

doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-311-320



НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ДНА КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ (ИТОГИ ГРАНТА РФ)

✉ Рыбалко А.Е.^{1,2,3}, Токарев М.Ю.⁴, Репкина Т.Ю.^{1,5}, Кудинов А.Ю.², Алешин М.Ю.^{4,6,7},
Терехина Я.Е.⁴, Беляев П.Ю.¹, Сергеев А.Ю.⁸, Дронь О.В.⁸, Старовойтов А.В.⁴, Хлебникова
О.А.⁴, Бабушкина К.В.⁴, Бирюк М.А.⁸

¹ ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

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

³ ООО Морской центр, Москва, Россия

⁴ Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁵ Институт географии РАН, Москва, Россия

⁶ Научная компания «Сплит», Москва, Россия

⁷ Институт океанологии РАН, Москва, Россия

⁸ ФГБУ «Институт Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

✉ alek-rybalko@yandex.ru

В работе обсуждаются вопросы строения четвертичного покрова Кандалакшского залива в зоне стыка его глубоководной и мелководной частей. Использование новых сейсмоакустических технологий (многоканальное профилирование в модификации ССВР) позволило существенно расширить представления об этой сравнительно мало исследованной зоне. Вместо сплошного скального основания, которое представлялось по предыдущим работам, эта гряда маркированная выходами скальных островов Средние луды и Наумиха, имеет сложное гетерогенное строение, где наряду с архей-нижнепротерозойскими кристаллическими породами большую роль в формировании рельефа играли как моренные отложения, так и отложения мощных конусов выноса интрагляциальных вод. Распределение разновозрастных четвертичных отложений здесь носит мозаичный характер, чему способствуют новейшие геодинамические движения, определяющие мелкоблоковое строение фундамента, которое играет определяющую роль в распространении рыхлых осадков. Существенно уточнено и строение глубоководной котловины Кандалакшского залива. Установлено несплошное распространение моренных отложений и большая роль ледниковой экзарации в формировании поверхности дочетвертичного фундамента. Выявлены структурные гряды на дне котловины. Показано различное строение южного и северного склонов Кандалакшской котловины. Показано циклическое строение толщи слоистых отложений, позволяющее предполагать раннее развитие пресноводных приледниковых бассейнов, которые начали осолоняться за счет проникновения морских вод в аллереде при сохранении циклического характера осадконакопления.

Ключевые слова: Белое море, Кандалакшский залив, четвертичные отложения, ледниковые отложения, морские нефелоиды, современные геодинамические движения, сейсмоакустические методы

Введение. В рамках проведения работ по гранту РФ № 22-17-00081 «Последний гляциоседиментационный цикл Белого моря: морфо-, лито- и климатостратиграфия, корреляция морских и континентальных архивов» был выполнен комплекс геолого-геофизических работ, включая многоканальное сейсмоакустическое профилирование на ключевом участке «Кандалакшский залив». В работе также использованы материалы сейсмоакустического профилирования в Кандалакшском заливе, выполненном научной компанией «Сплит» в 2021 г по заявке Института Карпинского (ВСЕГЕИ). В ходе этих работ были получены новые данные, существенно уточняющие существовавшие материалы по сейсмостратиграфии четвертичных отложений Белого моря.

Сейсмоакустические исследования всегда играли существенную роль в познании строения четвертичного покрова беломорской впадины. Впервые непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСП) на Белом море было проведено МГУ в 1972 году в рамках опытно-методических геологосъемочных работ (бывшее ВСЕГЕИ). С этого времени этот вид морских геофизических работ занял прочное место в морском

геологосъемочном процессе, в частности в литостратиграфическом расчленении толщи четвертичных отложений и в морских геоморфологических исследованиях. Полученные в ходе морских геологосъемочных работ среднего масштаба в Кандалакшском, Онежском заливах и, а также на Онежско-Соловецком и Кольском склонах глубоководной ложбины Белого моря сейсмоакустические материалы позволили создать сеймостратиграфическую схему четвертичных отложений, включавшую кристаллический фундамент («акустический фундамент»), морену последнего оледенения, надледниковые отложения, включавшие слоистые глины верхнеплейстоценового возраста и морские нефелоиды, которые были развиты преимущественно в пониженных частях рельефа и занимали около 50% морского дна [Рыбалко и др., 2017, Спиридонов и др., 1980]. Эти материалы сыграли существенную роль в создании в составлении комплекта Госгеолкарт-1000, листы Q-35,36.

Новый цикл сейсмоакустических исследований на беломорском шельфе на новых образцах сейсмоакустической аппаратуры, прежде всего с использованием многоканальных систем начался с создания морской геофизической практики на базе ББС МГУ им. М.В. Ломоносова в вершине пролива Великая Салма. В настоящее время этот пролив не только является наиболее изученной сеймопрофилями площадью в пределах Северо-Западных водных бассейнов восточной периферии Балтийского кристаллического щита, но и мощной методической базой развития новейших методов сейсмоакустического профилирования. В результате была существенно уточнена сеймостратиграфическая схема для четвертичных отложений Кандалакшского залива (рис.1), установлена большая роль современных гравитационных движений для формирования рыхлого чехла в пределах глубоководной впадины Кандалакшского залива и его окрестностей [Рыбалко и др., 2020], а также выявлены активные неотектонические (сеймотектонические) проявления, во многом существенно моделирующие донный рельеф и являющиеся современными триггерами для проявления склоновых процессов [Шварев, Никонов, 2018].

