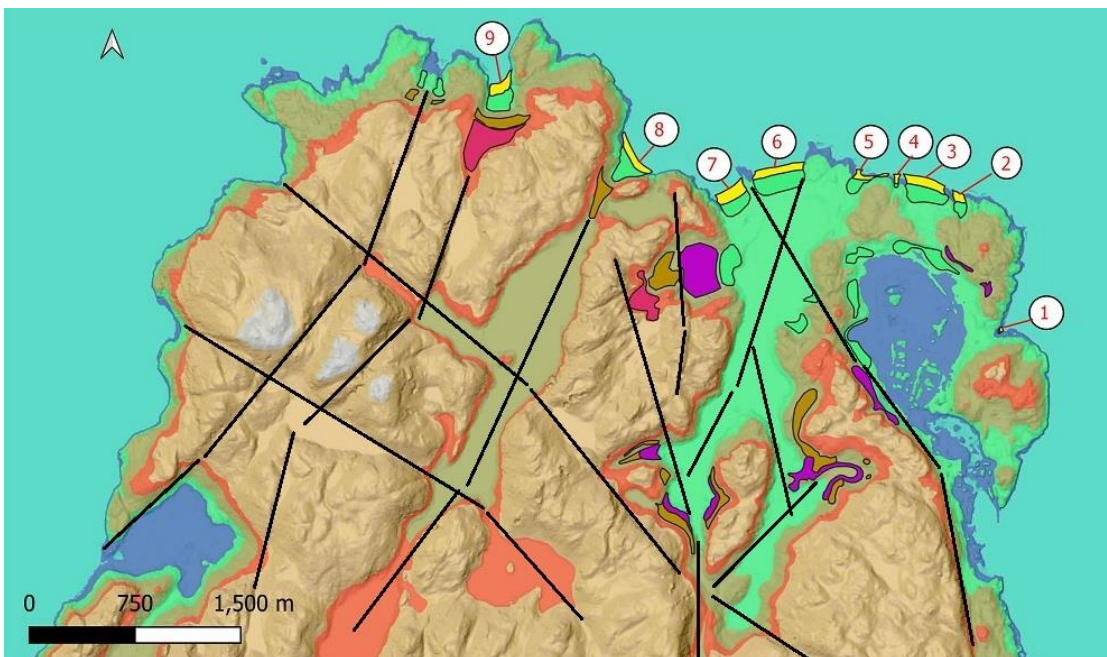


Рис. 13. Сеть линеаментов (черные линии) на п-ве Лодейный
Fig. 13. A network of lineaments (black lines) on the Lodeyny Peninsula



Рис. 14. Обрушение берегов на выходе линеамента к морю в западной части п-ва Лодейный
Fig. 14. The collapse of the banks at the outlet of the lianement to the sea
in the western part of the Lodeyniy Peninsula

Заключение

Рассмотренные материалы наблюдений на п-ве Лодейный Териберской губы Баренцева моря свидетельствуют о чрезвычайно сложной истории геологического развития территории и напряженном современном состоянии. Различные части полуострова находятся в разнонаправленных движениях. Для стратегического строительства в долговременной перспективе побережье представляет нестабильную территорию вследствие сложной тектонической обстановки. Это следует учитывать, прежде всего, при строительстве долговременных капитальных сооружений, прокладке кабелей и трубопроводов в кристаллических породах.

Благодарности

Авторы благодарят Бориса Вахмистрова за прекрасную фотографию террас. Работа выполнена в рамках поисковых исследований темы НИР Ги КНЦ РАН № 0226-2019-0053.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Зыков Д. С., Полещук А. В. Проявление взаимодействия геодинамических систем в морфоструктуре Балтийского щита / Глубинное строение, минерогения, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов : материалы XX Всерос. конф. с междунар. участием (г. Воронеж, 25–30 сентября 2016 г.). Воронеж : Научная книга, 2016. С. 177–181.
- Колька В. В., Евзеров В. Я., Мёллер Я., Корнер Д. Послеледниковые гляциоизостатические движения на северо-востоке Балтийского щита // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова : сб. ст. / ред. Ф. П. Митрофанов. Апатиты : КНЦ РАН, 2005. С. 15–25.
- Корсакова О. П. Кольский полуостров в голоцене // Наука в России. 2009. № 6. С. 102–109.
- Кошечкин Б. И. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л. : Наука, 1979. 160 с.
- Кошечкин Б. И., Кудлаева А. Л., Первуинская Н. А., Самсонова Л. Я. Древнебереговые образования северного и северо-восточного побережий Кольского полуострова // Вопросы формирования рельефа и рыхлого покрова Кольского полуострова : сб. ст. Л. : Наука, 1971. С. 17–85.
- Лазаревич К. С. Морфоструктура и геоморфологическое районирование Мурманского массива // Геоморфология. 1989. № 4. С. 86–91.
- Митяев М. В. Морфотектоника и позднечетвертичная история формирования Мурманского побережья и прилегающего шельфа Баренцева моря : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2001. 22 с.
- Митяев М. В., Корсун С. А., Стрелков П. П., Матишов Г. Г. Древние береговые линии Восточного Кильдина // Доклады академии наук. 2008. Т. 423, вып. 4. С. 546–550.

