

doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-146-157



НОВЫЕ ДАННЫЕ О РЕЛЬЕФЕ ПРИЛАПТЕВОМОРСКОГО СЕКТОРА КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СКЛОНА ЕВРАЗИЙСКОГО БАССЕЙНА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БАТИМЕТРИЧЕСКИХ СЪЕМОК 2022 И 2024 гг.)

✉ Зинченко А.Г.¹, Егоров С.В.², Фирсов Ю.Г.¹, Иванов М.В.¹, Колосков Е.Н.¹

¹ ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

² 280 «Центральное картографическое производство ВМФ», Санкт-Петербург, Россия

✉ anna_zinchenko@mail.ru

Рассмотрены новые современные детальные батиметрические данные по прилаптевоморскому сектору континентального склона Евразийского бассейна и дан их предварительный геоморфологический анализ.

Отмечено исключительное значение данного района для исследования геологического строения и широкого круга природных процессов. Первые модели геологического строения этой области были основаны на интерпретации разрозненных батиметрических и гравимагнитных данных, сведениях о современной сейсмичности и сейсмических материалах по внутренней части шельфа моря Лаптевых, полученных в конце XX, начале XXI века. Изложено современное состояние батиметрической изученности Северного Ледовитого океана, основанное на международных моделях ИВСаО версии 5 и GEBCO 2024. Отмечается ее неравномерность и отсутствие в указанных международных батиметрических моделях результатов российских батиметрических съемок, выполненных в период 2010-2023 гг. для поддержки российского частичного пересмотренного представления на расширенный континентальный шельф в Арктике. Приведены сведения по результатам современной батиметрической съемки, выполненной в 2022 и 2024 г. на океанографическом исследовательском судне «Янтарь» в прилаптевоморском секторе континентального склона Евразийского бассейна. Приводится подробная батиметрическая модель рельефа всего района съемки, а также детальная модель рельефа участка дна с развитием грязевулканических (?) форм.

Предварительный геоморфологический анализ ЦМР, построенной на новых батиметрических данных, позволил существенно дополнить и уточнить ранее имевшиеся сведения. Зафиксированы различия в строении поверхности дна зоны хребта Гаккеля и континентального склона к западу от нее. Выявлены несколько генераций оползневых тел, активные и отмершие долинные формы. В долине Садко имеет место сложное сочетание неотектонических и гравитационных процессов. Даются рекомендации по технологическому оснащению для проведения современных морских геологических исследований.

Ключевые слова: *Северный Ледовитый океан, Арктический бассейн, прилаптевоморский сектор, континентальный склон, Евразийский бассейн, долина Садко, батиметрическая съемка, многолучевой эхолот, цифровые модели, рельеф дна, геоморфологический анализ, оползневые потоки, морская топонимика*

Введение. Лаптевоморский сектор континентальной окраины давно привлекает внимание исследователей геологии и океанологии Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана (СЛО). Данные о рельефе дна при этом являются необходимым базовым слоем информации. В рельефе дна находит отражение геологическая структура, в нем запечатлены результаты действия и эндогенных экзогенных сил. Одновременно с этим рельеф контролирует проявление широкой группы процессов обмена вещества и энергии в системе «шельф-глубоководный бассейн». Специфика лаптевоморского сектора континентальной окраины Евразии заключается в том, что шельф здесь является мелководным и аномально узким. Вследствие этого ярко проявляется связь суши, шельфа и океана, особенно в периоды регрессий, когда береговая линия смещалась в область бровки шельфа. Еще одной важной особенностью этого сектора окраины является то, что к ней подходит срединно-океанический хребет Гаккеля и связанная с ним сейсмоактивная зона. Хребет Гаккеля разделяет Евразийский бассейн на котловины Амундсена и Нансена.

Специфична и конфигурация Евразийского бассейна, поскольку континентальный склон, плавно смыкаясь с западным склоном хребта Ломоносова, образует здесь своеобразное «периклинальное» замыкание бассейна. Данное обстоятельство определяет особенности циркуляции вдольсклоновых потоков вод и вещества. Что касается нисходящих потоков, то своеобразная форма бассейна и наличие хребта Гаккеля также влияет на распространение осадочных масс на дне бассейна.

Зона сочленения хребта с континентальной окраиной до недавнего времени привлекала исключительно научное внимание. Результаты геофизических исследований, выполненных в этом районе, опубликованы в работах: [Грамберг и др., 1990; Гусев и др., 2002; Пискарев и др., 2018] и др. Проблема отчасти состояла в отсутствии надежных сведений о рельефе дна. Район продолжения хребта Гаккеля к юго-востоку от впадины с рабочим названием «впадина Киселева», которую в зарубежных публикациях часто именуют «Gakkel Ridge Deep», является наименее изученным в батиметрическом отношении. Согласно Газетиру GEBCO [Undersea Feature..., 2024], единственный топоним подводного рельефа в этом районе обозначен как «Долина Садко» (Sadko Valley). Фрагмент района «Долина Садко» из Газетира GEBCO представлен на рис.1.

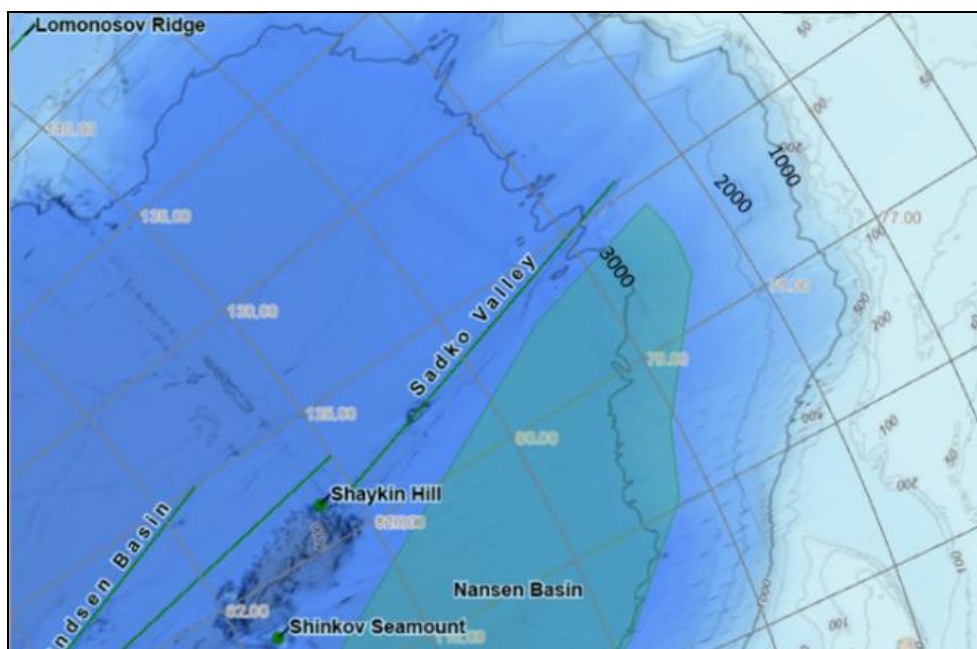


Рис.1. Долина Садко на батиметрической модели из Газетира GEBCO.

