

doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-254-260



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОСЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАЙОНЕ МЫСА ЗИМЕЦ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)

✉ Николаева С.Б.

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия

✉ s.nikolaeva@ksc.ru

В статье представлены новые предварительные данные о голоценовых сейсмодислокациях, полученные в результате полевых палеосейсмогеологических работ в районе северного побережья Кандалакшского залива Белого моря (Кольский полуостров, СЗ России). Рассматриваются локальные поздне-последлениковские нарушения рельефа и смещения в скальных породах, возникающие при сильных сейсмических воздействиях. Приводятся данные, свидетельствующие о динамическом (сейсмическом) воздействии на горные породы. По комплексу геолого-геоморфологических признаков в районе мыса Зимец выделена область концентрации сейсмодислокаций, которые в конце позднеледникового и в голоцене возникали неоднократно. Изученные сейсмодислокации принадлежат тектонической зоне северо-восточного простирания, поперечной по отношению к основным структурам Кандалакшского грабена, активизация которой произошла в позднем голоцене.

Ключевые слова: *палеоземлетрясения, сейсмодислокации, Кандалакшский грабен, Ковдицкий грабен, Белое море, голоцен, Кольский полуостров, Фенноскандинавский щит*

Введение. К настоящему времени о существовании следов сильных палеоземлетрясений в Кандалакшском заливе Белого моря собран весьма обширный материал. Одной из первых, кто обратил внимание на необычный характер рвов и ущелий, приуроченных к склонам скальных массивов Кандалакшских тундр, была крупный геоморфолог И.Г. Авенариус. Она интерпретировала эти нарушения в рельефе как возможные проявления сеймотектонических процессов, что позднее удалось подтвердить и другими исследованиями [Шевченко и др., 2007]. Однако специальные изучения сейсмодислокаций с установлением их параметров – возраста, интенсивности и магнитуд, были осуществлены в основном на южном (Карельском) берегу Кандалакшского залива, к ЮВ от Беломорской биологической станции (ББС) МГУ, в районах пролива Великая Салма, Нильмогубы, полуострова Киндо, Чупинской губы, деревни Ковда [Верзилин, Бобков, 2008; Авенариус, 2010; Мараханов, Романенко, 2014; Николаева, 2019; Шварев и др., 2022 и др.].

В этом сообщении представлены предварительные результаты полевых детальных палеосейсмогеологических работ, проводившихся на северном (Кольском) берегу Кандалакшского залива, в его кутовой части, в районе мыса Зимец (рис. 1). Задачами исследования являлись: выявление сейсмогенных нарушений в рельефе, отражающих активность структур побережья, оценка их возраста и установление связей между деформациями и региональными сейсмогенерирующими структурами. Палеосейсмические наблюдения проводились в соответствии с общепринятыми методиками, обобщенными в монографии [McCalpin, 2009].

Геолого-тектоническое положение района работ. Кандалакшский залив Белого моря принадлежит Беломорской палеорифтовой системе, расположенной в зоне сочленения восточной части Балтийского (Фенноскандинавского) щита и Русской плиты [Балуев и др., 2012]. Отдельным сегментом Беломорской структуры является Кандалакшский грабен, входящий в состав крупной Кандалакшской сейсмогенной зоны с сильнейшим на платформе историческим землетрясением 1627 года [Землетрясения...,

2007]. Протяженность Кандалакшского грабена 240–250 км при ширине 80 км и глубине погружения фундамента до 3 км.

В геолого-структурном отношении район исследований принадлежит Лапландско-Беломорскому гранулито-гнейсовому поясу палеопротерозойской консолидации [Балаганский и др., 2016], а кристаллические породы, окружающие котловину грабена, разбиты разломами и разрывами разного ранга на сложную систему блоков. Наиболее раздробленной является кутовая часть Кандалакшского залива (рис. 1А).

