

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-238-244



НОВОЕ В СТАРЕНЬКОМ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ РАБОТ В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ В 2023 ГОДУ

✉ Рыбалко А.Е.^{1,2,3}, Алешин М.И.^{4,5}, Токарев М.Ю.⁶, Беляев П.Ю.¹, Кудинов А.А.^{1,2},
Локтев А.С.³, Савельева Л.А.², Щербаков В.А.¹

¹ФГБУ «ВНИИОкеанология», Санкт-Петербург, Россия

²Институт наук о Земле СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

³ООО «ЦМИ МГУ им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия

⁴Научная компания «Сплит», Москва, Россия

⁵Институт Физики Земли РАН, Москва, Россия

⁶МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

✉ alek-rybalko@yandex.ru

В докладе рассмотрены результаты полевых геолого-геофизических работ в Белом море в 2023 г. Используются также данные интерпретации сейсмоакустических работ и геологического пробоотбора в 2022 году в центральной части Кандалакшского залива. Показано, что по мере движения к кутовой части Кандалакшского залива происходит уменьшение четвертичного покрова, появление сплошного покрова моренных отложений. При этом резко сокращается мощность надледниковых осадков и, в конце концов, полностью из разреза выпадает мощный горизонт ледниково-морских осадков. Все это требует ревизии взглядов на развитие северо-западной части Белого моря.

Ключевые слова: *Белое море, Кандалакшский залив, четвертичные отложения, сейсмоакустическое профилирование, палеогеография позднего неоплейстоцена и голоцена*

К Кандалакшскому заливу Белого моря, как ни к какому другому району шельфовых морей России, подходят слова «прекрасно изученный в геологическом отношении район». В 60-х годах прошлого года здесь работала экспедиция ИО СССР под руководством Е.Н. Невесского [*Невесский и др., 1976*]. В период с 1970 по 1976 г.г. на кандалакшском шельфе были составлены первые геологические карты морского дна в масштабе 1:200000 и впервые были проведены площадные сейсмоакустические работы [*Спирidonov и др., 1980*]. Новый этап исследований геологического строения, включая его четвертичный покров, в начале 2000 годов связан с проведением регионального геологического профиля АР-3 и составлением комплекта Госгеолкарт-1000 [*Астафьев и др., 2012*]. В этой части Белого моря проводились научные исследования по НЦП «Мировой океан», под руководством акад. А.П. Лисицина (первая половина двухтысячных годов [*Рыбалко и др., 2017*]). Наконец, в проливе Великая Салма находится один из наиболее изученных сейсмоакустическими методами полигон геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова [*Старовойтов и др., 2018*]. Однако, и в этом прекрасно изученном районе имеются участки, где геологическое строение на официальных геологических картах нарисовано по интуиции их составителей и на них практически отсутствует как геологический пробоотбор, так и площади, покрытые современными сейсмоакустическими методами. К подобным районам относится верхняя часть Кандалакшского залива, известная под местным названием «Кандалуха» и протягивающаяся от линии Порья губа - о-в Великий до ее самой вершины, где находится порт Кандалакша. В южной части описываемого района, вплоть до губы Ковда был выполнен редкий геологический пробоотбор в рамках геологического картирования (1973 г.). В вершине Кандалакшского залива уже в 2011 году в рамках проведения Государственного мониторинга шельфа были выполнены сейсмоакустические работы, сопровождающиеся ковшовым пробоотбором.

В 2023 году обстоятельства сложились так, что геолого-геофизические работы проводились в рамках различных проектов несколько раз. При этом сейсмоакустическое

профилирование, относящееся по частотным характеристикам к ССВР, было исполнено специалистами научной компании «Сплит». Данная методика предусматривает изучение верхней части разреза на глубину до 100 м от дна, с разрешающей способностью до 0,5–2 м. Для проведения работ использовался аппаратно-программный комплекс SplitMultiSeis, включающий в себя многоканальную аналоговую сейсмическую косу SplitMultiSeisstreamer16ch, электроискровой источник упругих волн SplitMultiSeissparkер, систему синхронизации и сбора данных. В течение 2023 г работы последовательно исполнялись на трех участках: Анзерский плес в районе Соловецких островов, в верхней части Кандалакшского залива, напротив губы Княжой и недалеко от входа в залив Колвица. Также были использованы результаты сейсмоакустических работ 2022 года в центральной части Кандалакшского залива, на гряде островов Средние луды (рис. 1).