Отметим, что границы структуры долина Садко показаны в Газетире GEBCO весьма условно. В пояснениях по этому объекту Газетир GEBCO сообщает, что «долина» начинается от подводного холма Шайкина (Shaykin Hill) до точки на континентальном склоне с приближенными координатами: 78.5° с.ш., 125.5° в.д.

Ретроспективная база батиметрических данных, имеющаяся в Управлении Навигации и Океанографии (УНиО), в этом районе содержит отметки глубин с расстояниями 15-25 км, что не позволяет уверенно проследить структуры донного рельефа. Топоним «Долина Садко» предложен Г.В. Агаповой в память о научно-исследовательском судне (НИС) «Садко», которое в 1930 г. выполнило промер в данном районе. Газетир GEBCO дает следующее пояснения по данной структуре: “*This feature is a shallow linear depression extending from the base of the continental slope to Shakin Hill at the south-east end of Gakkel Ridge. Its topography may suggest "Seachannel" but there are no levees obvious even in this sedimented region*”.

В международных батиметрических моделях [IBCAO v.5] и [GEBCO_2024], район долины Садко показан на основе двух галсов многолучевой съемки, выполненной научно-

исследовательским ледоколом (НИЛ) «Полярштерн» PS-72 (2008 г.) и PS-78 (2011 г.), вдоль простирания этой структуры до границы исключительной экономической зоны (ИЭЗ) РФ и далее к изобате 500 м.

Оценка текущего состояния батиметрической изученности СЛО по состоянию на 2022 г. (батиметрическая модель ИВСаО версии 4) представлена в работе [Jakobsson et al., 2022]. Авторы статьи, являющиеся признанными авторитетами в части картографирования СЛО и членами редколлегии ИВСаО, утверждают, что в СЛО имеются несколько районов с недопустимо низкой батиметрической изученностью. Копия карты с батиметрической изученностью СЛО из статьи [Jakobsson et al., 2022] показана на рис.3. Районы с низкой батиметрической изученностью на картах «а» и «с» из работы [Jakobsson et al., 2022] показаны как «А», «В» и «С».

Оценка состояния батиметрической изученности СЛО на основе реальных глубин, полученных от МЛЭ и использованных для создания модели [ИВСаО v.5] показана на рис.2.