Считается, что формирование Беломорской системы началось на рубеже позднего миоцена–плиоцена, когда после регрессивного развития континентальной окраины стали происходить процессы погружения шельфа [Балуев и др., 2012]. В это же время произошло опускание Кандалакшского и начало образования Колвицкого грабена, разделенных косой межвпадинной перемычкой в виде островной гряды архипелага Средние Луды. Более мелководная часть залива в пределах Колвицкого грабена была сформирована позже основного Кандалакшского грабена, в поздне-последнический период.

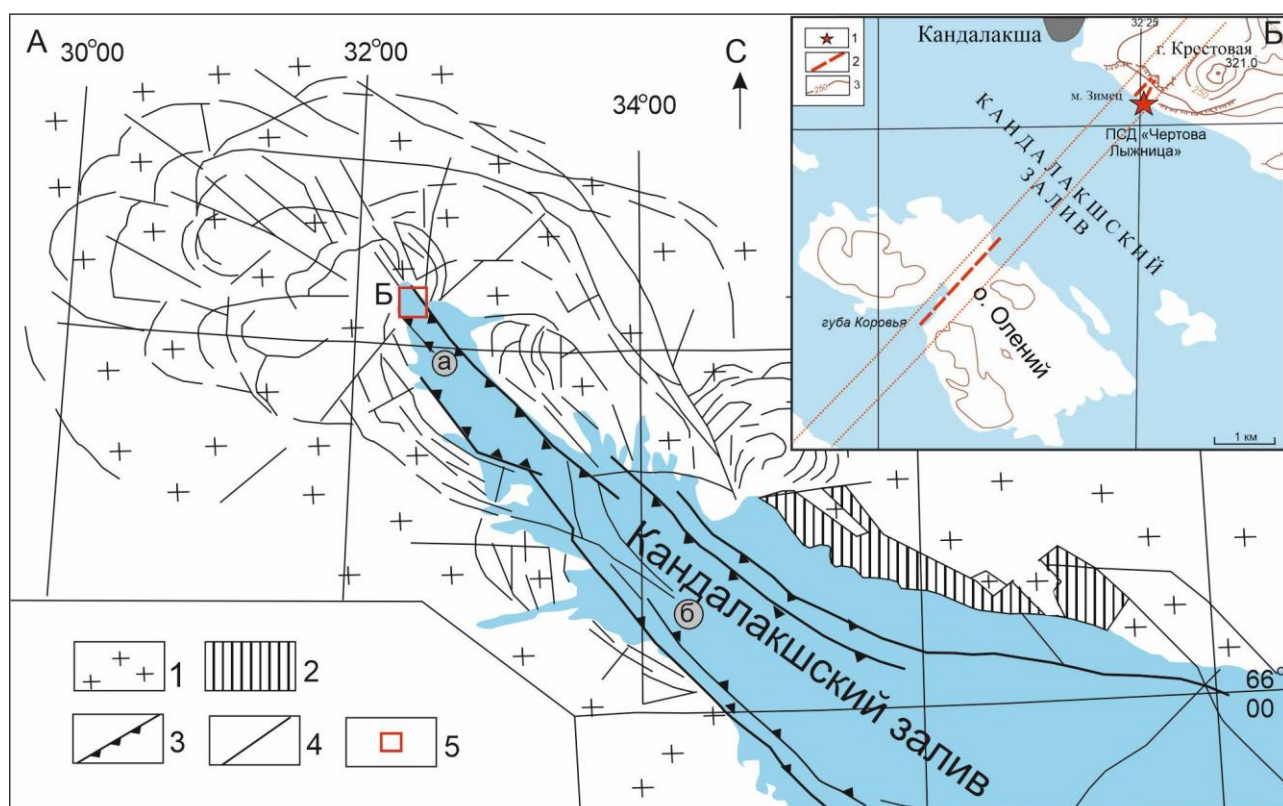


Рис. 1. Район исследований в общей структуре Беломорской рифтовой системы по [Балуев и др., 2012] (А) и местоположение сейсмодислокации «Чертova Лыжня» (Б).