- Нерадовский Ю. Н., Мирошникова Я. А., Компанченко А. А., Чернявский А. В. Об уникальных каменных пляжах на арктическом берегу Кольского полуострова // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24, № 1. С. 46–56. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-1-46-56>.
- Никонов А. А., Николаева С. Б., Шварев С. В. Мурманское побережье – крупнейшая в Российской Арктике сейсмогенерирующая зона: новейшие разработки // Природные ресурсы и комплексное освоение прибрежных районов Арктической зоны : сб. науч. тр. Архангельск, 2015. С. 34–40.
- Сапелко Т. В., Носевич Е. С., Кулькова М. А., Мурашкин А. И. [и др.]. Палеоэкологическая характеристика побережья Баренцева моря в позднем голоцене на примере полуострова Средний // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Т. 64, № 4(118). С. 391–406. DOI: <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2018-64-4-391-406>.
- Толстоброва А. Н., Толстобров Д. С., Колька В. В., Вашков А. А. [и др.]. Литологические особенности озерных отложений в долине реки Воронья, Кольский полуостров, Россия // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. № 16. С. 588–591. DOI: <https://doi.org/10.31241/fns.2019.16.120>.
- Шило Н. А. Учение о россыпях: Теория россыпеобразующих рудных формаций и россыпей. Владивосток : Дальнаука, 2002. 576 с.
- Corner G. D., Kolka V. V., Yevzerov V. Y., Møller J. J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia // Global and Planetary Change. 2001. Vol. 31, Iss. 1–4. P. 155–177. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(01\)00118-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(01)00118-7).
- Johansson J. M., Davis J. L., Scherneck H. G., Milne G. A. [et al.]. Continuous GPS measurements of postglacial adjustment in Fennoscandia. 1. Geodetic results // Journal of Geophysical Research. Solid Earth. 2002. Vol. 107, Iss. 8. P. 3-1–3-27.
- Ollier C. D., Pain C. F. Neotectonic mountain uplift and geomorphology // Геоморфология. 2019. № 4. С. 3–26. DOI: <https://doi.org/10.31857/s0435-4281201943-26>. (In Engl.)
- Petterson B. R. The postglacial rebound signal of Fennoscandia observed by absolute gravimetry, GPS, and tide gauges // International Journal of Geophysics. 2011. P. 1–3. DOI: <https://doi.org/10.1155/2011/957329>.