Рис. 1 Районы полевых работ на Белом море в 2023 году. 1- Анзерский плес, Соловецкие острова, 2- центральная часть Кандалакшского залива, Средние луды, 3 два участка специальных работ: снизу – Княжая Губа, сверху – губа Колвица.

Весной были выполнены достаточно давно проектируемые работы на плесе между островами Большой Соловецкий и Анзерский. Единичный пробоотбор в 1989 году в этом районе при попутных работах установил, что именно здесь накапливались в позднем неоплейстоцене-голоцене терригенно-карбонатные осадки с большим количеством малакофауны. Это место было посещено экспедицией А.П. Лисицина, где были отобраны пробы на абсолютный возраст [Полякова и др., 2014], но полной палеогеографической характеристики здесь получено не было. В рамках гранта РФФ 22-17-00081, посвященного характеристике развития Белого моря на рубеже позднего неоплейстоцена-голоцена по результатам совместных исследований на суше и шельфе, в 2022 и 2023 году были проведены наземные работы на острове Большой Соловецкий, чему посвящены другие доклады на нашем совещании. В июне месяце были организованы комплексные геолого-геофизические исследования на Анзерском плесе, представляющем в бореальное время лагуну с водой, средняя температура в которой на 2-3° превышала современную, что и создало благоприятные условия для развития здесь малакофауны. Впервые здесь были

проведены сейсмоакустические исследования (данные еще обрабатываются) и колонковый пробоотбор. Уже выполненные томографические исследования показали наличие большого количества раковин в керне, что позволяет надеяться на получение датировок, которые совместно с датировками, полученными на суше, позволят детально рассмотреть историю формирования рельефа и четвертичных отложений Соловецкого архипелага в позднем неоплейстоцене-голоцене.

Но самые интересные данные были получены именно в Кандалакшском заливе. В рамках уже упомянутого гранта РФ были обработаны данные сейсмоакустического профилирования (все сейсмоакустические работы были выполнены научной компанией «Сплит»), проведенного в 2022 году, а также первые результаты обработки кернов колонкового пробоотбора, выполненного в том же году. Съёмочный полигон располагался у подножия гряды, на котором расположены о-ва Средние луды. Эта гряда отделяет глубоководную часть Кандалакшского залива, выполненную верхнепротерозойскими отложениями Терской свиты, от узкой северо-западной части его, особенности строения которой позволили А.С. Балуюеву с коллегами (ГИН РАН) относить ее к молодому кайнозойскому рифту [Балуев, Журавлев, 2017]. В глубоководной части Кандалакшского залива были установлены многочисленные разломы, формирующие крутые берега так называемого «Кандалакшского грабена», причем в позднем неоплейстоцене, после отступления ледника здесь накапливались ледниково-морские слоистые осадки, сменившиеся в голоцене относительно мощной толщей морских нефелоидных алевроглинистых осадков. Подробная стратиграфия этих отложений была описана раньше по итогам морских геологосъёмочных работ в 70-х годах прошлого века [Рыбалко и др, 2017]. Это все прекрасно зафиксировано по данным многоканального высокоразрешающего сеймопрофилирования (рис. 2).