Несмотря на высокий уровень изученности в закрытых районах Кандалакшского залива, в открытой его части сейсмоакустическое профилирование практически не проводилось с 70-х годов прошлого века. При этом оставались вопросы о поперечной гряде, разделяющей глубоководную и мелкоководную части Кандалакшского залива и маркированную островами Средние луды, расположенными в средней части этой гряды. Поэтому в рамках гранта РНФ и мониторинговых работ Института Карпинского в этом районе были проведены геофизические съемки. Исполнителем этих работ являлась научная компания «Сплит».

Все геофизические работы выполнялись с борта НИС «Профессор Зенкевич», принадлежащего ББС МГУ им. М.В. Ломоносова. Средняя скорость движения судна во время выполнения НСП составляла 4 узла. За один проход судна выполнялся комплекс геофизических методов: гидролокация бокового обзора (ГЛБО); сейсморазведка сверхвысокого разрешения (ССВР). Для навигационного обеспечения был использован навигационный комплекс на основе u-blox ZED-F9P.

Основной целью этих исследований являлось изучение верхней части разреза отложений на глубину до 100 м от поверхности дна с разрешающей способностью до 0,5-2 м. Этому соответствуют работы методом ССВР. Были использованы: многоканальная сейсмокоса SplitMultiSeisStreamer 16 Chan (количество каналов – 16, шаг между каналами – 2м, частотный диапазон – 60-4000 Гц; сеймостанция SMSbeta 14/16 (количество каналов -16, разрядность АЦП – 14, частотный диапазон – от 1 до 64 000Гц, напряжение питания – 110-250В (50/60Гц), формат записи - SEG-Y, SEG-D); сейсмический накопитель энергии SplitMultiSeisSource 2500-2500 HP (накапливаемая энергия – 300-2500 Дж, потребляемая мощность – 5 кВт, тип разрядника – тиристорный; блок синхронизации SplitMultiSeisSyncroBox 5.0 – 2 шт.

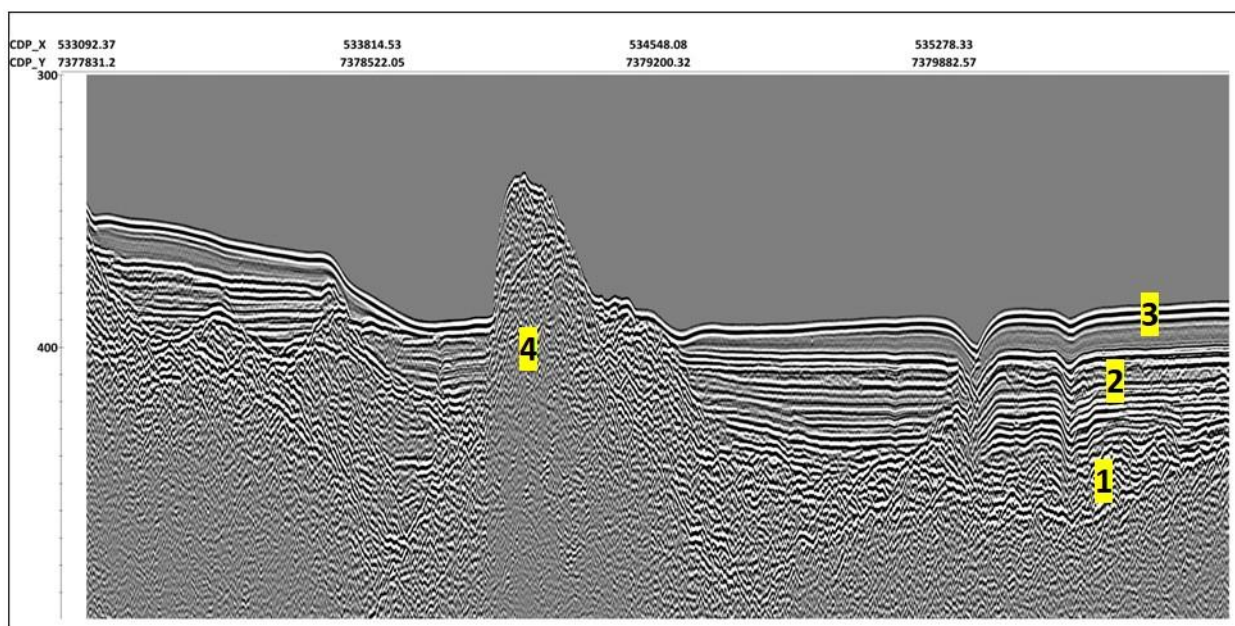


Рис. 1. Фрагмент сейсмопрофиля через центр глубоководной впадины Кандакшского залива. Сеймостратиграфические единицы: 1 – ледниковые отложения (морена) [gIII_{ост}], 2 – сложнопостроенная толща слоистых глин-нижние горизонты ледниково-озерные [lgIII], выше ледниково-морские [gmIII] 3 – морские нефелоидные отложения [mnH]; 4 – скальная гряда.

Сбор данных осуществлялся в программном пакете SborEx, позволяющем оператору производить визуальный контроль качества данных непосредственно в процессе съемки. Обработка данных выполнялась в программном продукте SeisPro 2023.2, разработанным компанией ООО «Деко-геофизика СК».