А: 1 – кристаллические породы нижнего докембрия, 2 – рифейские породы, 3 – основные сбросы рифтового грабена, 4 – прочие разломы, 5 – участок работ. Буквами в кружках показаны Колвицкий (а) и Кандалакшский (б) грабены. Б: 1 – сейсмодислокация, 2 – активные линеаменты, 3 – горизонталы рельефа (через 50 м).

Результаты работ. На побережье Кандалакшского залива, в районе мыса Зимец у подножия г. Крестовая, выявлен комплекс сейсморазрывов (рвов и трещин), скальных обвалов, линейных зон деструкции и дробления скальных пород. Все эти дислокации, имеющие свежий облик без следов выветривания и экзарации, с незначительными следами абразии, образуют ареал сейсмодислокаций. Они отчетливо маркируют зону линеамента СВ простирания, расположенную секуще по отношению к основной северо-западной структуре грабена (рис.1).

Одна из наиболее выразительных структур в районе исследований это сейсмодислокация «Чёртова Лыжница». Такое название позаимствовано из известной монографии А.А. Минкина «Топонимы Мурмана», где он так описывает это проявление в рельефе: «Если посмотреть на Земец, являющимся обрывистым спуском горы Крестовой к морю, и расположенной примерно посередине между Монастырским Наволоком (естественное устье реки Нивы около Кандалакиши) и Малым Березовым, то сразу же бросаются в глаза две параллельно идущие глубокие трещины, называемые Чёртова Лыжница. По народной легенде, эти трещины не что иное, как след, который оставил Черт, котившийся на лыжах с Крестовой горы» [Минкин, 1976], побоявшись установленного на вершине горы креста.

Сейсмодислокация выражена в рельефе двумя разрывами – субпараллельными трещинами-рвами, рассекающими скальный крутой обрыв, обращенный к морю (рис. 2). Эти рвы прослеживаются в северо-восточном направлении (20–40°) вглубь материка на расстояние около километра. Ширина их составляет от 30–80 см до 1,2 м, а глубина варьирует от первых десятков см до первых метров. Сейсморазрывы, сопровождаемые линейными зонами дробления в гранат-амфиболовых гнейсах и плагиоамфиболитах, сужаются на выходе в береговую зону и продолжаются под урезом воды на литорали (рис. 3А). В днищах рвов отсутствуют следы воздействия ледника, нередко случаи заклинивания остроугольных глыб в полостях, а на выходе близ береговой зоны наблюдается деструкция горных пород (зоны дробления щебнисто-глыбового материала разной размерности) (рис. 3Б, В).



Рис. 2. Сейсмодислокация "Чёртова лыжница" в виде двух трещин, рассекающих скалу «Барыня», вид с моря (А), крутой обрыв на м. Земец в береговой зоне залива (Б).

Аналогичные дислокации серией субпараллельных сейсморазрывов протягиваются на расстояние более 2 км вдоль побережья от м. Монастырский Наволок у Кандалакиши к западу. Они рассекают скальные выходы с регулярностью проявления 150–200 м. Трещины и рвы хорошо выражены на космоснимках в береговой зоне, где обнаженность

пород 100% и полностью отсутствует почвенно-растительный покров. Максимальная величина вертикального смещения крыльев разрывов достигает 1,5 м. Наряду со сбросовыми рвами и другими структурами растяжения были обнаружены и сдвиговые деформации с величиной смещений в 5–25 см.

Продолжение тектонической зоны, фрагментом которой является сейсмодислокация «Чертова лыжница», наблюдается и на о-ве Олений, расположенном в 3 км к юго-западу от нее на пологом склоне Колвицкого полуграбена (рис. 1Б). Губа Коровья, принадлежащая западной части острова, трассируется тектоническим сдвигом, поперечным к основным структурам Колвицкого грабена [Балуев и др., 2012]. Не исключено, что часть сеймотектонических структур, скрыта под акваторией: так, вдоль тектонически предопределенного южного борта Кандалакшского залива уже в его акватории по данным сейсмоакустического профилирования МАГЭ выделяется мощная зона интенсивного развития гравитационных (сейсмогравитационных) процессов [Рыбалко и др., 2014; 2024].