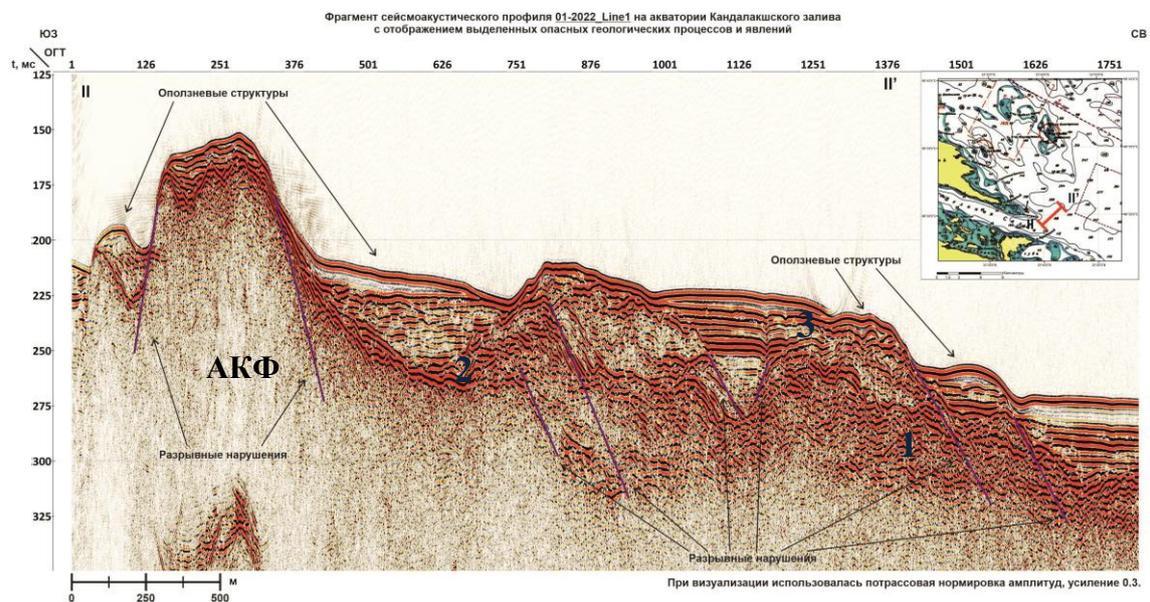


Рис. 2. Сейсмограмма южного склона Кандалакшского залива. Отчетливо видно наличие многочисленных разломов, формирующих склон Кандалакшского грабена и наличие нормального для Кандалакшского залива сейсморазреза: архей-протерозойские кристаллические породы (АКФ) – ледниковые отложения (1) – ледниково-морские слоистые отложения (2) – морские нефелоидные алевропелитовые отложения (3).

Сама гряда, представляющая выход на поверхность дна кристаллических пород, имеет очень сложное блоковое строение с отдельными локальными бассейнами седиментации, где происходит накопление мощных толщ ледниково-морских осадков.

Такое может происходить непосредственно перед фронтом тающего ледника, край которого длительное время оккупировал эту гряду. Характерно, что поступление большого количества взвешенного материала из под ледника приводило к частому перемию толщ, одним из следствием которого возможно являлись плохие условия для сохранения палинологических спектров. Но и в голоцене разрезы морских отложений, отобранных во впадинах на склонах, не отличаются выдержанностью и последовательностью. Причина – обилие склоновых отложений, деятельность которых, возможно, на ранних стадиях голоцена контролировалась сеймотектоническими процессами (рис. 3). При этом было обнаружено, что часть этой гряды в южной (Карельской) части залива сложена слоистыми отложениями, которая заставляет предположить ее верхнепротерозойский возраст. В этом случае мы имеем дело с крупной гляциодислокацией, что еще раз подтверждает правильность реконструкции краевой гряды на поднятии Средних луд.

