

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-67-77



СТРОЕНИЕ ВОСТОЧНЫХ ОТРОГОВ ВОЗВЫШЕННОСТИ ПЕРСЕЯ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

✉ Гусев Е.А.¹, Яржембовский Я.Д.¹, Элькина Д.В.¹, Понимаскин П.И.², Крылов А.В.³,
Зыков Е.А.¹, Лодочникова А.С.¹, Карташев А.О.¹, Голосной А.С.¹, Захаров В.Ю.¹,
Бруй Е.В.¹

¹ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

²ООО «СПЛИТ», Москва, Россия

³ФГБУ «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург, Россия

✉ gus-evgeny@yandex.ru

В результате проведения работ изучено строение четвертичного чехла и коренных пород восточных отрогов поднятия Персея и истоков желоба Франц-Виктория. Выровненная вершинная поверхность и склоны возвышенности Персея сложены коренными породами мезозоя, которые перекрыты очень маломощным чехлом четвертичных образований. Судя по сейсмоакустическим данным, а также материалам донного пробоотбора, холмисто-грядовый рельеф вершинных поверхностей представляет собой результат воздействия на дно экзогенных процессов неизвестного происхождения.

Ключевые слова: *геологическая съемка шельфа, сейсмоакустическое профилирование, донный пробоотбор, донный каменный материал, возвышенность Персея, Баренцево море*

Морские экспедиционные исследования, запланированные в западной части Баренцева моря, были выполнены силами ВНИИОкеангеология в июне 2023 года. Работы выполнялись в рамках государственной программы «Геология: возрождение легенды». Ввиду близости полигоны исследований к архипелагу Шпицберген, проект на проведение морских экспедиционных исследований зарегистрирован на платформе Research in Svalbard (RiS ID 11895): Geological study of Svalbard shelf (GeoShelf). Для производства работ было арендовано научно-исследовательское судно «Иван Петров», принадлежащее ФГБУ «Северное УГМС» (г. Архангельск). Мобилизация оборудования и персонала была осуществлена в Архангельске. Работы выполнялись в российском секторе вблизи с границей с Норвегией, в районе восточных отрогов возвышенности Персея в интервале глубин 90-350 м и включали в себя сейсмоакустическое профилирование с использованием спаркера и донный пробоотбор с помощью дночерпателя ван-вин.

Полевые работы выполнялись в период 06.06.2023 – 27.06.2023. Наблюдения велись непрерывно, 24 часа в сутки (с поправкой на погодные условия). Сначала из порта г. Архангельск в течение нескольких суток выполнен переход судна в район работ. После прибытия судна в район проведения работ производились развертывание заборного оборудования и его балансировка, а также предварительное тестирование.

НИС «Иван Петров» предназначено для выполнения комплексных геолого-геофизических, гидрологических, метеорологических работ. Судно оснащено необходимыми лебедками и краном для проведения спуско-подъемных операций и профильных наблюдений. Днем проводился геологический пробоотбор с помощью дночерпателя и трубки, в ночные часы – сейсмоакустическое профилирование.

Район работ находится в так называемой «серой зоне», области спорных интересов России и Норвегии, долгие годы тут не проводилось исследований и район до последнего времени являлся «белым пятном» для морских геологов. Основные результаты морских геологических исследований этого района сведены в лист Государственной геологической карты Российской Федерации Т-37-40 [Государственная, 2004]. После этого, дополнительно тут было проведено сейсмическое профилирование методом МОВ ОГТ. Дополнительные сведения по строению рельефа морского дна, и верхних горизонтов

осадочного чехла могут быть привлечены с соседних районов. В этой части Баренцева моря маломощный четвертичный чехол перекрывает коренные породы мезозойского возраста, которые залегают моноклинально или слагают пологие складки [Bjarnadóttir et al., 2014]. Возрастная привязка сейсмических комплексов проведена норвежскими геологами по скважинам Норвежского нефтяного директората (скважины №№ 7831/2-U-1 и 7831/2-U-2). Под маломощным покровом голоценовых морских осадков вскрыты породы среднего-верхнего триаса, представленные песчаниками, алевролитами, с прослоями конгломератов, аргиллитами [Riis et al., 2008; Meltveit et al., 2015; Xu et al., 2014].

Самые верхние части осадочного чехла представлены позднеплейстоцен-голоценовыми морскими осадками малой мощности [Мусатов, 1996]. Поверхность морского дна в этой части Баренцева моря в пределах поднятий и банок несет следы ледникового воздействия и флювиогляциальной аккумуляции [Соловьева и др., 2021; Система Баренцева моря, 2021; Мороз и др., 2020]. Эти выводы делаются на основе результатов интерпретации материалов многолучевого эхолотирования. Изучение колонок грунтовых трубок обычно дает представление только о строении голоценовой, и гораздо реже, о позднеплейстоценовой части разреза. В колонках, отобранных на современных глубинах более 300 м, грунтовыми трубками вскрываются лишь отложения этапа дегляциации и голоценовые морские осадки, диамиктоны, содержащие обломочный материал вскрываются в основном на поднятиях [Murdmaa et al., 2006; Руденко и др., 2022], что может свидетельствовать о существовании ледников в виде отдельных глетчеров, а не единого ледникового щита, покрывавшего весь шельф [Павлидис, 1997].

Методика исследований. Для изучения верхней части осадочного чехла на глубину до 200 метров была использована методика непрерывного сейсмоакустического профилирования. Использовано сейсмоакустическое оборудование ООО «Сплит». Для регистрации сигнала использовалась 16-ти канальная сейсмокоса SplitMultiSeis Streamer 16ch и многоканальная система сбора сейсмоакустических данных «SplitMultiSeis Station 16ch». Для возбуждения сигнала использовался электроискровой источник SplitMultiSeis Sparker 50, включающий в себя 1 рабочую секцию на 50 активных электродов, буксируемую на плавучем плотике. Работу электроискрового источника поддерживает накопитель энергии SplitMultiSeis Source 2500. Рабочая энергия в ходе опытных работ составила 2500 Дж/выстрел. Возбуждение производилось раз в 2 секунды, таким образом, шаг ПВ составлял 3-4 м. Заглубление косы и источника выбиралось оптимальным для согласования зондирующего импульса и составляло 120 см.