Результаты работ. Исследования проводились на трех участках: в глубоководной части Кандакшского залива, собственно на гряде и в заградной части узкой части Кандакшского залива, которая носит название «Кандалуха» (рис.2).

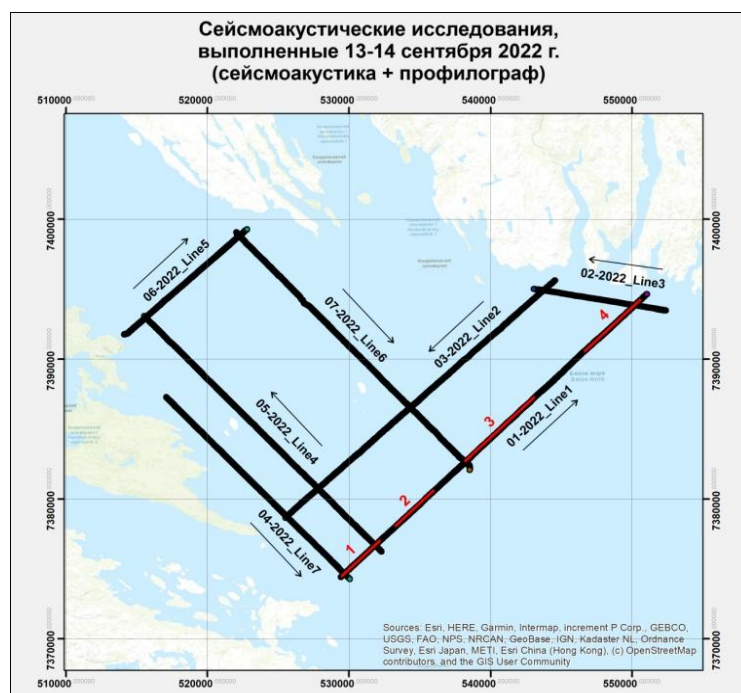


Рис. 2. Схема фактического материала сейсмоакустического профилирования, выполненного в 2022 г. Красным цветом показаны фрагменты, изображенные на рис.3.

Характер залегания четвертичных отложений и особенности рельефа глубоководного Кандалакшского залива представлены на профиле 1, пересекающем акваторию залива. Его можно разбить на четыре секции (рис. 2).

Секция 1 характеризует южный склон Кандалакшского залива (рис. 3а). Он имеет отчетливый ступенчатый характер, обусловленный серией сбросов, которые сохраняют активность, вероятно и в наше время. На каждой из ступеней разрез четвертичных отложений близок к классическому: ледниковые (моренные) (1), ледниково-морские слоистые (2) и морские нефелоидные отложения (3). При этом, характерна значительная мощность ледниково-морских отложений, особенно в верхней части склона (рис. 3). Верхняя часть склона осложнена гравитационными процессами, придающую им черты мелкоступенчатого рельефа.

Подножие склона фиксируется на глубинах порядка 210-215 м. Далее до середины залива располагается морская нефелоидная аккумулятивная равнина голоценового возраста. В основании ее лежат моренные отложения с характерной «хаотической» записью. Однако они не формируют сплошного покрова, как представлялось ранее, а имеют «островное» распространение. Мощность их достигает местами 10 и более метров. Такое распределение указывает, что в момент движения ледника днище желоба представляло собой преимущественно зону экзарации и лишь местами происходило отложение моренного материала. Зонами накопления этих образований были борта ложбины и их подножие.

Толща слоистых отложений (2-й горизонт) имеет большую мощность, особенно в прибортовой части ложбины. На сейсмограммах иногда отчетливо просматривается трехчленное строение этой толщи, что позволяет выделять в основании ледниково-озерные отложения, которые перекрыты сложно построенным горизонтом ледниково-морских образований. Возраст их по ранее проведенным определениям укладывается в верхний неоплейстоцен [Алявдин и др., 1977; Джиноридзе и др., 1979; Рыбалко и др., 2011].

Голоценовые нефелоидные отложения в виде достаточно равномерного по мощности слоя (5-8м), облекающего доголоценовую поверхность, представлены абсолютно прозрачным горизонтом (рис.3а).

Впервые были получены данные о наличии в средней части глубоководного желоба структурного выступа, протягивающегося) до подножия Кольского берега с относительным превышением до 75-80м (рис. 3б). Он характеризуется ступенчатым характером рельефа обоих склонов, при этом отмечается вертикальное смещение слоев голоценовых морских отложений, что указывает на активизацию современных геодинамических движений. Характерно, что на верхней части этого поднятия практически отсутствуют слоистые (ледниково-морские) отложения. Вероятно, это поднятие существовало до начала наступления ледника и служило преимущественно зоной экзарации и последующего накопления (при таянии ледника) моренного материала, а в прилегающей глубоководной части существовал приледниковый локальный бассейн, где последовательно накапливались ледниково-озерные и ледниково-морские осадки.