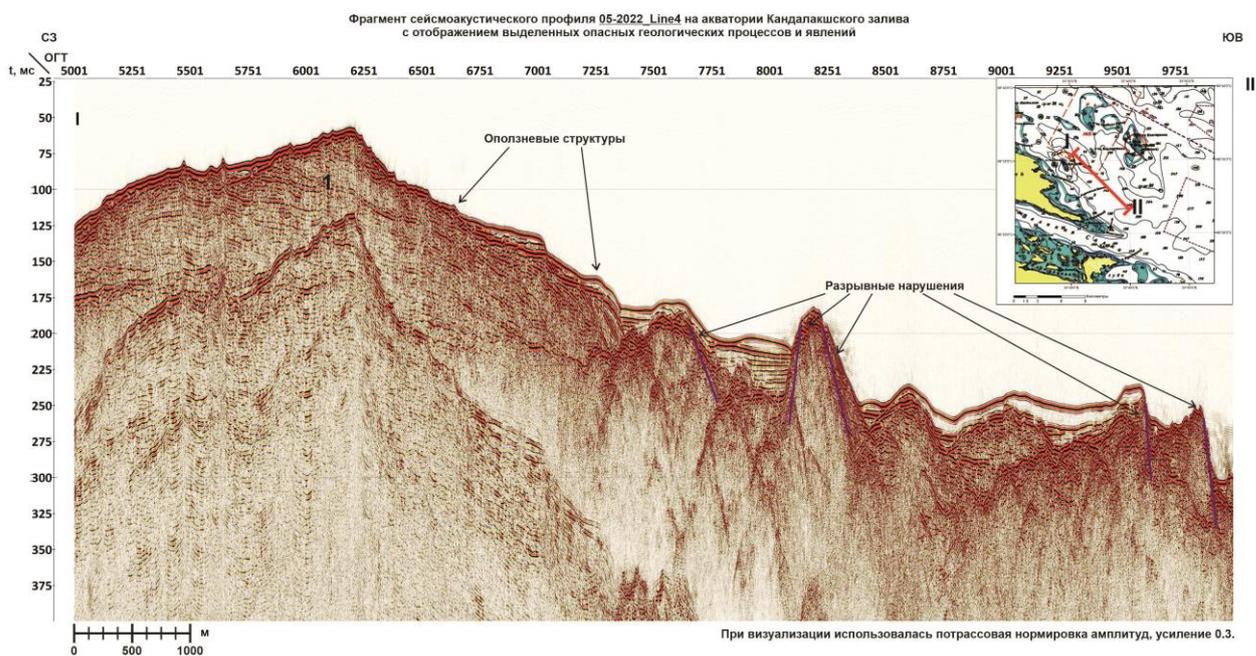


Рис. 3. Сеймопрофиль вкрест поперечной гряде, перегораживающей Кандалакшский залив. Условные обозначения см. рис. 2. Цифрой 1 на сейсмограмме показан блок слоистых пород, имеющий рельефообразующее значение. Предполагается, что это сеймодислокация рифейских пород.

Что касается разреза, то независимо от его положения можно выделить все элементы опорного сеймостратиграфического разреза Белого моря: архей протерозойские кристаллические породы (АКФ) – ледниковые отложения - ледниково-морские слоистые отложения – морские нефелоидные алевропелитовые отложения, т.е можно предполагать, что по мере таяния и отступления ледника вначале возник приледниковый бассейн, рано получивший соединение с открытым морем. Постепенно, после окончательного прорыва вод в аллереде через Горло Белого моря, здесь установился нормальный морской режим [Рыбалко и др., 2017]. При этом биостратиграфические исследования подтвердили верхнеплейстоценовый возраст слоистых отложений, что является и доказательством, что в это время существенное влияние на осадконакопление оказывал скандинавский ледник.

В июле и августе в верхней части Кандалакшского залива (в Кандалухе) были проведены специальные работы, которые предварялись сейсмоакустическим профилированием. В южном районе, напротив губы Княжой губы участок работ был приурочен к дну ложбины, протягивающейся вдоль всей Кандалухи. Мощность четвертичных отложений здесь составляет от 3 до 15 м. При этом по данным

интерпретации сейсмических данных разрез на юго-западе (на склоне) представлен только моренными отложениями, перекрытыми морскими илами, а на северо-востоке, во впадине, мы можем наблюдать полный сеймостратиграфический разрез, включающий и толщу ледниково-морских отложений. Ледниковые образования просматриваются на всем профиле, облекают доледниковый рельеф и имеют мощность от 5 до 9м (рис. 4).