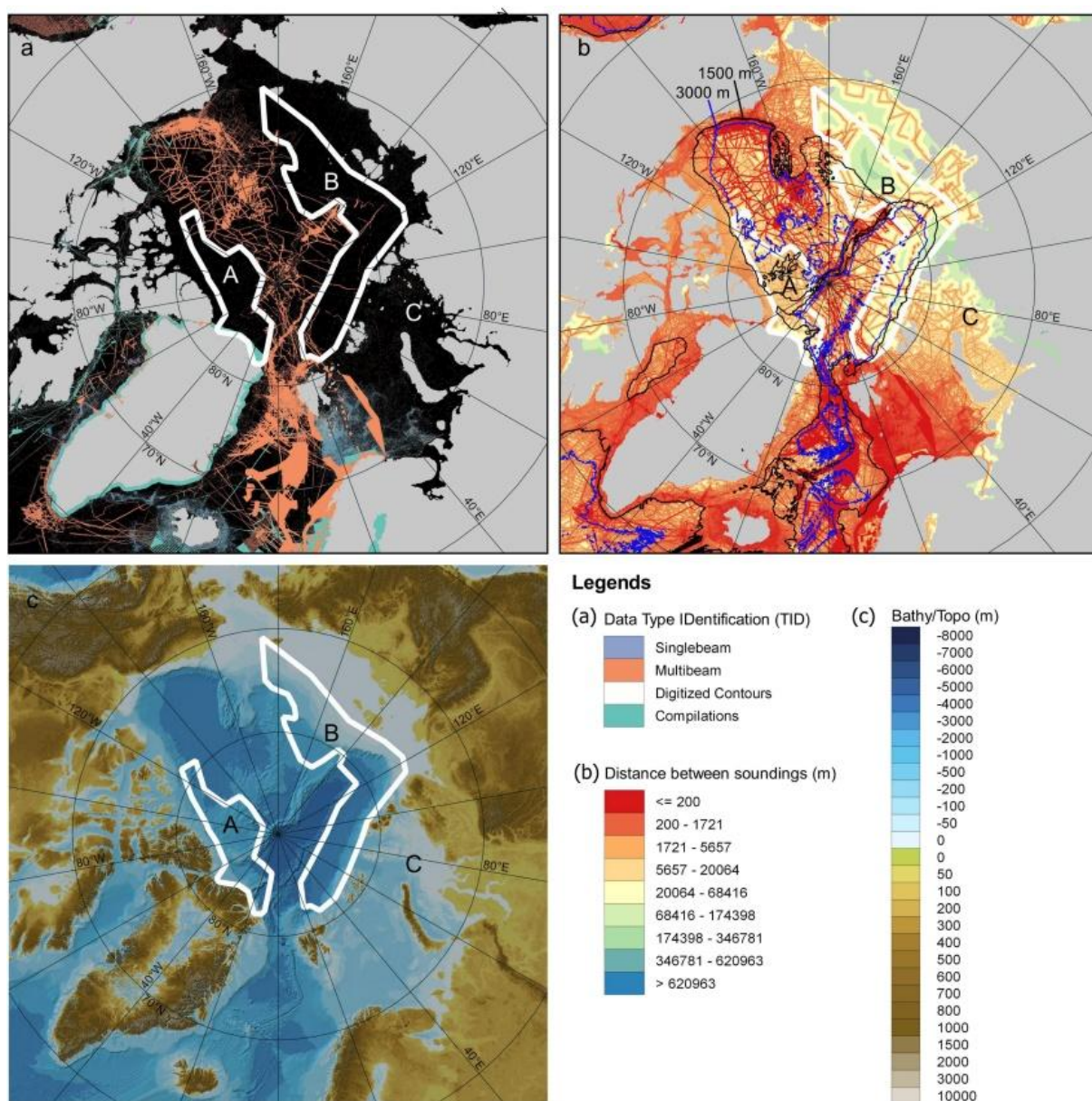


Рис.2. Оценка текущего состояния батиметрической изученности СЛО из работы [Jakobsson et al., 2022].

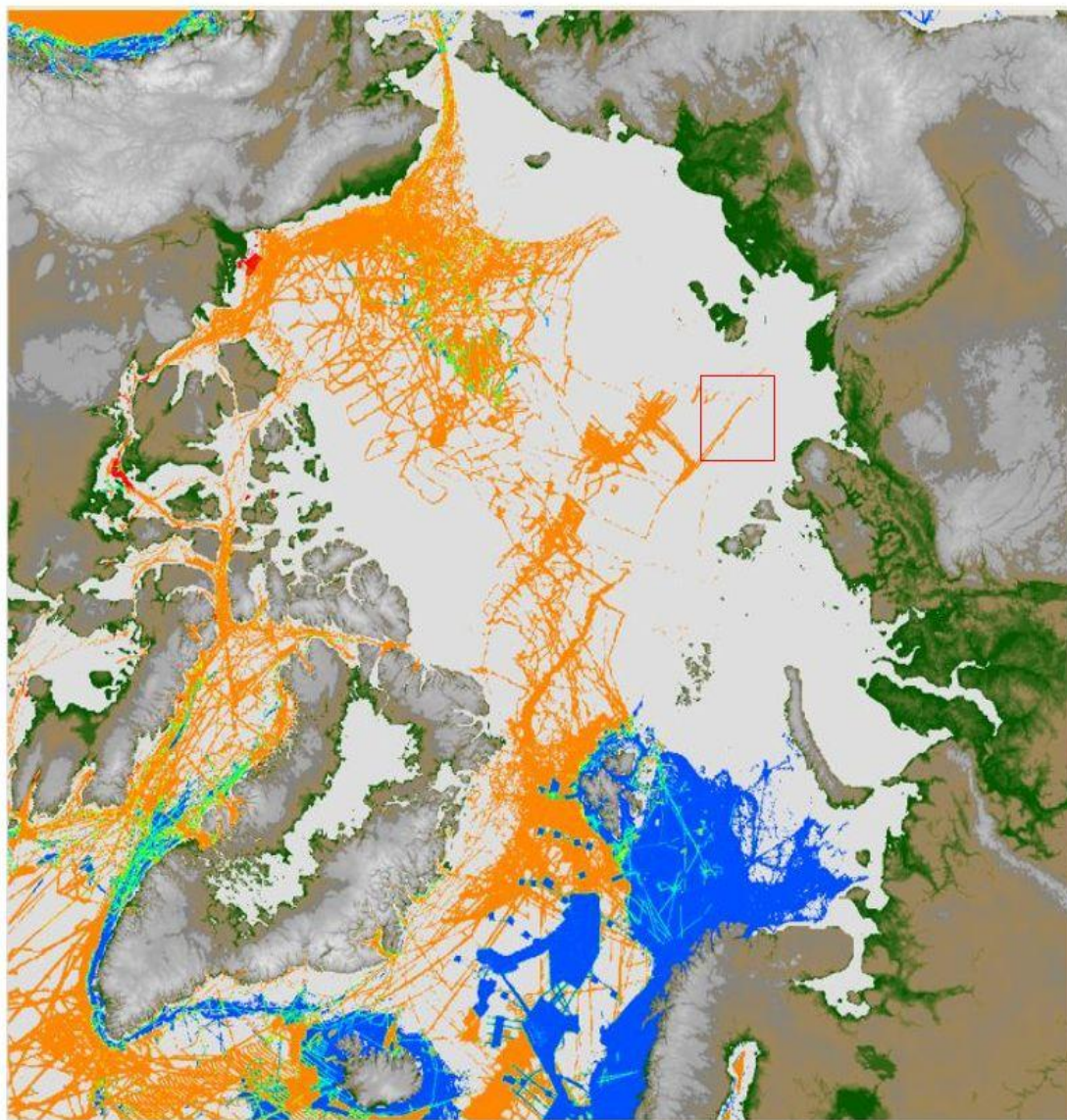


Рис.3. Оценка состояния батиметрической изученности СЛО по модели ИВСаО v.5. Красным прямоугольником обозначен район работ/

Реальные батиметрические данные моделей ИВСаО v. 4 и ИВСаО v.5 доступны для экспорта в виде данных из регулярных сетей, известны как «Type Identifier Data» (TID). Это позволяет извлекать из батиметрических моделей оценки глубин из центров ячеек грида и выполнять сравнение реальных данных о глубинах, полученных по результатам многолучевой съемки. Анализ батиметрических данных TID, положенных в основу сравнения моделей ИВСаО v. 4 и ИВСаО v.5, показывает, что новые данные по лаптевоморскому сектору континентальной окраины в них отсутствуют.

Новый импульс в батиметрическом изучении СЛО придала государственная программа по подготовке представления РФ на расширенный континентальный шельф в Арктике. Частичное пересмотренное Представление Российской Федерации в Комиссию по границам континентального шельфа в отношении континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане было подано в Комиссию в августе 2015 г. [Частичное..., 2015]. Положительные рекомендации по данному представлению РФ получены в марте 2021 [Recommendations..., 2021].