Северный (Кольский) склон глубоководной котловины Кандалакшского залива резко отличается от южного (рис.3в). Здесь практически отсутствуют проявления тектоники. При сохранении на нем классического разреза четвертичных отложений морского бассейна (морена-надледниковые отложения), отмечается изменение на протяжении склона соотношения различных сейсмогоризонтов. До глубин 200м развита субгоризонтальная аккумулятивная равнина со стандартным разрезом: ледниковые – ледниково-морские – морские отложения. На глубинах 70-200 м склон абразионно-аккумулятивный, причем до глубин 100-120 м он характеризуется классическим, но существенно сокращенным разрезом рыхлых отложений. Мощность его – 30-50 м, ниже видны рифейские песчаники верхнего протерозоя. Вверх склон выполаживается, мощность рыхлых осадков увеличивается до 40-70м. При этом, по геофизическим

данным, они представлены прерывистым покровом морены и толщей слоистых осадков. Морские нефелоидные отложения выклиниваются или становятся очень маломощными (менее 5м), а поверхность дна сложена преимущественно слоистыми ледниково-морскими глинами. С отметок 40-50м крутизна склона резко возрастает, и рельеф становится структурно-денудационным (в основании разреза залегают кристаллические породы). Они покрыты маломощным покровом морены, а в локальных впадинах видимо залегают нижние горизонты ледниково-морских отложений. Мощность покрова рыхлых отложений снижается до 8-10м и менее. Таким образом, полученные новые сейсмоакустические материалы позволили существенно детализировать существующие ранее представления и установить принципиальное различие в проявлении новейшей геодинамики на южном и северном склонах глубоководной впадины Кандалакшского залива.

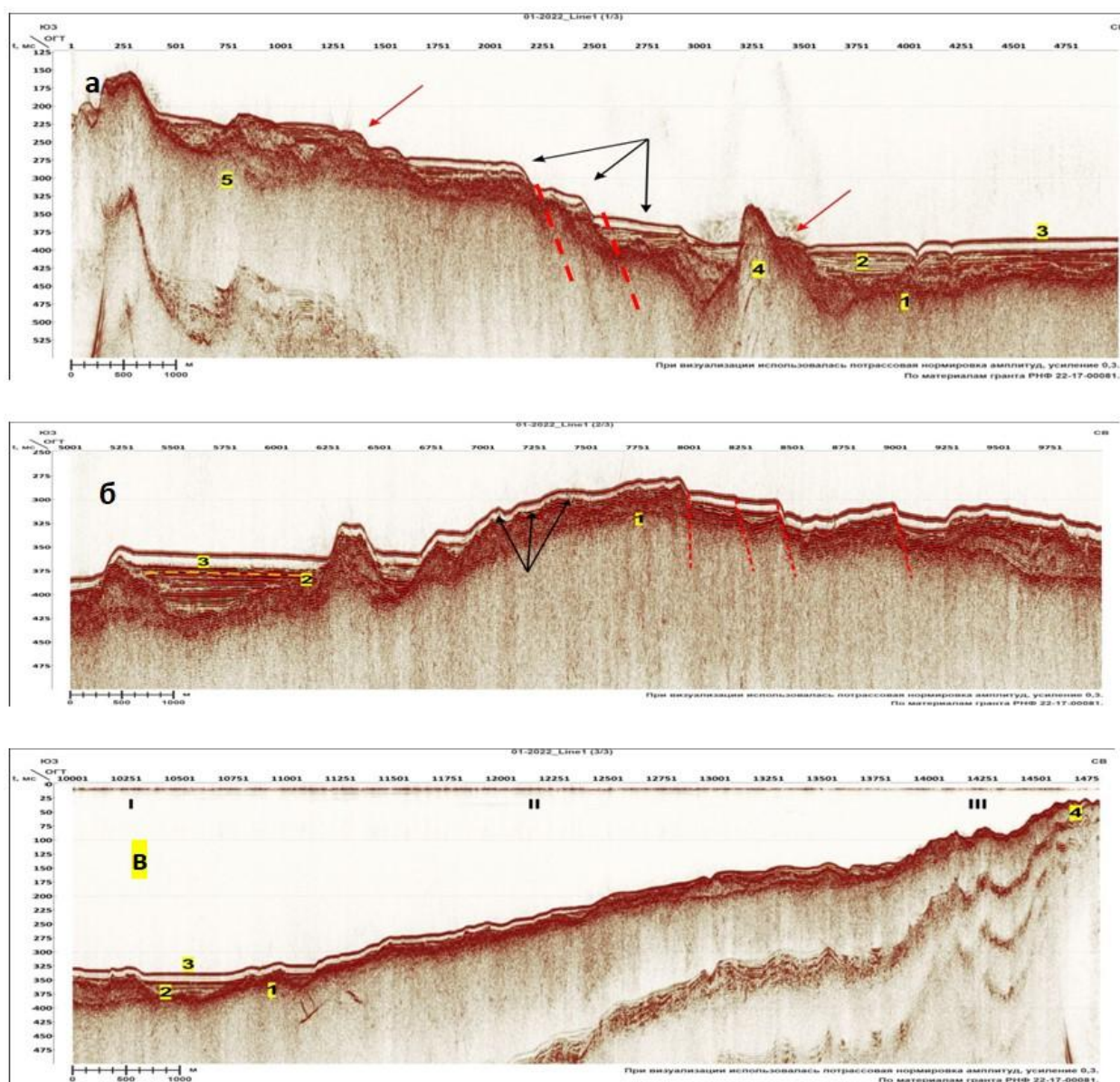


Рис.3. Профиль I (Line1) (положение на рис.2).