Еще более интересными представляются сеймопрофили на северном участке у начала губы Колвица. Здесь четвертичные отложения практически сложены только ледниковыми образованиями и только в депрессиях ледникового рельефа отмечается небольшой по мощности слой голоценовых илов. Эти данные заверены колонковым проботбором, а наличие ледниковых отложений и их вещественный состав – материалами инженерно-геологического бурения. Складывается впечатление, что осадконакопление (морское нефелоидное) здесь началось совсем недавно, а в позднеледниковое время, в позднем неоплейстоцене здесь практически не было осадконакопления (или соответствующие этому времени осадки были смыты, что трудно представить для всей площади). Подобная схема находится в явном противоречии с ранее полученными данными, когда на глубинах менее 60м (на последнем участке глубины колеблются от 40 до 20м) голоценовые морские осадки практически полностью отсутствуют (кроме губ-залитов), а разрез представлен исключительно слоистыми отложениями ледниково-морского и ледниково-озерного генезиса, непосредственно залегающими на морене последнего оледенения. Кроме того, сами моренные отложения представлены здесь сплошным горизонтом, в отличие от восточных районов Белого моря, где участки с ледниковыми отложениями в основании разреза чередуются с зонами, где моренные образования по данным сейсмоакустического профилирования отсутствуют.

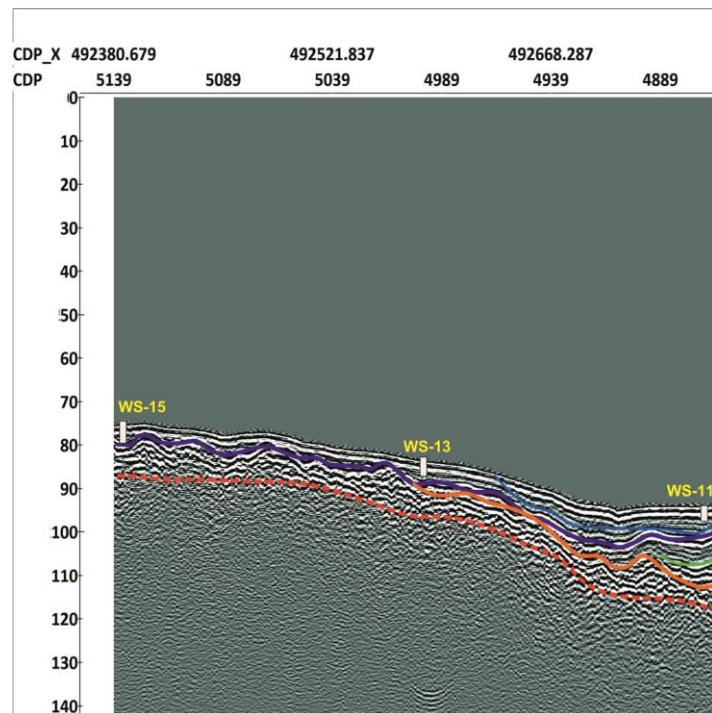


Рис. 4. Профиль WS-15 - WS.11. Условные обозначения: фиолетовая линия – подошва голоценовых нефелоидных илов; голубая линия –рефлектор, разделяющий нефелоидные илы верхне-среднего от нижнего голоцена, коричневая линия – кровля морены, красный пунктир – кровля кристаллического фундамента.

Полученные данные показывают существенные отличия в разрезе четвертичного покрова в разных районах западной части Белого моря, что требует коррекции в схеме его палеогеографического развития в позднем неоплейстоцене – голоцене. Данный вывод

наглядно иллюстрирует положение, что детальные работы даже в уже хорошо изученных районах могут дать очень интересные и, по-новому, раскрывающему предмет исследования результаты.

Благодарности. Авторы выражают благодарность научной компании «Сплит» за проведенные сейсмоакустические исследования. Работы были выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-17-00081.

ЛИТЕРАТУРА

Астафьев Б.Ю., Богданов Ю.Б., Воинова О.А., Воинов А.С., Рыбалко А.Е. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Q-(35), 36 – Апатиты. Объяснительная записка. СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 436 с.

Балуев А.С., Журавлев В.А. Геологическое строение и тектоническая эволюция дочетвертичного ложа Белого моря и прилегающих территорий // Система Белого моря. Т.IV: Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017. С.9–16

Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1976. 240с.

Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П., Баух Х.А., Рыбалко А.Е. Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря // Доклады РАН. 2014. Т. 454. №4. С. 467–473. doi: 10.7868/S0869565214040203

Рыбалко А.Е., Журавлев В.А., Семенова Л.Р., Токарев М.Ю. Четвертичные отложения Белого моря и история развития современного Беломорского бассейна в позднем неоплейстоцене-голоцене // Система Белого моря. Т. IV. Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017. С 16–84.

Спирidonов М.А., Девдариани Н.А., Калинин А.В., Кропачев Ю.П., Мануйлов С.Ф., Рыбалко А.Е., Спиридонова Е.А. Геология Белого моря // Советская геология. 1980. № 4. С. 45–55.

Старовойтов А.В., Токарев М.Ю., Терехина Я.Е., Козуница Н.А. Строение осадочного чехла Кандалакшского залива Белого моря по данным сейсмоакустики // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 2018. № 2. С. 81-92. doi:10.33623/0579-9406-2018-2-81-92

NEW IN THE OLD: RESULTS OF FIELD WORK IN THE KANDALAKSHA BAY OF THE WHITE SEA IN 2023

Rybalko A.E.^{1,2,3}, Aleshin M.I.^{4,5}, Tokarev M.Yu.⁶, Belyaev P.Yu.¹, Kudinov A.A.^{1,2}, Loktev A.S.³, Savelyeva L.A.², Shcherbakov V.A.¹

¹VNIIOkeanologiya, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³ LLC CMI MSU named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

⁴Scientific company “Split”, Moscow, Russia

⁵Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia

⁶Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The report examines the results of field geological and geophysical work in the White Sea in 2023. Data from the interpretation of seismoacoustic work and geological sampling in 2022 in the central part of Kandalaksha Bay were also used. It is shown that as one moves towards the apex of Kandalaksha Bay, the Quaternary cover decreases and a continuous cover of moraine deposits appears. At the same time, the thickness of supraglacial sediments sharply decreases and, in the end, a thick horizon of glacial-marine sediments completely falls out of the section. All this requires a revision of views on the development of the northwestern part of the White Sea.

Keywords: *White Sea, Kandalaksha Bay, Quaternary deposits, seismoacoustic profiling, paleogeography of the Late Pleistocene and Holocene*

REFERENCES

- Astafiev B.Yu., Bogdanov Yu.B., Voinova O.A., Voinov A.S., Rybalko A.E.* and others. State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000 (third generation). Baltic series. Sheet Q-(35), 36 – Apatity. Explanatory letter. St. Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory, 2012. 436 p.
- Baluev A.S., Zhuravlev V.A.* Geological structure and tectonic evolution of the pre-Quaternary bed of the White Sea and adjacent territories // System of the White Sea. T.IV: Sedimentation processes, geology and history. M.: Scientific world, 2017. pp. 9–16
- Nevesky E.N., Medvedev V.S., Kalinenko V.V.* White Sea. Sedimentogenesis and history of development in the Holocene. M.: Nauka, 1976. 240 p.
- Polyakova Ye.I., Novichkova Ye.A., Lisitzin A.P., Bauch H.A., Rybalko A.Ye.* Modern data on the biostratigraphy and geochronology of White sea sediments // Doklady Earth Sciences. 2014. Vol. 454. № 2. P. 169-174. doi: 10.1134/S1028334X14020032
- Rybalko A.E., Zhuravlev V.A., Semenova L.R., Tokarev M.Yu.* Quaternary sediments of the White Sea and the history of the development of the modern White Sea basin in the late Neopleistocene-Holocene // System of the White Sea. T. IV. Sedimentation processes, geology and history. M.: Scientific world, 2017. pp. 16–84.
- Spiridonov M.A., Devdariani N.A., Kalinin A.V., Kropachev Yu.P., Manuylov S.F., Rybalko A.E., Spiridonova E.A.* Geology of the White Sea // Soviet Geology. 1980. No. 4. P. 45–55.
- Starovoytov A.V., Tokarev M.Yu., Terehina Y.E., Kozupitsa N.A.* The sedimentary cover structure of the Kandalaksha gulf of the White sea) according to continuous seismic profiling data // Moscow University Bulletin. Series 4. Geology. 2018. No. 2. P. 81-92. doi:10.33623/0579-9406-2018-2-81-92