Новое частичное пересмотренное Представление в Комиссию по границам континентального шельфа в отношении континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане в районе хребта Гаккеля [Фирсов и др., 2014] было подано в

2023 г. Это представление находится в стадии рассмотрения Комиссии и требует усиления доказательств в части классификации хребта Гаккеля в качестве подводного хребта в категориях статьи 76 Конвенции по морскому праву 1982 г. Для классификации хребта Гаккеля как подводного хребта требуется предоставление детальных батиметрических данных, которые подтверждают его непрерывность и пространственную связь с евразийским континентом.

Для решения указанных задач в 2022 и 2024 гг. Роснедра были организованы комплексные экспедиционные работы на океанографическом исследовательском судне (ОИС) «Янтарь», принадлежащим Главному Управлению глубоководных исследований Министерства обороны (ГУГИ МО). Фото ОИС «Янтарь» представлено на рис.4.



Рис.4. Океанографическое исследовательское судно «Янтарь».

ОИС «Янтарь» оборудован комплексом на базе глубоководного многолучевого эхолота (МЛЭ) SeaBat-7150 (фирма RESON-TELEDYNE) с частотой 12 /24 кГц.

Карта-схема с проектными районами площадной батиметрической съемки в лаптевоморском секторе континентальной окраины на оси продолжения хребта Гаккеля в долине Садко представлены на рис.5. В дальнейшем для обозначения района будем использовать термин «зона Садко», соответствующий широкой полосе обследования рельефа в лаптевоморском секторе континентальной окраины.

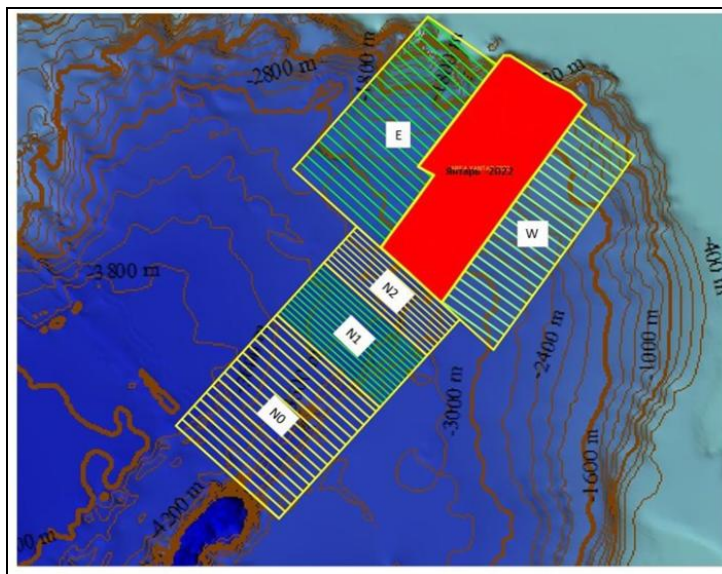


Рис. 5. Карта-схема площадной батиметрической съемки в лаптевоморском секторе континентальной окраины в районе долины Садко.

В лаптевоморском секторе континентальной окраины по оси долины Садко были спроектированы площади съемки: N1, N2, N3 и N4, а также резервные районы - площади «Е» и «W», которые предназначались для выполнения съемки при сложных ледовых условиях на площадях «N0- N3». В 2022 г. удалось выполнить площадную съемку на площади N3, которая на карте-схеме (рис. 5) показана красной заливкой. В 2024 г. площадная батиметрическая съемка в зоне Садко на ОИС «Янтарь» была продолжена, однако, в связи с тяжелыми ледовыми условиями удалось выполнить детальную площадную съемку только на площади «W» (см. рис. 5).

Первичные батиметрические данные МЛЭ SeaBat-7150 по рейсам ОИС «Янтарь» 2022 и 2024 были обработаны специалистами ООО «Гидро-Си» с использованием современных гидрографических программных продуктов и представлены в виде файлов формата *.csar (файлы батиметрического архива фирмы CARIS).

По результатам детальной батиметрической съемки впервые были построены цифровые модели рельефа (ЦМР) с размерностью регулярной сетки 40-100 м в зависимости от глубины. ЦМР дна на районы «N4» и «W» с размерностью ячейки регулярной сетки 40 м представлена на рис.6. ЦМР дна в районах «N4» и «W» с размерностью ячейки регулярной сетки 40 м и сечением изобат 200 м. представлена на рис.7. На ЦМР с размерностью ячейки регулярной сетки 40 м участникам экспедиции удалось визуально обнаружить поле предположительно с грязевыми вулканами на глубине 2000 м [Каминский и др., 2024]. На батиметрической модели, представленной на рис.6. этот поле выделено белым квадратом.