Сейсмоакустическое оборудование буксировалось с правого борта судна с поворотного выноса длиной 3 метра для уменьшения влияния кильватерной струи. В носовой части сейсмокосы располагалась упругая секция для уменьшения рывковых помех буксировки и удаления приемной расстановки от кормы судна. Центральная частота сигнала изменялась в диапазоне от 250 до 350 Гц. Шаг дискретизации составлял 0,125 мс, что достаточно для оцифровки материала на используемых частотах. Длина записи составляла 1000 мс, что заведомо превышало время прихода наиболее глубоких отражений. Данные регистрировались в формате SEG-D. За время полевых работ было выполнено 625 пог. км сейсмоакустического профилирования.

Донный пробоотбор выполнялся ковшом VanVin объемом 30 литров. После подъема на борт при раскрытии ковша получается ненарушенный блок донных отложений с глубиной охвата разреза до 30 см. Кроме того, использована грунтовая прямоточная трубка диаметром 110 мм и длиной 3 м. Донные осадки, поднятые ковшом и керны грунтовой трубки фотографировались, описывались, измерялись различные параметры и отбирались пробы на: гранулометрический, минералогический, геохимический, спорово-пыльцевой, микрофаунистический, экологический анализы. Кроме того, отобраны и заморожены пробы на содержание органического вещества. Всего донный пробоотбор выполнен на 66 станциях (рис. 1).

Журнал донных осадков переведен в цифровой формат. Составлены паспорта станций донного опробования, где указывается информация о номере станции, координатах, типе пробоотборника, наименовании судна, дате пробоотбора, интервале пробоотбора; приводится описание полученного разреза с указанием интервалов отобранных образцов.

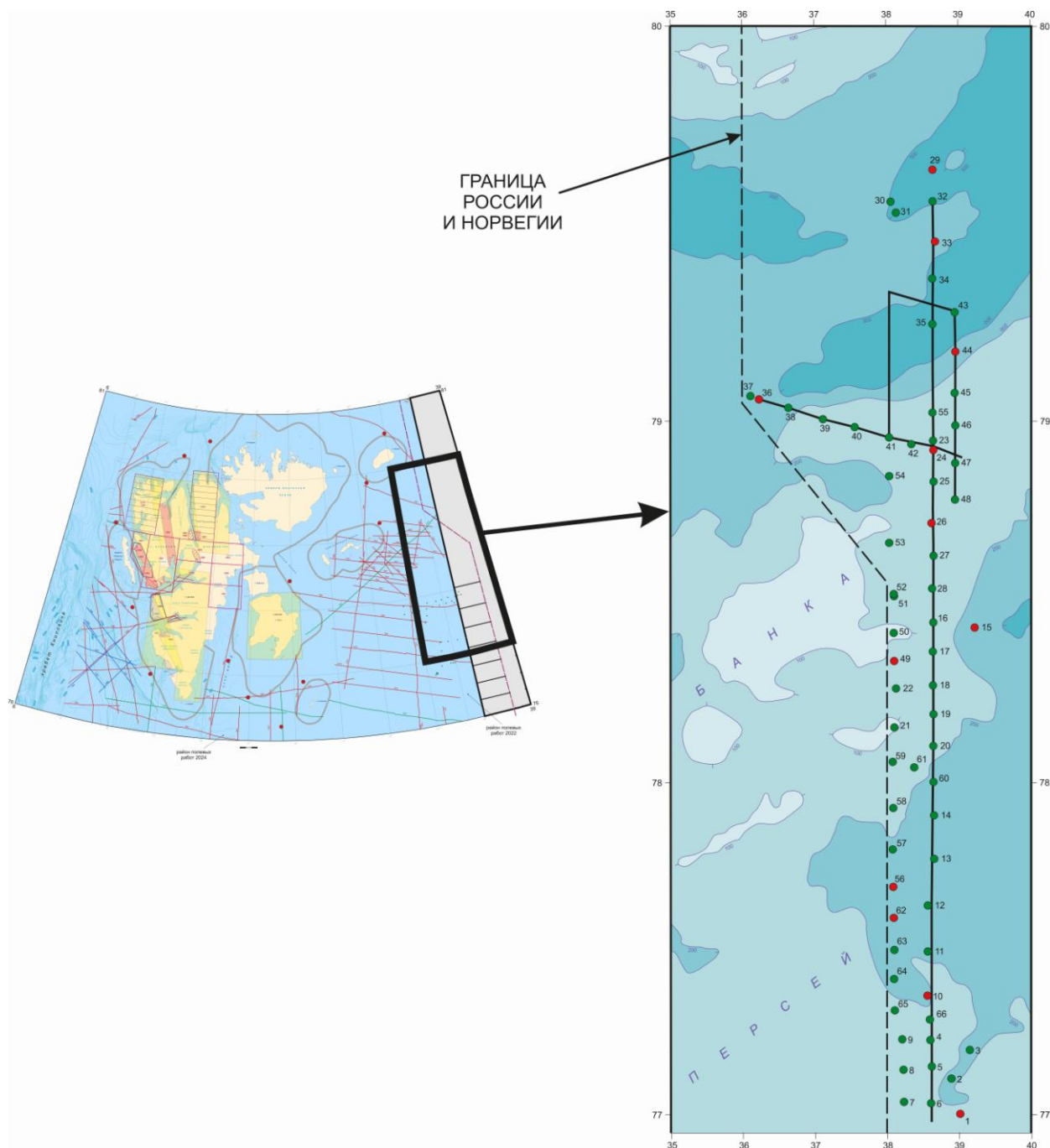


Рис. 1. Схема расположения станций донного опробования (ковши – точки зеленого цвета, трубки показаны красным) и сейсмоакустических профилей (черные линии). Пунктиром показана морская граница России и Норвегии.

Кроме того, выполнялись измерения магнитной восприимчивости донных осадков, естественная радиоактивность. Отобраны пробы для палеомагнитных исследований. Измерения магнитной восприимчивости были проведены по 12 колонкам донных морских осадков, отобранным грунтовой трубкой. Магнитная восприимчивость осадков измерялась по ненарушенной поверхности колонок при помощи каппаметра ПИМВ,

производства ГЕОДЕВАЙС. На рис. 2 приводятся результаты измерений по 4 колонкам, где пики магнитной восприимчивости, выявленные в колонках на разных глубинах, могут послужить одним из корреляционных признаков в ходе дальнейшего изучения материала.