References

- Zykov, D. S., Poleschuk, A. V. 2016. Manifestation of interaction of geodynamic systems in the morphostructure of the Baltic Shield. Abstracts of *Deep structure, minerageny, modern geodynamics and seismicity of the East European platform and adjacent regions*. Voronezh, 25–30 September 2016, pp. 177–181. (In Russ.)
- Kolka, V. V., Evzerov, V. Ya., Myoller, Ya., Corner, D. 2005. Post-glacial glacioisostatic movements in the North-East of the Baltic Shield. Coll. of articles *New data on geology and minerals of the Kola Peninsula*. Apatity, pp. 15–25. (In Russ.)
- Korsakova, O. P. 2009. Kola Peninsula in the Holocene. *Nauka v Rossii*, 6, pp. 102–109. (In Russ.)
- Koshechkin, B. I. 1979. Holocene tectonics of the eastern part of the Baltic Shield. Leningrad. (In Russ.)
- Koshechkin, B. I., Kudlaeva, A. L., Pervuninskaya, N. A., Samsonova, L. Ya. 1971. Ancient coastal formations of the Northern and North-Eastern coasts of the Kola Peninsula. Coll. of articles *Issues of relief formation and loose cover of the Kola Peninsula*. Leningrad, pp. 17–85. (In Russ.)
- Lazarevich, K. S. 1989. Morphostructure and geomorphological subdivision of the Murmansk massif. *Geomorfologiya*, 4, pp. 86–91. (In Russ.)
- Mityaev, M. V. 2001. Morphotectonics and the late Quaternary history of the formation of the Murmansk coast and the adjacent shelf of the Barents Sea. Abstract of PhD dissertation. Moscow. (In Russ.)
- Mityaev, M. V., Korsun, S. A., Strelkov, P. P., Matishov, G. G. 2008. Ancient coastlines of East Kildin. *Doklady akademii nauk*, 423(4), pp. 546–550. (In Russ.)
- Neradovsky, Yu. N., Miroshnikova, Ya. A., Kompanchenko, A. A., Chernyavsky, A. V. 2021. About unique stone beaches on the Arctic coast of the Kola Peninsula. *Vestnik of MSTU*, 24(1), pp. 46–56. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-1-46-56>. (In Russ.)
- Nikonov, A. A., Nikolaeva, S. B., Shvarev, S. V. 2015. Murmansk coastal band in the Russian part of European Arctic as outstanding seismogenic zone: Newest approach. Coll. of articles *Natural resources and integrated development of the coastal regions of the Arctic zone*. Arkhangelsk, pp. 34–40. (In Russ.)
- Sapelko, T. V., Nosevich, E. S., Kulikova, M. A., Murashkin, A. I. et al. 2018. Paleocological characteristics of the Barents Sea coast in the Late Holocene on the example of the Sredny Peninsula. *Problemy Arktiki i Antarktiki*, 64(4–118), pp. 391–406. DOI: <https://doi.org/10.30758/0555-2648-2018-64-4-391-406>. (In Russ.)
- Tolstobrova, A. N., Tolstobrov, D. S., Kolka, V. V., Vashkov, A. A. et al. 2019. Lithological features of lake sediments in the valley of the Voronya River, Kola Peninsula, Russia. *Trudy Fersmanovskoi nauchnoi sessii GI KNTs RAN*, 16, pp. 588–591. DOI: <https://doi.org/10.31241/fns.2019.16.120>. (In Russ.)
- Shilo, N. A. 2002. The doctrine of placers: The theory of placer-forming ore formations and placers. Vladivostok. (In Russ.)
- Corner, G. D., Kolka, V. V., Yevzerov, V. Y., Møller, J. J. 2001. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia. *Global and Planetary Change*, 31(1-4), pp. 155–177. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(01\)00118-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(01)00118-7).

- Johansson, J. M., Davis, J. L., Scherneck, H. G., Milne, G. A. et al. 2002. Continuous GPS measurements of postglacial adjustment in Fennoscandia. 1. Geodetic results. *Journal of Geophysical Research. Solid Earth*, 107(8), pp. 3-1–3-27.
- Ollier, C. D., Pain, C. F. 2019. Neotectonic mountain uplift and geomorphology. *Geomorfologiya*, 4, pp. 3–26. DOI: <https://doi.org/10.31857/s0435-4281201943-26>.
- Pettersen, B. R. 2011. The postglacial rebound signal of Fennoscandia observed by absolute gravimetry, GPS, and tide gauges. *International Journal of Geophysics*, pp. 1–3. DOI: <https://doi.org/10.1155/2011/957329>.

Сведения об авторах

Нерадовский Юрий Николаевич – ул. Ферсмана, 14, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209; Геологический институт КНЦ РАН, канд. геол.-минерал. наук, вед. науч. сотрудник; e-mail: nerad@geoksc.apatity.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2400-0403>

Yury N. Neradovsky – 14 Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Geological Institute KSC RAS, Cand. Sci. (Geol.&Miner.), Leading Researcher; e-mail: nerad@geoksc.apatity.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2400-0403>

Мирошников Яна Андреевна – ул. Ферсмана, 14, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209; Геологический институт КНЦ РАН, мл. науч. сотрудник; e-mail: miroshnikova@geoksc.apatity.ru

Yana A. Miroshnikova – 14 Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Geological Institute KSC RAS, Junior Researcher; e-mail: miroshnikova@geoksc.apatity.ru

Компанченко Алёна Аркадьевна – ул. Ферсмана, 14, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209; Геологический институт КНЦ РАН, канд. геол.-минерал. наук, науч. сотрудник; e-mail: komp-alena@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1240-7898>

Alena A. Kompanchenko – 14 Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Geological Institute KSC RAS, Cand. Sci. (Geol.&Miner.), Researcher; e-mail: komp-alena@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1240-7898>

Чернявский Алексей Викторович – ул. Ферсмана, 14, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия, 184209; Геологический институт КНЦ РАН, мл. науч. сотрудник; e-mail: chernyavsky@geoksc.apatity.ru

Aleksey V. Chernyavsky – 14 Fersmana Str., Apatity, Murmansk region, Russia, 184209; Geological Institute KSC RAS, Junior Researcher; e-mail: chernyavsky@geoksc.apatity.ru