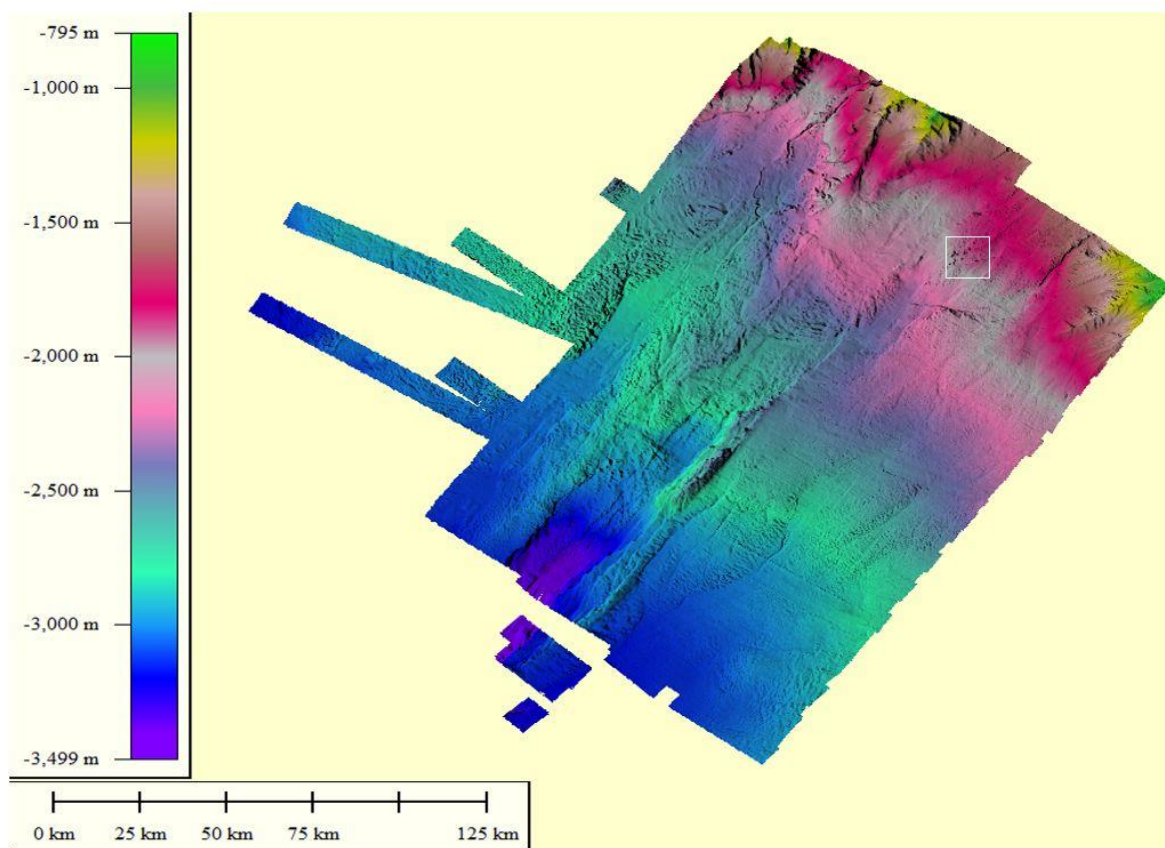


Рис.6. ЦМР с размерностью ячейки регулярной сетки 40 м на районы «N4» и «W»

Возможности МЛЭ SeaBat-7150 на глубине 2000 м. при скорости хода 6 узлов (≈ 3 м/с) позволяют получать батиметрические данные в виде отметок глубин на дне с высокой плотностью и создавать на этой основе детальные 2D/3D геоизображения подводного рельефа. По результатам обработки батиметрических данных в экспедиции 2024 г. из

программного пакета CARIS HIPS были экспортированы полностью обработанные данные в виде отметок исправленных глубин. При этом расстояния между отметками глубин на глубине 2000 м. составило 20-25 м.

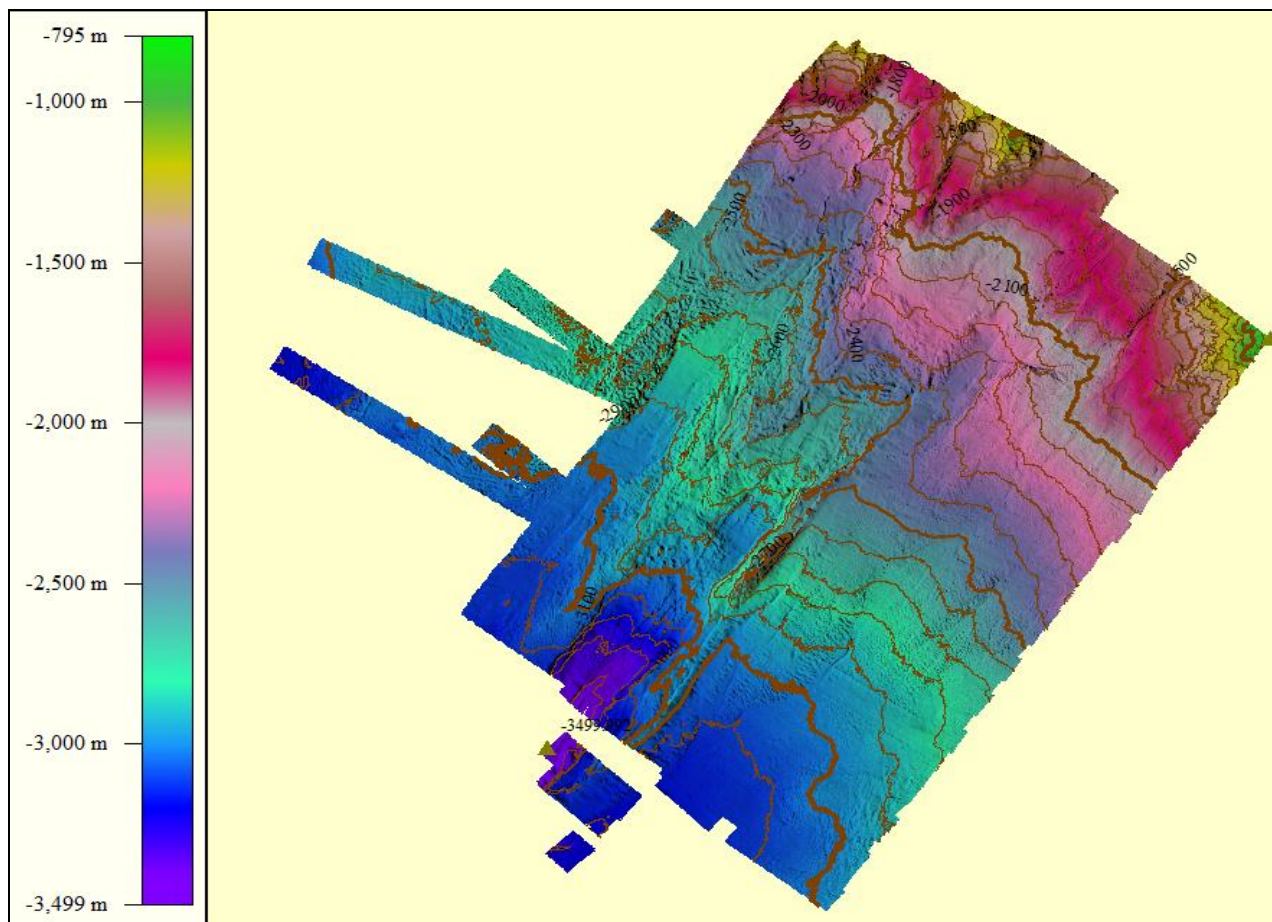


Рис.7. ЦМР с размерностью ячейки регулярной сетки 40 м и сечением изобат 200 м

По результатам обработки батиметрических данных в экспедиции 2024 г. из программного пакета CARIS HIPS были экспортированы полностью обработанные данные в виде отметок исправленных глубин. При этом расстояния между отметками глубин на глубине 2000 м составило 20-25 м. Такая детальность позволяет использовать альтернативный метод создания ЦМР в виде нерегулярной треугольной сети (TIN=Triangulated Irregular Network). Модель поверхности, построенная ЦМР в виде 2D нерегулярной треугольной сети (TIN), с положением на дне малоразмерных объектов, предположительно, грязевых вулканов, показана на рис.8.