Также из колонок ИП-2315т, ИП-2326т, ИП-2329т, ИП-2333т, ИП-2336т и ИП-2362т был осуществлён отбор образцов для последующего проведения палеомагнитных измерений. Отбор образцов производился методом сплошного отбора при помощи стеклянных цилиндров диаметром от 2,1 до 2,5 см, высотой от 2 до 2,3 см и внутренним объемом около 8 см³. Цилиндры вдавливались в ненарушенный осадок по всей длине колонок. Ориентирование цилиндров в горизонтальной плоскости проводилось относительно координат колонок, а в вертикальной – по направлению вниз по колонке. После извлечения цилиндры очищались от лишнего осадка, оборачивались в полиэтиленовую плёнку и далее для предотвращения высыхания осадка до проведения измерений были отданы на хранения в холодильник при средней температуре +4-5°С. Всего из двух колонок было отобрано около 390 образцов.

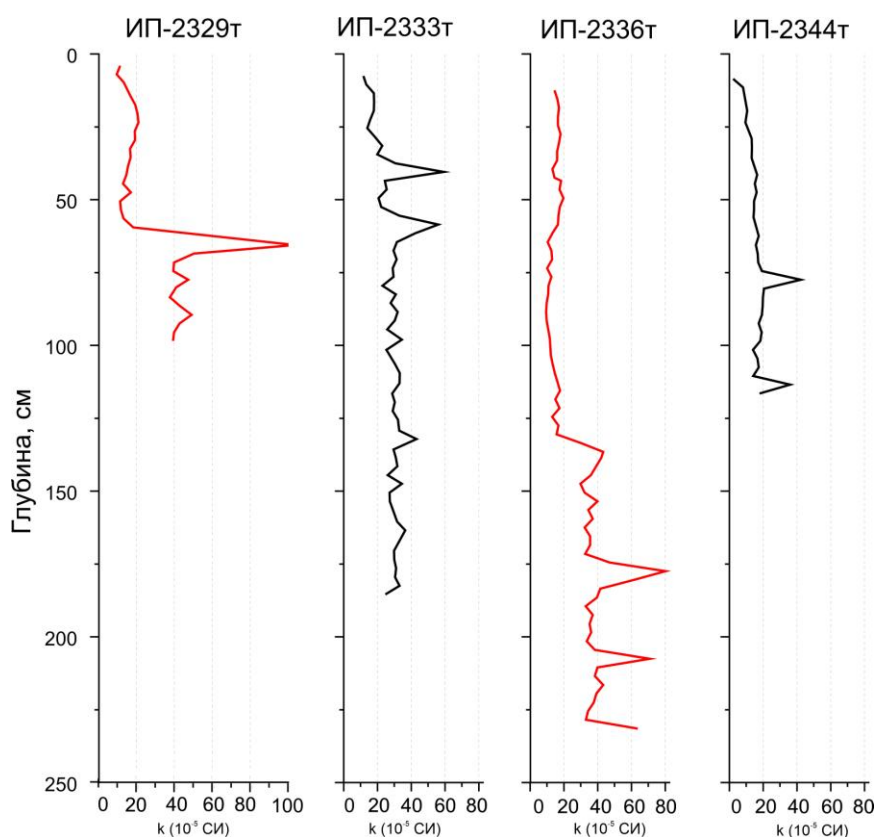


Рис. 2. Результаты измерений магнитной восприимчивости (к) по колонкам ИП-2329т, ИП-2333т, ИП-2336т и ИП-2344т.

Предварительные результаты исследований.

Результаты сейсмоакустических исследований в районе исследований уточняют строение верхних горизонтов осадочного чехла. Детализировано строение триасовых, юрских и меловых отложений, дислоцированных складками и разбитых разрывными нарушениями. Встречаются как места субгоризонтального залегания мезозойских комплексов, так и наклонного (моноклиального), при этом выступающие на морском дне более компетентные (плотные) слои образуют структурные гряды. Также часто выражаются в рельефе дна и разрывные нарушения, которые представлены сбросами, взбросами и сдвигами. В целом структура поднятия Персея характеризуется структурной выраженностью и вытянутостью в северо-восточном направлении.

На профилях, ориентированных в направлении, перпендикулярно основному направлению структур, часто фиксируются синклинали и антиклинальные пологие

складки, нарушенные разломами. Подчас фиксируются инверсионные структуры, когда поднятиям в рельефе дна отвечают синклинальные структуры (рис. 3), а понижениями – антиклинальные.

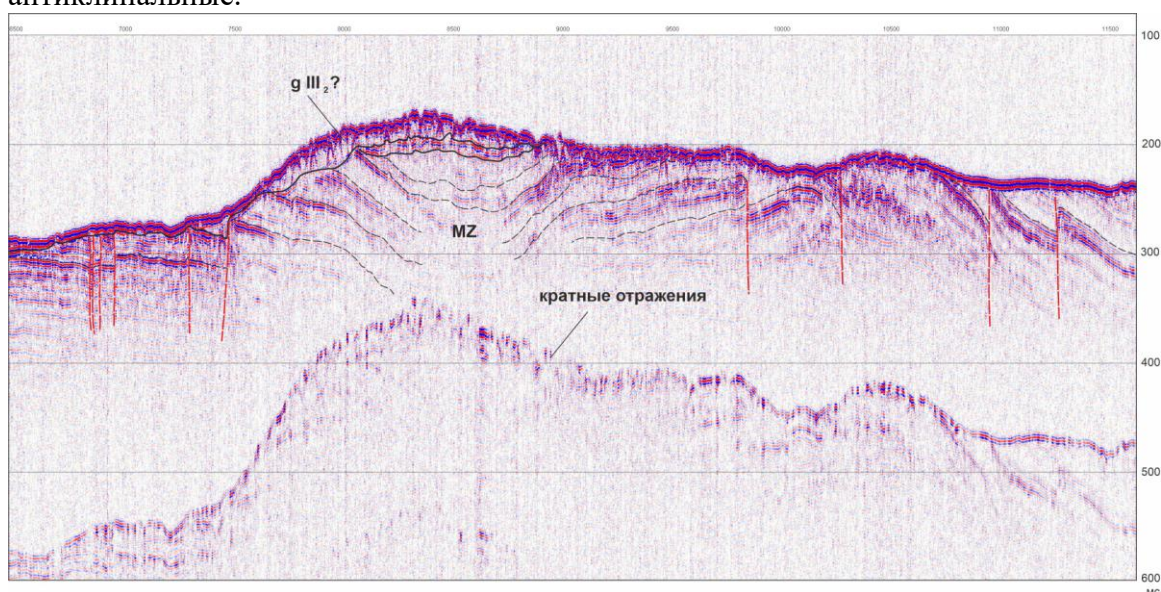


Рис. 3. Фрагмент сейсмоакустического профиля 2301, со складчатом строением инверсионной синклинальной структуры в привершинной части поднятия Персея.