а - Юго-западный склон Кандалакшского залива. Цифрами обозначены: 1– ледниковые отложения (gIIIos), 2 – Толща слоистых (ледниково-озерных и ледниково-морских) отложений (lg, tgIII), 3 – морские нефелоидные отложения (mH) 4– скальная гряда, сложенная архей-нижнепротерозойскими породами, 5 – погребенные моренные гряды. Черные стрелки – структурно-гравитационные уступы, красные стрелки – оползни, корасные пунктиры – разломы, активированные в настоящее время. Положение разреза –фрагмент I на рис.2.

б - Центральная часть Канда拉克шского залива. Обозначения цифрами – см. рис.3. Черные стрелки – оползни, красные пунктирные линии – разломы, желтый и зеленый пунктир в толще слоистых осадков – отражающие рефлекторы, свидетельствующие о многофазном накоплении этих осадков. Положение разреза – фрагмент 3 на рис.2. в - Северная часть Канда拉克шского залива. Геоморфологические зоны: I – глубоководная морская аккумулятивная нефеловидная равнина, II – аккумулятивно-абразионный склон (в нижней части с покровом морских нефеловидов, в верхней части – абразионная поверхность ледниково-морских осадков), III – структурно-денудационный ступенчатый склон. Цифрами обозначены: 1 – ледниковые отложения (gIIIos), 2 – толща слоистых (ледниково-озерных и ледниково-морских) отложений (lg, mgIII), 3 – морские нефеловидные отложения (mH), 4 – кристаллические архей-нижнепротерозойские породы. Положение разреза – фрагмент 4 на рис.2.

Представления о строении самой гряды дают профили, пройденные вкрест ее (рис. 2). Так, на профиле 5, протягивающемся вдоль южного берега Канда拉克шского залива в его северо-западной части, развита типичная структурно-денудационная поверхность с глубинами 15-40 м. В отрицательных формах фиксируются скопления моренного материала, иногда слегка прикрытого тонким слоем надледниковых осадков. К юго-востоку выделяется крутой склон до глубин 130-140 м. На бровке отмечается моренный вал мощностью до 30 м, а на самом склоне развиты преимущественно гравитационные осадки: в верхней части – оползнями, переходящими вниз по склону в зону оплывания (слампинг).

Юго-западная часть профиля отделяется от северо-западной узкой ложбиной, являющейся продолжением депрессии входа в губу Бабье море из Канда拉克шского залива и, имеющая, вероятно, структурное происхождение. Дно ложбины выстлано маломощными моренными отложениями, которые перекрыты достаточно мощной (более 30 м) толщей ледниково-озерных и ледниково-морских осадков. Далее профиль проходит к северо-востоку от о-ва Наумиха. Сам остров представлен кристаллическими породами, но вот поднятие вокруг этого острова сложено толщей слоистых пород. Видимо, это очень мощный конус выноса, о чем говорят текстурные особенности этой толщи, причем снос шел в юго-восточном направлении. Мощность данной толщи более 100-120 м (рис. 4). Далее вниз по склону конус выноса вырождается. Возможно, это отложения мощного флювиогляциального потока.

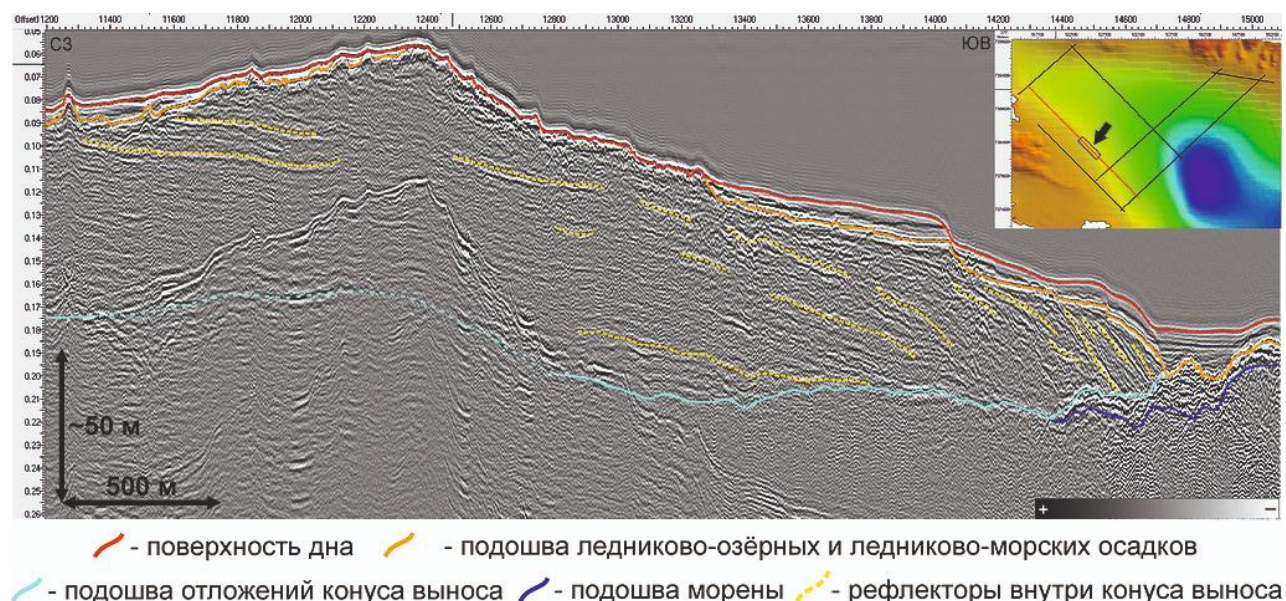


Рис. 4. Детальное изображение конуса выноса у острова Наумиха. Положение разреза показано на рисунке в верхнем правом углу. Желтым цветом показаны отражающие рефлекторы внутри конуса выноса, голубым – предполагаемая нижняя граница конуса выноса и темно синим – кровля кристаллических пород.