Модель поверхности в варианте 3D TIN, с положением на дне малоразмерных экзогенных объектов показана на рис. 9.

Возможности современных МЛЭ пятого поколения и гидрографического программного обеспечение постоянно возрастают. Современный МЛЭ способен, кроме батиметрии, обеспечить получение растровых акустических изображений дна (изображения МЛЭ - опция гидролокатора бокового обзора), а также регистрировать акустические данные о наличии объектов в водной толще. Положение границ 3D изображения, представленного на рис. 9, показано в желтой рамке на рис. 8. Внедрение в практику новых гидроакустических технологий, открывающих новый этап исследования морского дна, изложено в работе [Фирсов и др., 2014]. Методы получения акустических данных об объектах в водной толще попутно с выполнением батиметрической съемки с МЛЭ рассмотрены в работе [Колосков и Фирсов, 2015].

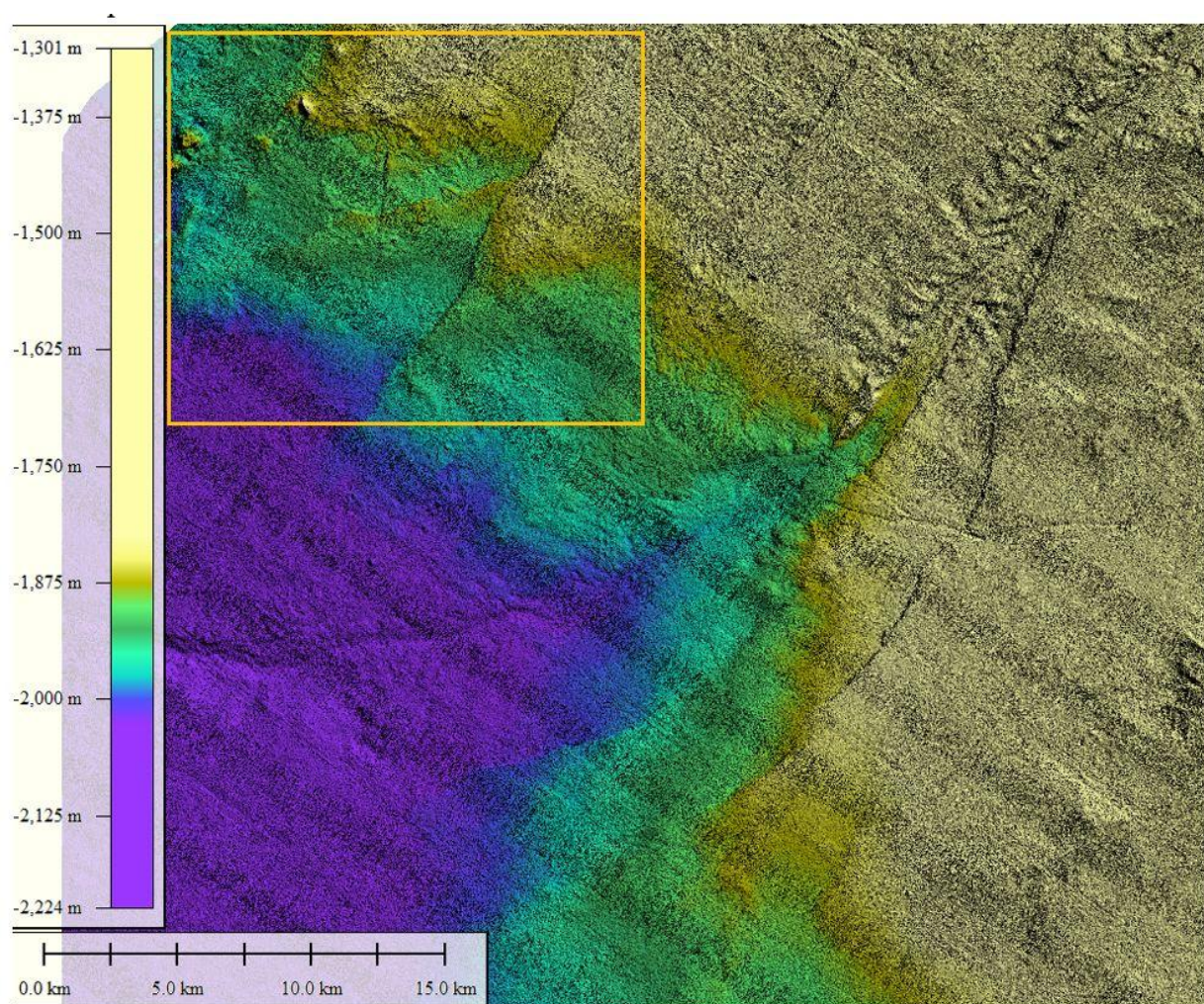


Рис. 8. Модель поверхности дна в виде 2D нерегулярной треугольной сети (TIN)