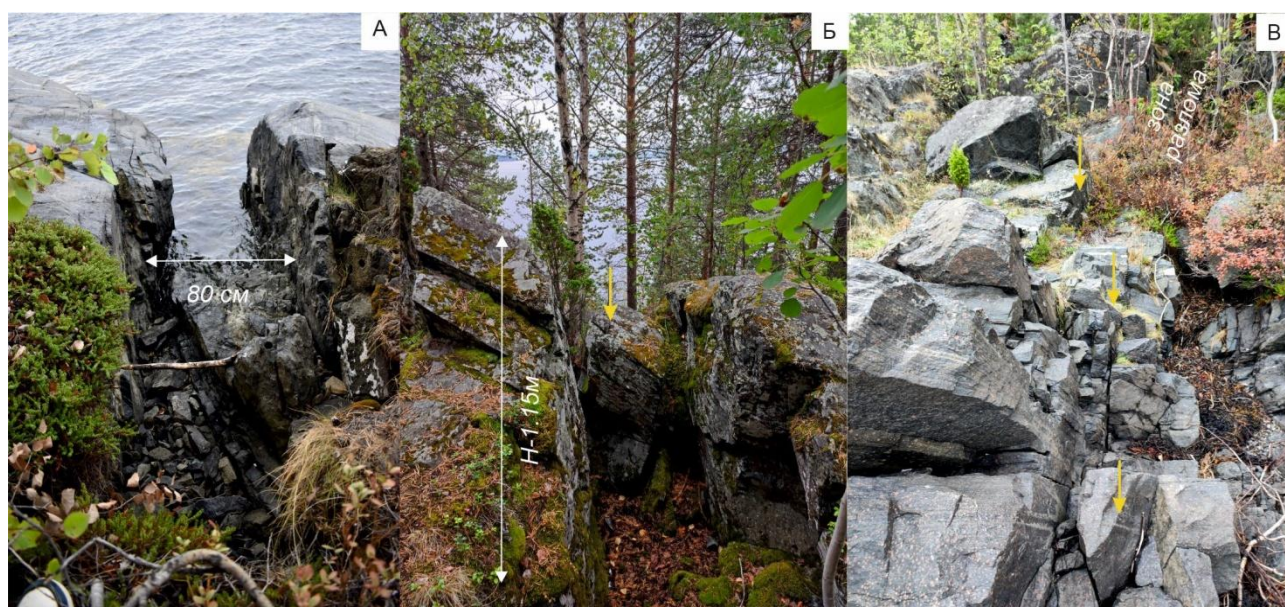


Рис. 3. Сеймотектонические рвы в подножии г. Крестовой у м. Зимец: устьевая (прибрежная) часть рва, продолжающаяся в акваторию (А); трещина-ров с заклиниванием крупной глыбы (показана стрелкой) (Б); зона дробления пород (В).

Геологическим доказательством голоценовой активности разломной зоны являются и результаты изучения донных осадков озер на о-ве Олений [Колька и др., 2018; 2019]. В керлах озер обнаружены стратиграфические несогласия, деформации состава осадков в виде муаровых текстур, инверсии возрастов, что предположительно может указывать на явления, происходящие при сейсмическом воздействии на осадки во время их формирования. Кроме того, на активное проявление здесь собственно тектонических восходящих движений указывает и быстрая регрессия береговой линии моря и отчленение этих озерных котловин, происходящих на фоне замедленного регионального поднятия этой части Балтийского щита [Колька и др., 2019]. Проведенные исследования показали, что изоляция от моря изученных озер произошла в позднем голоцене, а рассчитанная для этой части суши средняя скорость ее поднятия в этот же период времени составила 0,45 метра за 100 лет. Это примерно в полтора раза быстрее, чем в других районах на побережье Кандалакшского залива [Колька и др., 2018]. То есть, полученные данные свидетельствуют о позднеголоценовом дифференцированном поднятии, отличающемся по скорости на бортах Колвицкого грабена и в его средней части. В это время возникли и деформации в донных осадках озер. Так устанавливается наиболее вероятный возраст

сейсмодислокации «Чертова Лыжня» (или ее подновления-моделирования) – поздний голоцен.