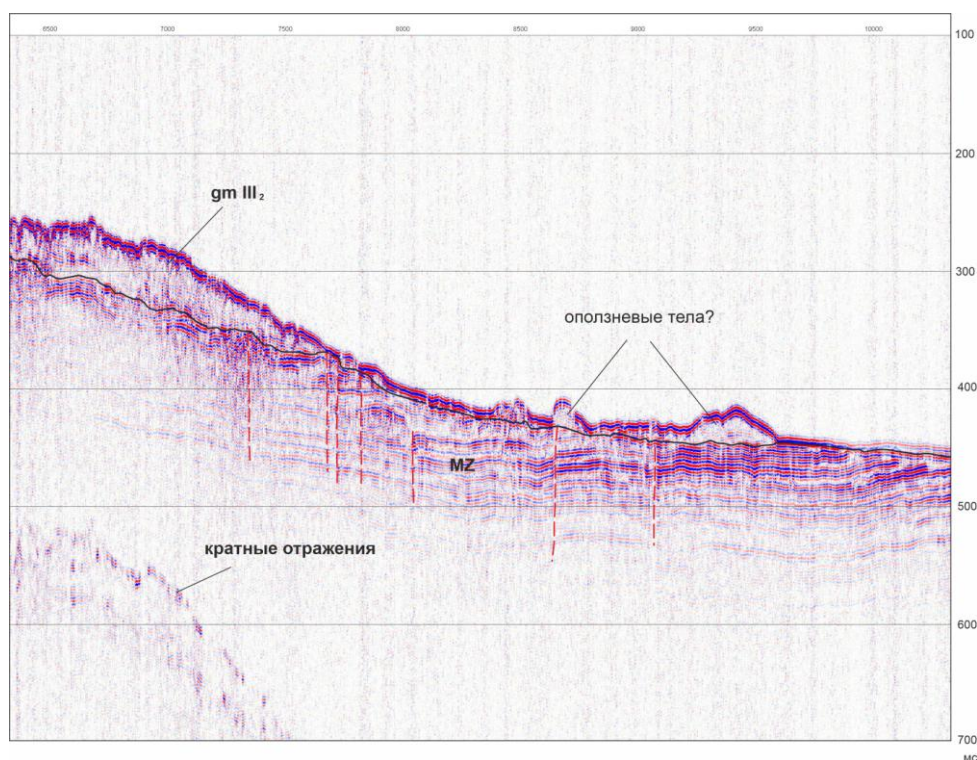


Рис. 4. Фрагмент сейсмоакустического профиля 2301, пересекающего склон одного из истоков жёлоба Франц-Виктория, со ступенчатым строением коренного ложа и оползневыми телами у подножия склона.

В районе поднятия Персея часто наблюдаются неотектонические разломы, нарушающие не только мезозойские литифицированные комплексы, но и четвертичные отложения, а также разрывы выражаются в современном рельефе морского дна. В восточные склоны поднятия Персея вклиниваются ложбины – истоки и притоки крупного окраинно-шельфового жёлоба Франц-Виктория. Склоны этих ложбин иногда имеют четкое ступенчатое строение, блоки пород сброшены по разломам от поднятия к днищу.

Рыхлые, или слаболитифицированные осадки позднеплейстоцен-голоценового возраста, в периоды сейсмической активности сползают по склонам и аккумулируются у подножия склонов (рис. 4).

При этом по морфологии и тектоническому строению желоб Франц-Виктория нельзя отнести к разряду субокеанических желобов, так как он не имеет грабенообразного характера впадин; генетической связи с океанической абиссалью, и соотношение длины и ширины должно быть не менее 3:1 [Качурина и др., 1999]. Тем не менее, свидетельства современных неотектонических движений фиксируются по всему полигону исследований.

Четвертичные осадки на сейсмоакустических профилях либо не фиксируются вовсе ввиду своей очень малой мощности [Мусатов, 1998; Государственная, 2004], либо видны в местах своего значительного увеличения мощности в пределах подводных (затопленных?) конечно-моренных гряд (рис. 5), либо в акустически прозрачных телах конусов выноса и аккумуляции ледниково-морских образований.