Склон ниже конуса выноса осложнен гравитационными процессами, преимущественно формами оплывания. Ниже следует ступенчатый, структурно предопределенный склон до глубин 220 м с отчетливыми ступенями на уровнях 150 м и 170-180 м. Характер залегания четвертичных отложений здесь сложный. Локальные моренные гряды мощностью до 10-15 м чередуются с локальными депрессиями, заполненными надледниковыми отложениями, причем на 150-метровом уровне преобладают ледниково-озерные и ледниково-морские осадки, а на более низких отметках развит преимущественно покров морских нефелоидов голоценового возраста.

Строение осевой части гряды видно на профиле 7. Этот профиль начинается у северного берега и пересекает гряду к северу от о-вов Средние Луды (острова сложены кристаллическими породами). При этом до гребня гряды он пересекает узкую глубоководную ложбину, идущую вдоль южного побережья Кольского полуострова и которая, по мнению А.С. Балueva, представляет зародыш современного рифта [Балуев и др., 2012]. Далее на юго-восток расположена скальная гряда с отчетливым грядовым рельефом, характерным для окружения островов Средние Луды. Состав и, соответственно, генезис этих гряд по данным сейсмоакустического профилирования нельзя интерпретировать однозначно. С одной стороны, эти гряды узкие и их морфология, отсутствие сейсмической записи указывает на кристаллические породы фундамента. С другой стороны, при детальной интерпретации и сильно растянутой записи достаточно отчетливо видно, что верхняя часть некоторых из гряд, расположенных к юго-востоку от островов, сложены практически прозрачными осадками, которые отделяются от нижележащих скрытослоистых осадков достаточно четко выраженным отражающим горизонтом (рис. 5). При этом мощность рыхлого чехла здесь достигает более 100 м. Ниже по склону (с отметок минус 180 м), прямо перед фронтом гряд, развита аккумулятивная равнина с мощной толщей ледниково-озерных и ледниково-морских отложений мощностью более 40 м и, судя по отражающим рефлексам, формировавшаяся в несколько циклов седиментации. С отметок -190 м, толща слоистых отложений перекрыта устойчивым покровом морских нефелоидов голоценового возраста мощностью 5-10 м. Далее на юго-восток развита субгоризонтальная морская аккумулятивная равнина голоценового возраста, описанная нами выше.

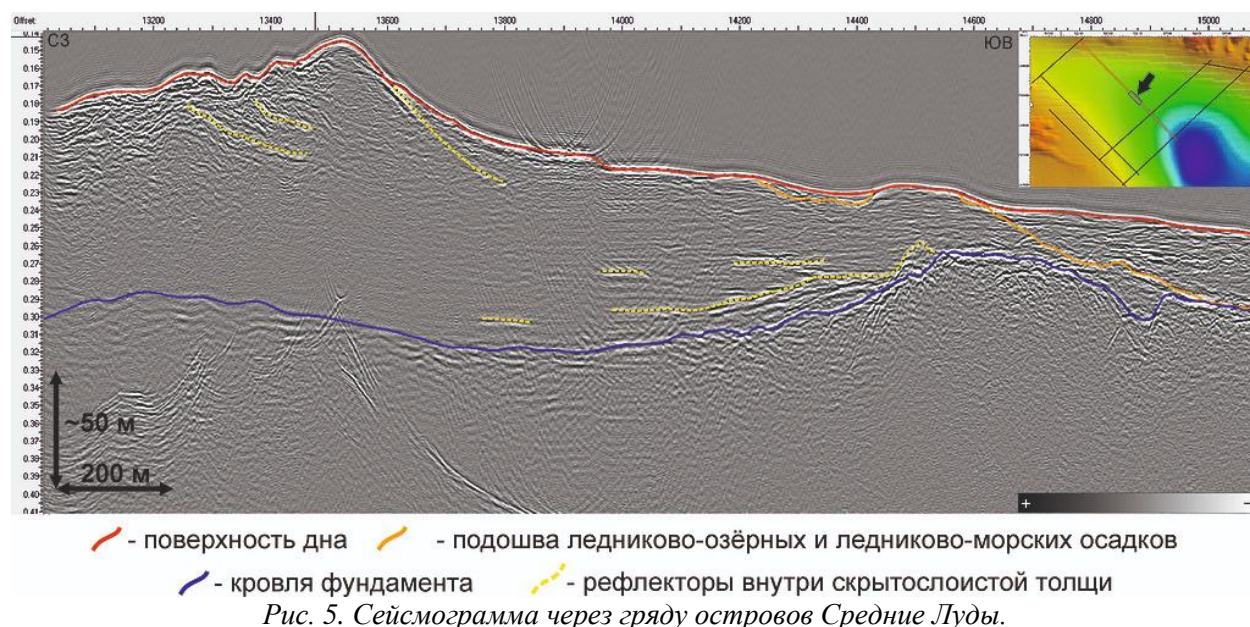


Рис. 5. Сейсмограмма через гряду островов Средние Луды.