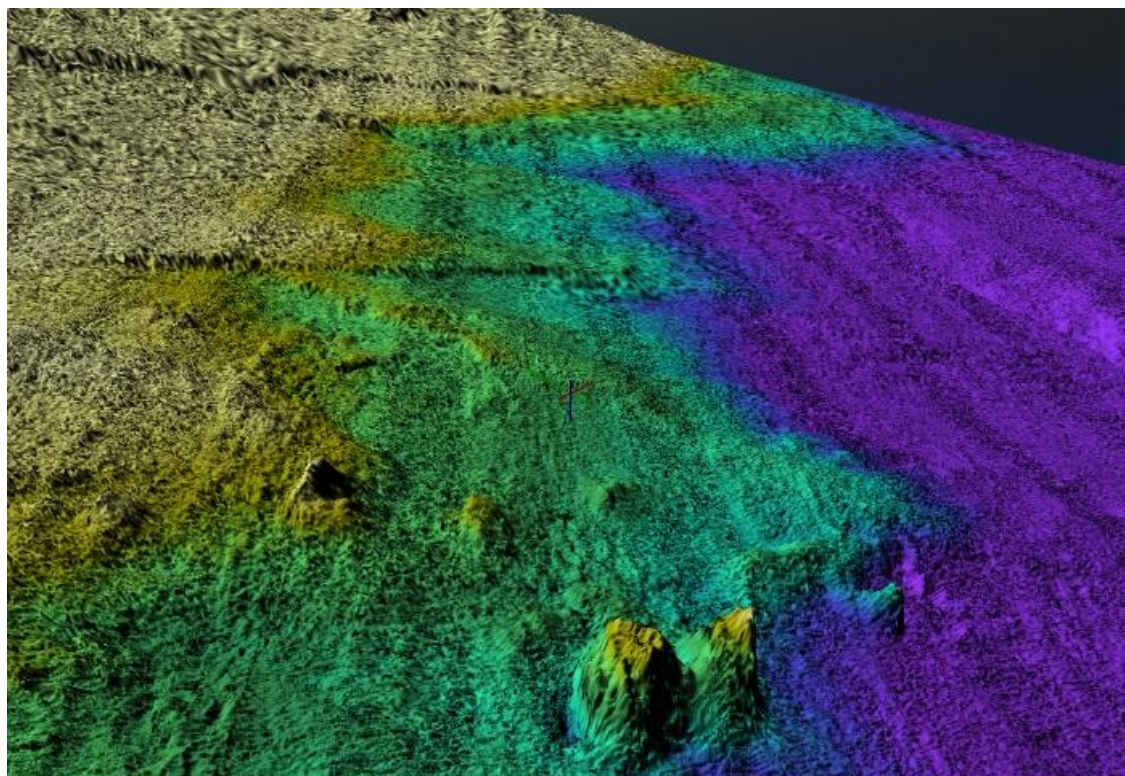


Рис. 9. Модель поверхности в виде 3D TIN, с положением на дне малоразмерных объектов

Отечественные батиметрические съемки 2022 и 2024 гг., выполненные в зоне Садко, на ОИС «Янтарь» с использованием МЛЭ, показали особенности строения этой зоны. Площадная батиметрическая съемка в этом районе выполнялась впервые. Использование ОИС «Янтарь» для геологических целей наиболее удобно, поскольку судно является носителем телеуправляемого необитаемого аппарата (ТНПА) и системы динамического позиционирования, позволяющей его эффективно эксплуатировать.

Предварительный геоморфологический анализ ЦМР, построенной на новых батиметрических данных, позволил существенно дополнить имевшиеся сведения, уточнить и скорректировать ранее выполненные построения, в частности, «Геоморфологическую карту СЛО» м-ба 1:5 000 000 [Зинченко и Фирсов, 2018; 2023] и геоморфологическую схему для листа Т-49-52 Госгеолкарты 1000/3. В верхней крутой части континентального склона зафиксированы лоткообразные формы, возникшие вследствие отрыва оползней. Выявлены несколько генераций оползневых тел, в том числе, весьма протяженных, распространяющихся до глубин свыше 3000 м. Ясно выражены их фронтальные части с характерным дугообразным грядовым рисунком поверхности. Впервые получили отражение долинные формы разной морфологии, имеющие свои особенности развития в разных интервалах глубин. Среди них зафиксированы как активные, так и отмершие. Отмечены участки эрозионно-гравитационного рельефа. На основе новых данных выявились различия в строении поверхности дна в зоне Садко и к западу от нее. В зоне Садко имеет место сложное сочетание неотектонических и гравитационных процессов. Долина на значительном протяжении заполнена оползневыми массами нескольких фаз, что сказывается на характере продольного и поперечного профиля долины. Оползневые языки частично нарушены последующими продольными сбросами. Область к западу от зоны Садко характеризуется значительно менее контрастным рельефом дна, на котором поверхность оползневых масс заметно сnivelирована последующей аккумуляцией.

Заключение. Новые данные съемок 2022-2024 гг. позволили уточнить детали строения участка рифтовой долины хребта Гаккеля к юго-востоку от впадины Киселева и прилегающих к ней площадей, объединенных рабочим наименованием «зона Садко». Были конкретизированы границы, особенности и размеры грядовых и долинных форм, выявлены несколько генераций оползневых тел, уточнено их распространение. В дальнейшем анализ полученных батиметрических данных будет продолжен.

В ходе проведенных работ очередной раз проявилась бедность отечественной топонимической базы в Арктическом бассейне. Отсутствие необходимых географических названий затрудняет географическую привязку и описание результатов работ. Требуют своего наименования новые и давно известные объекты морского дна, в названиях которых необходимо увековечить имена представителей предшествующих поколений самоотверженных исследователей Российской Арктики [Аветисов, 2006; Фирсов и Зинченко, 2019]

Благодарности. Авторы выражают свою благодарность командованию ГУГИ МО за предоставления судна для экспедиционных работ ВНИИОкеангеология, а также капитану и экипажу ОИС «Янтарь» за образцовое выполнение своих обязанностей по вождению судна при выполнении многолучевой батиметрической съемки.

ЛИТЕРАТУРА

Аветисов Г.П. Арктический мемориал. Всероссийский науч.-исслед. ин-т геологии и минеральных ресурсов Мирового океана (ВНИИОкеанология). СПб: Наука, 2006. 617 с.

Грамберг И.С., Деменицкая Р.М., Секретов С.Б. Система рифтогенных грабенов шельфа моря Лаптевых как недостающего звена рифтового пояса хребта Гаккеля - Момского рифта // Доклады Академии наук СССР. 1990. Т. 311. №3. С.689-694.

Гусев Е.А., Зайончек А.В., Мэннис М.В., Рекант П.В., Рудой А.С., Рыбаков К.С., Черных А.А. Прилаптевоморское окончание хребта Гаккеля // Геолого-геофизические

характеристики литосферы Арктического региона. ВНИИОкеангеология. СПб., 2002. Вып. 4. С. 40–54.