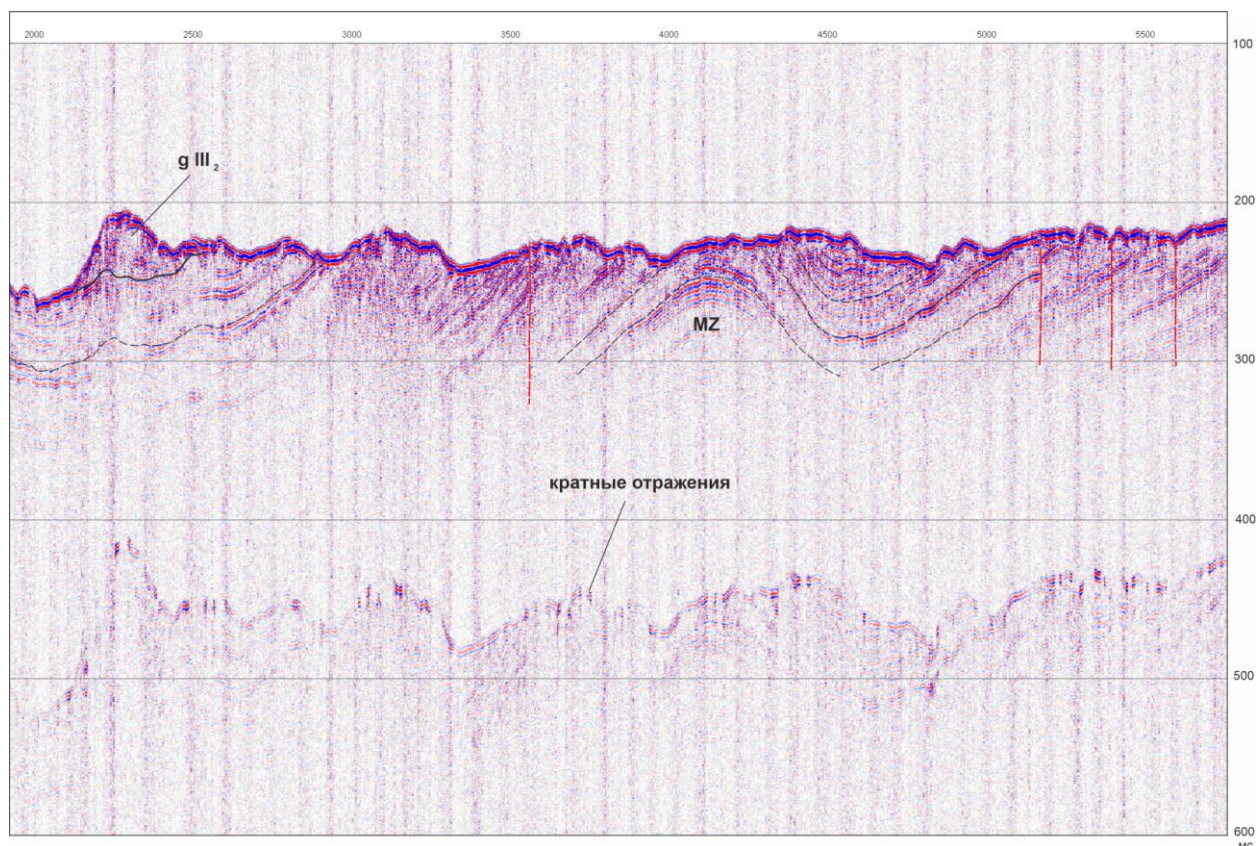


Рис. 5. Фрагмент сейсмоакустического профиля 2305, на мезозойских породах, смятых в складки, нагромождена плейстоценовая моренная гряда.

Сейсмоакустически прозрачные ледниково-морские образования (возможно также, что это отложения грязевых потоков, инициированных талыми ледниковыми водами), образуют на дне Баренцева моря прислоненные к склонам клиноформные тела, либо выпуклые в профиле дна образования, называемые «караваиями» (из-за схожести продольной формы тел). Обычно такие предполагаемо ледниково-морские отложения датировали временем распада и деградации последнего ледникового щита (валдайское оледенение). Однако данные геологической съемки этого района, проведенные в 2000 году [Государственная, 2004], свидетельствуют о более древнем возрасте ледника, талые воды которого сформировали накопление таких специфических образований. Обычно такие «караваия» (если они формируют выпуклую аккумулятивную форму, рис. 6, 7), или тела заполнения западин (рис. 8), однородны, прозрачны, безструктурны. Однако, иногда встречаются и внутренние рефлексоры, а также несогласия внутри таких комплексов, что

свидетельствует о сложной истории дегляциации и накоплении зандровых конусов выноса и протяженных аккумулятивных равнин при изменяющемся режиме таяния и отступления ледника.

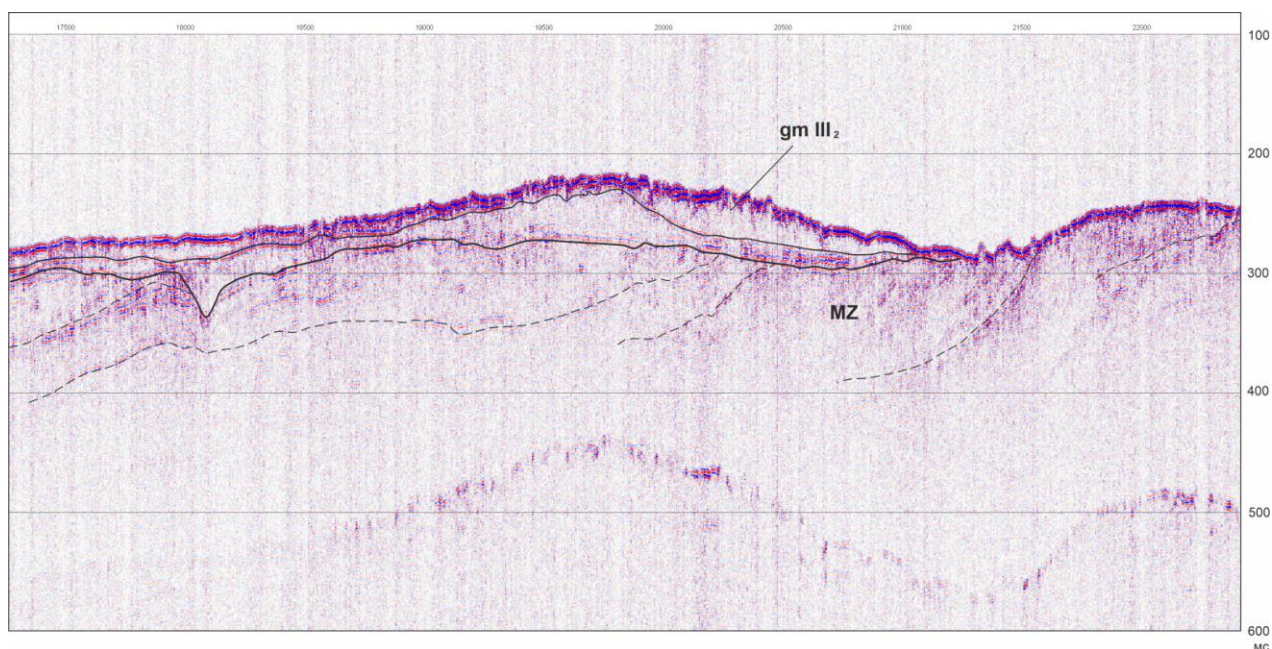


Рис. 6. Фрагмент сейсмоакустического профиля 2301, пересекающего сложно построенную аккумулятивную форму «каравай», сложенную ледниково-морскими образованиями.