Обсуждение полученных сейсмоакустических данных. Использование современных сейсмоакустических технологий позволило существенно расширить знания о строении четвертичного покрова в относительно хорошо изученном районе Белого моря.

Изучение гряды Средних луд в Кандалакшском заливе показало, что строение чехла рыхлых отложений носит гораздо более сложный характер, чем это представлялось по данным, полученным ранее во второй половине XX века. Установлено, что накопление толщи слоистых осадков, а также перекрывающих их морских нефелоидов происходило с перерывами в течение 2-3 циклов. Это подтвердило данные палинологических исследований донных трубок о наличии перерывов в осадконакоплении во внешне однородной толще осадков [Спирidonов и др., 1980]. Что касается толщи слоистых осадков, то указанные циклы, вероятно, отражают смену характера осадконакопления с первично ледниково-озерного в ледниково-морское. Это позволяет возвратиться к данным Р.Н. Джиноридзе, о том, что подобный переход в северо-западной части Белого моря произошел в конце аллерёда [Джиноридзе и др., 1979]. При этом, если накопление слоистых осадков в глубоководной части Кандалакшского залива носило площадной характер, в результате чего мощность накапливаемой толщи была достаточно однородной и не превышала 10м, то непосредственно вблизи оно носило очаговый характер и скорости осадконакопления, судя по мощности и интервалу времени накопления (поздний неоплейстоцен), носило «ураганный» характер. Мощности отложений в ряде случаев превышали 50-60м, а накопление их, вероятно, происходило еще в более короткие интервалы времени.

Также было установлено, что накопление ледниковых отложений, интерпретируемых как донная или основная морена [Старовойтов и др., 2022], развиты прерывисто и в ряде случаев полностью отсутствуют. Иногда на сейсмограммах в ледниковых образованиях прослеживаются отражающие рефлекторы, иногда образующие что-то подобное слоистости. По-видимому, это говорит о многофазном накоплении ледниковых образований на дне Кандалакшского залива, возможно даже в течении более ранних этапов неоплейстоцена, а также участие в формировании ледниковых отложений интрагляциальных вод. При этом на северо-западном склоне гряды широко развиты гряды моренных отложений, которые, вероятно, и маркируют положение фронта ледника во время одной из осцилляций.

Наиболее интересным оказалось детальное изучение гряды, надводным выражением которой являются острова Средние Луды, и которая отделяет глубоководную часть Кандалакшского залива от расположенной к северо-западу мелководной «Кандалухи». Эта гряда имеет гетерогенное строение и отнюдь не представляет единый скальный выступ, как это представлялось ранее [Рыбалко и др., 2011]. Хотя наличие скальных выходов кристаллического фундамента бесспорно, что подтверждается составом пород, слагающих эти острова, огромную роль играют скопления рыхлых осадков, накопление которых, в свою очередь, носит явно выраженный «очаговый» характер. Прежде всего, это касается установленных мощных конусов выноса, которые часто играют рельефообразующую роль и слагают гребни описываемой гряды (рис. 5). Сочетание моренных гряд, конусов выноса интрагляциальных вод, выносящих большие объемы так называемого «ледникового молока» (разнозернистого, преимущественно, тонкозернистого материала, содержащегося в теле ледника) на юго-восток создают мозаичную картину распределения осадков. Это позволяет реконструировать край ледника в верхней части уступа, после чего в стадию отступления существовал этап шельфового ледника, из-под которого и происходил вынос обломочного материала, который распределялся по площади и формировал конусы выноса (более песчанистого состава) в проксимальной части приледникового бассейна. Следует отметить, что данная идея высказана впервые и именно использование высокоразрешающей сейсмоакустической аппаратуры позволило подойти к подобной интерпретации.

Еще одним из важных выводов является установление наличия тектонических вертикальных движений в позднем неоплейстоцене и раннем голоцене. На приведенных сейсмограммах отчетливо видно смещение толщ как слоистых осадков, так и даже морских нефелоидов. Кроме того, на различных по батиметрии ступенях при разорванном

характере ранее единой толщи слоистых осадков, формируются индивидуальные и разнящиеся по разрезу толщи надледниковых отложений. Еще одним доказательством молодых геодинамических движений является широкое развитие на склонах различных видов проявления гравитационных процессов, о чем упоминалось выше.

Приведенные факты позволяют перейти к более детальной интерпретации палеогеографического развития региона в период смены ледникового и приледникового озерного этапа развития этой части Карело-Кольского региона и становления морского режима в Кандалакшском заливе на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена.

Финансирование. Исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант РНФ № 22-17-00081). Авторы также благодарят коллег из научной компании «Сплит» и ЦМИ МГУ им. М.В. Ломоносова, с которыми они долгое время проводят совместные исследования геологического строения Кандалакшского залива. И наша благодарность ББС МГУ, предоставившей судно для наших исследований и на базе которой были проведены эти работы.

ЛИТЕРАТУРА

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» масштаба 1:1500000). М.: 2012, ГЕОС, 104 с.

Джиноридзе Р.Н., Калугина Л.В., Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А., Спиридонова Е.А. Стратиграфия верхнечетвертичных отложений северной части Белого моря // Позднечетвертичная история и седиментогенез окраинных и внутренних морей. М.: Наука, 1979, С. 34–39.

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.