Рвы и трещины, как и другие аналогичные проявления сейсмотектоники, достаточно широко развиты как вдоль зоны береговых обрывов г. Крестовая, так и всего северного побережья Кандалакшского залива. Вероятнее всего, они являются следами сильных позднеплейстоцен-голоценовых землетрясений, параметризация которых в настоящее время устанавливается, а сведения активно пополняются.

Заключение. Многочисленные послеледниковые нарушения скальных пород в кутовой, наиболее раздробленной части Кандалакшского залива, включающего и участок м. Монастырский Наволок – м. Зимец, в основном представлены структурами растяжения (зияющими трещинами и сбросовыми рвами). Вероятно, образование их обусловлено опусканием котловины Колвицкого грабена, которое происходило на фоне общего поднятия всего Кольского региона и активизацией поперечных к грабену структур СВ простирания. Существующие различия в амплитудах движений, в скорости поднятия создавали локальные возмущения в напряженном состоянии земной коры, имеющей блоковое строение. Эти локальные возмущения и способствовали развитию вдоль бортов грабена сопряженной системы трещин и разломов, обеспечивающих разрядку аномального стресса. При опускании котловины грабена происходили импульсные разрядки с быстрыми смещениями мелких блоков. Они и приводили к образованию различных разрывных дислокаций, в том числе и сейсмодислокаций. Сбросо-сдвиг, с амплитудой вертикального смещения около 70 м, сформировавший Колвицкий грабен и продолжающий Кандалакшский рифт вглубь Беломорского геоблока [Балуев и др., 2012], неоднократно проявлял активность на протяжении последних 10–13 тыс. лет, генерируя различные сейсмические проявления, в том числе и обследованные в районе м. Зимец.

Исследования в этом направлении будут продолжены и сосредоточены на определении параметров палеоземлетрясений: уточнении возраста и периодичности сейсмических событий и оценки их интенсивности.

Финансирование. Работа выполнена в рамках госзадания по теме НИР ГИ КНЦ РАН г. Апатиты, FMEZ-2024-0007.

ЛИТЕРАТУРА

Авенариус И.Г. Морфоструктурный анализ при изучении культурного и природного наследия Западно-Арктического региона России. М.: Paulsen, 2010. 190 с.

Балаганский В.В., Горбунов И.А., Мудрук С.В. Палеопротерозойские Лапландско-Кольский и Свекофеннский орогены (Балтийский щит) // Вестник КНЦ РАН. 2016. № 3 (26). С. 5–11.

Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехин Е.Н., Пржиялговский Е.С. Тектоника Белого моря и прилегающих территорий (Объяснительная записка к «Тектонической карте Белого моря и прилегающих территорий» масштаба 1:15000000). М.: ГЕОС, 2012. 104 с.

Верзилин Н.Н., Бобков А.А. По следам послеледниковых сейсмических проявлений в северо-восточном ограничении губы Чупа Белого моря // Геология, геоэкология, эволюционная география / Под ред. Е.М. Нестерова. СПб.: Эпиграф, 2008. С. 37–40.

Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / Под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукина. Кн. 1: Землетрясения. – Петрозаводск: изд. КарНЦ РАН, 2007. 381 с.

Колька В.В., Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Корсакова О.П. Литология и микропалеонтология донных отложений малого озера острова Олений в Кандалакшском заливе Белого моря // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2018. №5. С. 33–40. doi: 10.19110/2221-1381-2018-5-33-40

Колька В.В., Корсакова О.П., Толстобров Д.С., Лаврова Н.Б., Шелехова Т.С., Толстоброва А.Н. Остров Олений (Кандалакшский Залив Белого моря) как важный объект

изучения блоковых неотектонических движений // Геология морей и океанов: Материалы XXII международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. М.: ИО РАН, 2019. С. 137–141.

Лукашов А.Д. Геодинамика новейшего времени, в Шаров, Н.В. (под ред.), Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. С. 150–191.