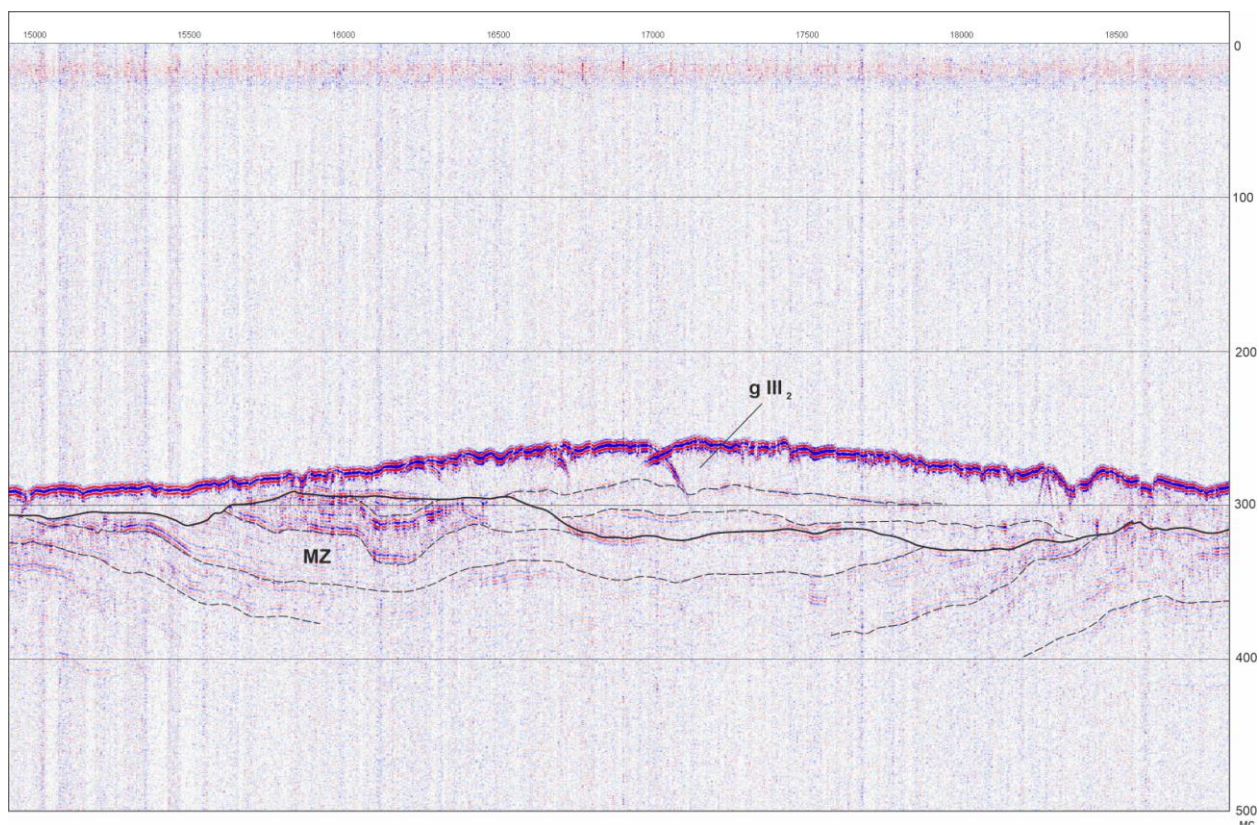


Рис. 7. Фрагмент сейсмоакустического профиля 2308, пересекающего сложно построенную аккумулятивную форму, сложенную ледниково-морскими образованиями.

С другой стороны, существуют и другие мнения на счет происхождения таких образований на дне Баренцева моря. Приводятся аргументы в пользу водного происхождения диамиктонов Баренцевского шельфа [Крапивнер, 2009]. Каменный

материал, часто залегающий на поверхности коренных пород и принимаемый за морену, перекрытый морскими осадками, может быть интерпретирован как элювий [Рокос и др., 2021].

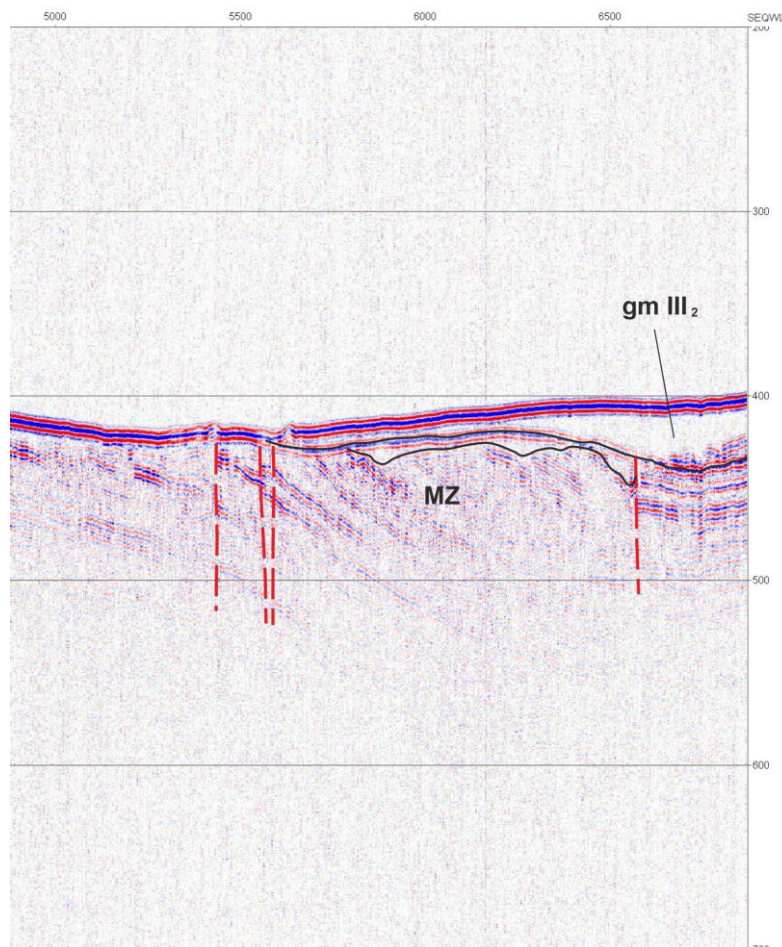


Рис. 8. Фрагмент сейсмоакустического профиля 2304, пересекающего западину, заполненную ледниково-морскими образованиями.

Донное опробование в районе работ выполнено на 66 станциях (рис. 1). Плейстоцен-голоценовые осадки, вскрытые ковшем и трубкой, представлены в основном алеврито-пелитовыми осадками, иногда с примесью песка. На нескольких станциях донные осадки отсутствовали, зато в дночерпатель попадал обильный донно-каменный материал, а иногда и железо-марганцевые корки и конкреции (рис. 9).

Отобранные образцы донных осадков, донно-каменного материала, выделенные из осадков газы будут всесторонне изучены в лабораториях. По каменным обломкам будет выполнен петрографический анализ для выяснения областей сноса и строению коренного ложа в местах отбора проб. Изучение газов, выделенных из осадков, позволит выяснить их природу и происхождение. Пробы газа, растворенного в донных осадках, отбирали из разных горизонтов поддонной глубины опробованных осадков.