Рыбалко А.Е., Барымова А.А., Токарев М.Ю., Репкина Т.Ю. Четвертичные отложения и рельеф Кандалакшского залива: история изучения и современные данные об их формировании // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2020. Т. 17. С. 465–469. doi: 10.31241/FNS.2020.17.089

Спиридонов 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., Замотина З.С., Терехина Я.Е. Роль ледникового и литодинамического факторов в формировании осадочного чехла пролива Великая Салма (Белое море) // Вестник МГУ. Серия Геологическая. 2022. № 1. С. 62–70. doi:10.33623/0579-9406-2022-1-62-70

Шварев С.В., Никонов А.А. Морфотектоника бассейна Белого моря в сопоставлении с уточненными характеристиками исторических землетрясений // Поздне- и постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология. Материалы конференции. М.: 2018, С. 174-180.

NEW DATA ABOUT THE STRUCTURE OF THE BOTTOM OF THE KANDALAKSHA BAY ACCORDING TO GEOPHYSICAL DATA (RESULTS OF THE RSF GRANT)

Rybalko A.E.^{1,2,3}, Tokarev M.Yu.⁴, Repkina T.Yu.^{1,5}, Kudinov A.Yu.², Aleshin M.Yu.^{4,6,7}, Terekhina Y.E.⁴, Belyaev P.Yu.¹, Sergeev A.Yu.⁸, Dron O.V.⁸, Starovoytov A.V.⁴, Khlebnikova O.A.⁴, Babushkina K.V.⁴, Biryuk M.A.⁸

¹ VNIIOkeangeology, St. Petersburg, Russia

² Institute of Geosciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³ LLC Marine Center, Moscow, Russia

⁴Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁵Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁶Scientific Company "Split", Moscow, Russia

⁷Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁸Karpinsky Russian Research Geological Institute, St. Petersburg, Russia

The paper discusses the structure of the Quaternary cover of the Kandalaksha Gulf in the junction zone of its deep-water and shallow-water parts. The use of new seismoacoustic technologies (multichannel profiling in the modification of the SSVR) has allowed us to significantly expand our understanding of this relatively little-studied zone. Instead of a solid rocky base, which was presented in previous works, this ridge marked by outcrops of the rocky islands of Srednie Ludy and Naumikha, has a complex heterogeneous structure, where, along with Archean-Lower Proterozoic crystalline rocks, both moraine deposits and deposits of powerful cones played a major role in the formation of the relief. removal of intraglacial waters. The distribution of different-aged Quaternary deposits here is mosaic in nature, which is facilitated by the latest geodynamic movements that determine the small-block structure of the basement, which plays a decisive role in the distribution of loose sediments. The structure of the deep-water basin of the Kandalaksha Gulf has also been significantly clarified. The non-continuous distribution of moraine deposits and the large role of glacial exaration in the formation of the pre-Quaternary basement surface. Structural ridges on the bottom of the basin are revealed. The different structure of the southern and northern slopes of the Kandalaksha Basin is shown. The cyclic structure of the stratified sediments is shown, allowing us to assume the early development of freshwater periglacial basins, which began to become saline due to the penetration of sea waters into the Allerød while maintaining the cyclic nature of sedimentation.

Keywords: *White Sea, Kandalaksha Bay, Quaternary sediments, glacial sediments, marine nepheloid, modern geodynamic movements, seismoacoustic methods*

REFERENCES:

- Baluev A.S., Zhuravlev V.A., Terekhov E.N., Przhivalgovsky E.S. Tectonics of the White Sea and Adjacent Territories (Explanatory Note to the "Tectonic Map of the White Sea and Adjacent Territories" at a scale of 1:1500000). Moscow: 2012, GEOS, 104 p.
- Dzhinoridze R.N., Kalugina L.V., Rybalko A.E., Spiridonov M.A., Spiridonova E.A. Stratigraphy of Upper Quaternary Deposits in the Northern Part of the White Sea // Late Quaternary History and Sedimentogenesis of Marginal and Inland Seas. Moscow: Nauka, 1979, pp. 34–39.
- Rybalko A.E., Zhuravlev V.A., Semenova L.R., Tokarev M.Yu. Quaternary deposits of the White Sea and the history of the development of the modern White Sea basin in the late Neopleistocene-Holocene // The White Sea System. Vol. IV. Sedimentation processes: geology and history. Moscow: Scientific World, 2017. Pp. 16–84.
- Rybalko A.E., Barymova A.A., Tokarev M.Yu., Repkina T.Yu. Quaternary deposits and relief of the Kandalaksha Gulf: history of study and modern data on their formation // Proceedings of the Fersman Scientific Session of the Geological Institute of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences. 2020. Vol. 17. Pp. 465–469. doi: 10.31241/FNS.2020.17.089
- 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. pp. 45–55.
- Starovoitov A.V., Tokarev M.Yu., Zamotina Z.S., Terekhina Ya.E. The role of glacial and lithodynamic factors in the formation of the sedimentary cover of the Great Salma Strait (White Sea) // Bulletin of Moscow State University. Geological series. 2022. No. 1. P. 62–70. doi:10.33623/0579-9406-2022-1-62-70
- Shvarev S.V., Nikonov A.A. Morphotectonics of the White Sea basin in comparison with the refined characteristics of historical earthquakes // Late and postglacial history of the White Sea: geology, tectonics, sedimentation settings, chronology. Conference Proceedings. Moscow: 2018, pp. 174–180.