Мараханов А.В., Романенко Ф.А. Новые данные о послеледниковых сейсмодислокациях Северной Карелии (Карельский берег Белого моря) // Юдахинские чтения. Геодинамика и экология Баренц-региона в XXI в.: Мат. докл. Всеросс. конф. с международ. участием. Архангельск: ИЭП Севера, 2014. С.137–140.

Минкин А.А. Топонимы Мурмана. Мурманск: Мурман. кн. изд-во, 1976. 206 с.

Николаева С.Б. Послеледниковая тектоника и палеосейсмодислокации в районе «Ковды» (Кандалакшский залив, восточная часть Фенноскандинавского щита) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. Т.64. Вып. 3. С. 434–453. doi:10.21638/spbu07.2019.304

Рыбалко А.Е., Корнеев Ю.О. Государственный мониторинг состояния геологической среды шельфа на примере его проведения в Кандалакшском заливе Белого моря // Российские полярные исследования. 2014. №1 (15). С. 10–16.

Рыбалко А.Е., Щербаков В.А., Токарев М.Ю., Кудинов А.А., Беляев П.Ю., Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Терехина Я.Е., Иванова В.В., Сличенков В.И. Роль современных геодинамических процессов в формировании рельефа дна и побережья Белого моря // Геотектоника. 2024. №1. С.71-87. doi: 10.31857/S0016853X24010044

Шевченко Н.В., Кузнецов Д.Е., Ермолов А.А. Сейсмотектонические проявления в рельефе берегов Белого моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2007. № 3. С. 44–49.

Шварев С.В., Бондарь И.В., Романенко Ф.А., Луговой Н.Н. Голоценовые палеосейсмодетформации на островах Кузокоцкого архипелага (Кандалакшский залив Белого моря, Восточная Фенноскандия) // Геофизические процессы и биосфера. 2022. Т. 21. № 2. С. 9–43. doi: 10.21455/GPB2022.2-2

McCalpin J.P. Paleoseismology// Burlington: Academic Press, 2009. 801 p.

PRELIMINARY RESULTS OF PALEOSEISMO-GEOLOGICAL STUDIES IN THE AREA OF CAPE ZIMETS (KANDALAKSHA BAY OF THE WHITE SEA)

Nikolaeva S.B.

Geological Institute of Kola Science Center RAS, Apatity, Russia

The article presents new preliminary data on Holocene seismic dislocations obtained as a result of field palaeoseismic geological works in the area of the northern coast of the Kandalaksha Bay of the White Sea (Kola Peninsula, northwestern Russia). Local Late- and Postglacial relief disturbances and rock displacements resulting from strong seismic impacts are considered. We present data indicating dynamic (seismic) impact on rocks. According to the complex of geological and geomorphological features in the area of Cape Zimets the area of concentration of seismic dislocations, which occurred repeatedly in the Late Glacial and during the Holocene, was identified. The studied seismic dislocations belong to the tectonic zone of north-eastern extension, transverse to the main structures of the Kandalaksha graben, the activation of which occurred in the late Holocene.

Keywords: *palaeoeearthquakes, seismic dislocations, Kandalaksha Graben, Kolvitsky Graben, White Sea, Holocene, Kola Peninsula, Fennoscandian Shield*

REFERENCES:

Avenarius I.G. Morphostructural analysis in the study of cultural and natural heritage of the West Arctic region of Russia. Moscow: Paulsen, 2010. 190 p. (in Russ)

Balagansky V.V., Gorbunov I.A., Mudruk S.V. Palaeoproterozoic Lapland-Kola and Svekofenian orogens (Baltic Shield) // Bulletin of the KSC RAS. 2016. № 3 (26). P. 5-11. (in Russ).

Baluev A.S., Zhuravlev V.A., Terekhin E.N., Przhiyalgovsky E.S. Tectonics of the White Sea and Adjacent Territories (Explanatory note to the "Tectonic map of the White Sea and adjacent territories" scale 1:15000000). M.: GEOS, 2012. 104 p. (in Russ).