Гранулометрический и минералогический анализы рыхлых осадков позволят составить литологическую карту поверхности морского дна изученного района.

К сожалению, на всех станциях с грунтовыми трубками в диапазоне современных глубин моря 100-350 м, по разрезам кернов не обнаружены органические остатки, пригодные для радиоуглеродного датирования. Исключение составляет керн трубки на станции ИП 2336Т, на глубине 40 см были обнаружены останки рыбы с разложившейся органической частью и сохранившимися позвонками. Раковины морских моллюсков фиксировались только на станциях, расположенных на вершинной поверхности поднятия Персея и его отрогах. Из поверхностных проб определены *Astarte crenata* (Gray, 1824),

Macoma baltica (Linnaeus, 1758), *Macoma calcarea* (Gmelin, 1791), *Portlandia arctica* (Gray, 1824), *Similipecten greenlandicus* (G. B. Sowerby II, 1842), *Testudinalia testudinalis* (O. F. Müller, 1776), *Buccinum undatum* Linnaeus, 1758.



Рис. 9. Донный каменный материал (ДКМ) с некоторых станций донного опробования, полученный в рейсе в 2023 году: слева - станция ИП-2310К, железо-марганцевые корки, справа - станция ИП-2351К, мезозойские песчаники.

Таким образом, в результате морских геологосъемочных работ, проведенных ФГБУ ВНИИОкеангеология в восточном углу планшета картирования (Баренцево море, приграничная часть) с борта НИС «Иван Петров», были получены новые геолого-геофизические данные, которые позволят выяснить геологическое строение изученных площадей, а именно - строение верхней части осадочного чехла, условия накопления морских осадков и палеогеографию региона в позднем плейстоцене-голоцене. По имеющимся в настоящее время данным, на Баренцевском шельфе в позднем неоплейстоцене не существовало единого ледникового щита, а были локальные центры оледенения пассивного типа на возвышенностях и банках.

В июне-июле 2024 года планируется выполнение морских геолого-геофизических исследований в южной части Шпицбергенского шельфа, в непосредственной близости от желоба Стур-фиорд.

ЛИТЕРАТУРА

Государственная геологическая карта Российской Федерации (новая серия). Масштаб: 1:1000000. Лист Т-37-40 (Земля Франца-Иосифа, южные острова). Редактор Лопатин Б.Г. Составлена: ВНИИГиМРМО, ОАО МАГЭ, ФГУНПП "ПМГРЭ", 2004.

Качурина Н.В., Шкатов Е.П., Андреева И.А. О морфоструктурной позиции желобов Святой Анны и Франц-Виктория в свете новых данных // Разведка и охрана недр. 1999. № 7-8. С. 32-34.

Комаров А.Ю., Гусев Е.А., Крылов А.А., Алексеев А.Ю., Семенов П.Б., Элькина Д.В., Шатрова Е.В., Попова Е.А., Карташев А.О., Беляев П.Ю., Голосной А.С., Захаров В.Ю. Строение дна Баренцева моря в районе западных отрогов возвышенности Персея // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2022. Выпуск 9. С. 128-132. doi: 10.24412/2687-1092-2022-9-128-132

Крапивнер Р.Б. Происхождение диамиктонов Баренцевоморского шельфа // Литология и полезные ископаемые. 2009. № 2. С. 133-148.

Мороз Е.А., Зарайская Ю.А., Сухих Е.А., Соколов С.Ю., Ермаков А.В., Абрамова А.С. Рельеф и строение верхней части осадочного чехла в районе свода Федьинского по акустическим данным // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. №2. С. 82-91.

Мусатов Е.Е. Распространение кайнозойского чехла на Баренцевском шельфе между архипелагами Шпицберген и Земля Франца Иосифа // Океанология. 1996. Т. 36. № 3. С. 444-450.

Мусатов Е.Е. Структура кайнозойского чехла и неотектоника Баренцево-Карского шельфа по сейсмоакустическим данным // Российский журнал наук о Земле. 1998. Т. 1. № 2. С. 157-183.

Павлидис Ю.А. Палеогеография и оледенение Арктического шельфа в позднем плейстоцене // Океанология. 1997. Т. 37. № 6. С. 910-914.

Рокос С.И., Соколов П.В., Скурихин В.А. О выделении элювиальных отложений в верхней части осадочного разреза Баренцево-Карского шельфа // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021. Выпуск 8. С. 188-192. doi:10.24412/2687-1092-2021-8-188-192

Руденко О.В., Талденкова Е.Е., Шкарубо С.И., Руденко А.А. Изменения природной среды Центральной впадины Баренцева моря в позднеледниковье – голоцене // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2022. № 5. С. 123-139.

Система Баренцева моря. Под ред. А.П. Лисицына. М.ГЕОС. 2021. 672 с. doi:10.29006/978-5-6045110-0-8

Соловьева М.А., Ахманов Г.Г., Монтели А.И. Новые свидетельства валдайского оледенения в северо-восточной части Баренцевоморского шельфа (материалы TTR-19 и TTR-20) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021. Выпуск 8. С. 222-227. doi:10.24412/2687-1092-2021-8-222-227

Bjarnadóttir L.R., Winsborrow M.C.M., Andreassen K. Deglaciation of the central Barents Sea // Quaternary Science Reviews. 2014. Vol. 92. P. 208-226. doi:10.1016/j.quascirev.2013.09.012

Meltveit A., Paterson N.W., Mangerud G., Mørk A., Lundschieen B.A. Late Triassic (Carnian) palynology cores 7831/2-U-1 and 7831/2-U-2 from offshore Kong Karls Land, Norwegian Arctic // 2nd Boreal Triassic Conference. August 29-30, 2015. Longyearbyen, Svalbard. 2015.

Murdmaa I., Ivanova E., Duplessy J.-C., Levitan M., Khusid T., Bourtman M., Alekhina G., Alekseeva T., Belousov M., Serova V. Facies system of the Eastern Barents Sea since the last glaciation to present // Marine Geology. 2006. Vol. 230. P. 275–303. doi:10.1016/j.margeo.2006.06.001

Riis F., Lundschieen B.A., Høy T., Mørk A., Mørk M.B.E. Evolution of the Triassic shelf in the northern Barents Sea region // Polar Research. 2008. Vol. 27. Is. 3. P. 318-338. doi:10.1111/j.1751-8369.2008.00086.x

Xu G., Hannah J.L., Stein H.J., Mørk A., Vigran J.O., Bingen B., Schutt D.L., Lundschieen B.A. Cause of Upper Triassic climate crisis revealed by Re–Os geochemistry of Boreal black shales // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2014. Vol. 395. P. 222-232. doi:10.1016/j.palaeo.2013.12.027

STRUCTURE OF THE PERSEUS RISE EASTERN SLOPES (BARENTS SEA)

Gusev E.A.¹, Yarzhembovsky Ya.D.¹, Elkina D.V.¹, Ponimaskin P.I.², Krylov A.V.³, Zykov E.A.¹, Lodochnikova A.S.¹, Kartashev A.O.¹, Golosnoy A.S.¹, Zakharov V.Yu.¹, Brui E.V.¹

¹VNIIOkeangeologia, St. Petersburg, Russia

²SPLIT LLC, Moscow, Russia

³A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia

As a result of the work, the structure of the Quaternary cover and bedrocks of the eastern slopes of the Perseus Rise and the sources of the Franz Victoria Trough was studied. The leveled top surface and slopes of the Perseus Rise are composed of Mesozoic bedrocks, which are overlain by a very thin cover of Quaternary formations. Based on seismic data, as well as materials from

bottom sampling, we assumed that the hilly-ridge topography is the result of the impact of impact on the bottom of exogenous processes of unknown origin.

Keywords: *geological survey of the shelf, seismoacoustic profiling, bottom sampling, bottom rock material, Perseus Rise, Barents Sea*

REFERENCES

- State geological map of the Russian Federation (new series). Scale: 1:1000000. Sheet T-37-40 (Franz Josef Land, southern islands). Editor Lopatin B.G. Compiled by: VNIIGiMRMO, JSC MAGE, FGUNPP "PMGRE", 2004.
- Kachurina N.B., Shkatov E.P., Andreeva I.A.* On the morphostructural position of the St. Anna and Franz Victoria trenches in the light of new data // *Razvedka i ohrana nedr.* 1999. No. 7-8. pp. 32-34.
- Komarov A.Yu., Gusev E.A., Krylov A.A., Alekseev A.Yu., Semenov P.B., Elkina D.V., Shatrova E.V., Popova E.A., Kartashov A.O., Belyaev P.Yu., Golosnoy A.S., Zakharov V.Yu.* Seafloor of Barents sea on the western slopes of Perseus rise // *Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia.* 2022. Issue 9. P. 128-132. doi: 10.24412/2687-1092-2022-9-128-132
- Krapivner R.B.* Origin of diamictons on the Barents Sea shelf // *Lithology and Mineral Resources.* 2009. Vol. 44. № 2. P. 120-134. doi: 10.1134/S0024490209020023
- Moroz E.A., Zarajskaya Yu.A., Sukhikh E.A., Sokolov S.Yu., Ermakov A.V., Abramova A.S.* Relief and structure of the upper part of sedimentary cover in the area of the Fedynsky Rise according to acoustic data // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya.* 2020. N. 2. P. 82-91. (In Russ.).
- Musatov E.E.* Distribution of the Cenozoic Cover on the Barents Sea Shelf between Svalbard and Franz-Josef Land Archipelagos // *Oceanology.* 1996. Vol. 36. № 3. P. 444-450.
- Musatov E.E.* Cenozoic sedimentary structure and neotectonics of the Barents-Kara shelf from reflection profiling data // *Russian journal of Earth sciences.* 1998. Vol. 1. Is. 2. doi: 10.2205/1998ES000007
- Pavlidis Yu. A.* Paleogeography and Glaciation of the Arctic Shelf During Late Pleistocene // *Oceanology.* 1997. Vol. 37. № 6. P. 910-914.
- Rokos S.I., Sokolov P.V., Skurihin V.A.* On identification of eluvial sediments in the upper part of Barents-Kara shelf sedimentary section // *Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia.* 2021. Issue 8. P. 188-192. doi:10.24412/2687-1092-2021-8-188-192
- Rudenko O.V., Taldenkova E.E., Shkarubo S.I., Rudenko A.A.* Environmental changes in the Central Deep of the Barents Sea during the late glacial and the Holocene // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya.* 2022. N. 5. P. 123-139. (In Russ.).
- The Barents Sea system. Ed. A.P. Lisitsyn. M. GEOS. 2021. 672 p. doi:10.29006/978-5-6045110-0-8
- Solovyeva M.A., Akhmanov G.G., Montelli A.I.* New important imprints of the Weichselian glaciation recorded in the north-eastern Barents Sea during the TTR-19 and TTR-20 cruises // *Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia.* 2021. Issue 8. P. 222-227. doi:10.24412/2687-1092-2021-8-222-227
- Bjarnadóttir L.R., Winsborrow M.C.M., Andreassen K.* Deglaciation of the central Barents Sea // *Quaternary Science Reviews.* 2014. Vol. 92. P. 208-226. doi: 10.1016/j.quascirev.2013.09.012
- Meltveit A., Paterson N.W., Mangerud G., Mørk A., Lundschieen B.A.* Late Triassic (Carnian) palynology cores 7831/2-U-1 and 7831/2-U-2 from offshore Kong Karls Land, Norwegian Arctic // *2nd Boreal Triassic Conference.* August 29-30, 2015. Longyearbyen, Svalbard. 2015.
- Murdmaa I., Ivanova E., Duplessy J.-C., Levitan M., Khusid T., Bourtman M., Alekhina G., Alekseeva T., Belousov M., Serova V.* Facies system of the Eastern Barents Sea since the last glaciation to present // *Marine Geology.* 2006. Vol. 230. P. 275-303. doi: 10.1016/j.margeo.2006.06.001
- Riis F., Lundschieen B.A., Høy T., Mørk A., Mørk M.B.E.* Evolution of the Triassic shelf in the northern Barents Sea region // *Polar Research.* 2008. Vol. 27. Is. 3. P. 318-338. doi:10.1111/j.1751-8369.2008.00086.x
- Xu G., Hannah J.L., Stein H.J., Mørk A., Vigran J.O., Bingen B., Schutt D.L., Lundschieen B.A.* Cause of Upper Triassic climate crisis revealed by Re-Os geochemistry of Boreal black shales // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* 2014. Vol. 395. P. 222-232. doi: 10.1016/j.palaeo.2013.12.027