Verzilin N.N., Bobkov A.A. On the traces of postglacial seismic manifestations in the northeastern limitation of the Chupa Bay of the White Sea // *Geology, Geoecology, Evolutionary Geography* / Edited by E.M. Nesterov. SPb.: Epigraf, 2008. P. 37-40. (in Russ).

Earthquakes and Microseismicity in Problems of Modern Geodynamics of the East-European Platform / Edited by N.V. Sharov, A.A. Malovichko, Y.K. Shchukin. Book 1: Earthquakes. - Petrozavodsk: Izd. KarRC RAS, 2007. 381 p. (in Russ).

Kolka V.V., Shelekhova T.S., Lavrova N.B., Korsakova O.P. Lithology and micropaleontology of bottom sediments of the small lake of Oleniy Island in the Kandalaksha Bay of the White Sea // *Vestnik IG Komi NTs Ural RAS*. 2018. №5. P. 33-40. doi: 10.19110/2221-1381-2018-5-33-40

Kolka V.V., Korsakova O.P., Tolstobrov D.S., Lavrova N.B., Shelekhova T.S., Tolstobrova A.N. Oleniy Island (Kandalaksha Bay of the White Sea) as an important object of study of block neotectonic movements // *Geology of Seas and Oceans: Proceedings of the XXII International Scientific Conference (School) on Marine Geology. VOL. III*. M.: IO RAN, 2019. P. 137-141. (in Russ).

Lukashov A.D. Geodynamics of Recent Time, in Sharov, N.V. (ed.), *Depth Structure and Seismicity of the Karelian Region and its Framing*. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of RAS, 2004. pp. 150-191. (in Russ).

Marakhanov A.V., Romanenko F.A. New Data on Postglacial Seismic Dislocations in Northern Karelia (Karelian Coast of the White Sea) // *Yudakhinskiye Readings. Geodynamics and Ecology of the Barents Region in the XXI century: Proceedings of the All-Russian Conf. with International Participation*. Arkhangelsk: IEP of the North, 2014. P. 137-140. (in Russ).

Minkin A.A. Toponyms of Murman. Murmansk: Murm. book publishing house, 1976. 206 p. (in Russ.).

Nikolaeva S.B. Postglacial tectonics and paleoseismic dislocations in the area of "Kovda" (Kandalaksha Bay, eastern part of the Fennoscandian Shield) // *Vestnik of St. Petersburg University. Earth Sciences*. 2019. Vol. 64. Is. 3. P. 434-453. doi:10.21638/spbu07.2019.304

Rybalko A.E., Korneev Yu.O. State monitoring of the state of the geological environment of the shelf on the example of its conduct in the Kandalaksha Bay of the White Sea // *Russian polar research*. 2014. №1(15). P. 10-16. (in Russ.).

Rybalko A.E., Shcherbakov V.A., Tokarev M.Yu., Kudinov A.A., Belyaev P.Yu., Repkina T.Yu., Zaretskaya N.E., Terekhina Ya E., Ivanova V.V., Slichenkov V.I. Influence of modern geodynamic processes on the formation of the coastal relief and seabed of the White sea // *Geotectonics*. 2024. Vol .58. Is. 1. P. 41-55. doi: 10.1134/s0016852124700031

Shevchenko N.V., Kuznetsov D.E., Ermolov A.A. Seismotectonic manifestations in the relief of the White Sea shores // *Vestnik. Mosk. un-ta. Ser. 5: Geography*. 2007. № 3. P. 44-49. (in Russ.).

Shvarev S.V., Bondar I.V., Romanenko F.A., Lugovoi N.N. Holocene paleoseismodeformations on the islands of the Kuzokotsky Archipelago (Kandalaksha Bay of the White Sea, Eastern Fennoscandia) // *Geophysical Processes and Biosphere*. 2022. T. 21, № 2. P. 9-43. doi: 10.21455/GPB2022.2-2

McCalpin J.P. *Paleoseismology*// Burlington: Academic Press, 2009. 801 p.