Зинченко А.Г., Фирсов Ю.Г. Геоморфология дна Северного Ледовитого океана в контексте Конвенции ООН по морскому праву 1982 года // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2018. Т. 10. № 4. С. 734–751. doi: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-734-751

Зинченко А.Г., Фирсов Ю.Г. Картографические источники данных о рельефе дна Северного Ледовитого океана для геологических целей // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2023. Выпуск 10. С.100-109. do: 10.24412/2687-1092-2023-10-100-109

Каминский Д.В., Крылов А.А., Татаринов В.Ю., Пилицын А.Г., Рогова И.В., Аксёнов А.О., Семенов П.Б., Киль А.О., Лодочникова А.С., Шатрова Е.В., Логвина Е.А. Первые результаты исследований области сочленения хребта Гаккеля с шельфом моря Лаптевых в экспедиции Арктика-2024 // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2024. Выпуск 11. С. 166-175. doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-166-175

Колосков Е.Н., Фирсов Ю.Г. Применение современных гидрографических технологий для изучения рельефа и донного газопроявления в северных морях России // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 54–62. doi: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-54-62

Пискарев А.Л., Аветисов Г.П., Куреев А.А., Казанин Г. С., Поселов В.А., Савин В.А., Смирнов О.Е., Элькина Д.В. Строение зоны перехода шельф моря Лаптевых–Евразийский бассейн (Северный Ледовитый океан) // Геотектоника 2018. №6. С.3-24. doi:10.1134/S0016853X18060061

Фирсов Ю.Г., Иванов М.В., Колосков Е.Н. Новый этап батиметрических исследований северных акваторий России на примере Карского моря // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2014. № 6 (28). С. 115–124.

Фирсов Ю.Г., Зинченко А.Г. Проблемы наименования равнин и котловин Центрально-арктической области поднятий Северного Ледовитого океана // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2019. Т. 11. № 2. С. 315–331. doi: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-315-331

Частичное пересмотренное Представление Российской Федерации в Комиссию по границам континентального шельфа в отношении континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане. 2015 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.un.org/depts/los/clcs_new/submissions_files/rus03/2023rusrev3r.pdf (дата обращения: 18.11.2024).

Jakobsson M., Mayer L.A. Polar Region Bathymetry: Critical Knowledge for the Prediction of Global Sea Level Rise // *Frontiers in Marine Science*. 2022. Vol. 8. 788724. doi: 10.3389/fmars.2021.788724

Recommendations of the Commission on the limits of the continental shelf in regard to the partial revised submission made by the Russian Federation in respect of the Arctic Ocean on 3 august 2015 with addenda submitted on 31 march 2021. https://www.un.org/Depts/los/clcs_new/submissions_files/rus01_rev15/2023RusRev1RecSum.pdf

The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO v.5). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/arctic_ocean/ (дата обращения: 18.11.2024).

The GEBCO_2024 Grid [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/ (дата обращения: 18.11.2024).

Undersea Feature Names Gazetteer. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.ngdc.noaa.gov/gazetteer/> (дата обращения: 18.11.2024).

NEW DATA ON THE RELIEF OF THE LAPTEV SEA SECTOR OF THE EURASIAN BASIN CONTINENTAL SLOPE (BASED ON THE RESULTS OF BATHYMETRIC SURVEYS IN 2022 AND 2024)

Zinchenko A.G.¹, Egorov S.V.², Firsov Yu.G.¹, Ivanov M.V.¹, Koloskov E.N.¹

¹ VNIIOkeangeologiya, St. Petersburg, Russia

² 280 "Central Cartographic Production of the Navy", St. Petersburg, Russia

New detailed current bathymetric data on the subsurface sector of the continental slope of the Eurasian basin were considered and their preliminary geomorphological analysis was given. The area is of exceptional importance for the study of geological structure and a wide range of natural processes. The first models of geological structure of this area were based on interpretation of scattered bathymetric and gravimagnetic data, information about modern seismicity and seismic materials on the inner part of the Laptev Sea shelf, obtained in the late 20th century, early 21st century. The present state of bathymetric study of the Arctic Ocean based on international models IBCAO version 5 and GEBCO 2024 is presented. It is noted that the international bathymetric models are uneven and do not include the results of Russian bathymetric surveys carried out between 2010 and 2023. To support the Russian partial revised submission for the extended continental shelf in the Arctic. The information is provided on the results of a modern bathymetric survey carried out in 2022 and 2024 on an oceanographic research vessel «Amber» in the subseaboard sector of the continental slope of the Eurasian basin. Detailed bathymetric model of the entire survey area, as well as a detailed model of the bottom section with development of muddy-gully forms. The preliminary geomorphological analysis of MRC, based on new bathymetric data, has significantly improved and refined previously available information. Differences in the structure of the surface of the bottom of the zone of the Gakkel ridge and the continental slope to the west of it have been recorded. Several generations of landslide bodies, active and dead valley forms were identified. In the Sadko valley, a complex combination of neotectonic and gravitational processes takes place. Recommendations on technological equipment for conducting modern marine geological surveys.

Keywords: Arctic Ocean, Arctic Basin, Laptev sector, continental slope, Eurasian Basin, Sadko Valley, bathymetric survey, multibeam echosounder, digital models, bottom relief, geomorphological analysis, landslide flows, marine toponymic

REFERENCES:

- Avetisov G.P.* Arctic Memorial. All-Russian Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean (VNIIOceanology). SPb:Nauka, 2006. 617 p.
- Gramberg I.S., Demenitskaya R.M., Sekretov S.B.* The system of riftogenic grabens of the Laptev Sea shelf as a missing link in the rift belt of the Gakkel Ridge - Momyky Rift // *Doklady of the USSR Academy of Sciences*. 1990. Vol. 311. No. 3. P. 689-694.
- Gusev E.A., Zajonchek A.V., Mannis M.V., Rekant P.V., Rudoy A.S., Rybakov K.S., Chernykh A.A.* Prilaptevomorskaya termination of the Gakkel Ridge // *Geological and geophysical characteristics of the lithosphere of the Arctic region*. VNIIOkeangeologiya. SPb., 2002. Vol. 4. P. 40-54.
- Zinchenko A.G., Firsov Yu.G.* Geomorphology of the Arctic ocean in the context of The United Nations Convention on the law of the sea 1982 // *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* // 2018. Vol. 10. N.4. P. 734-751. doi: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-734-751
- Zinchenko A.G., Firsov Yu.G.* The cartographic information sources about the bottom relief of the Arctic Ocean for geological implementation // *Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2023. Issue 10. P. 100-109. doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-100-109
- Kaminsky D.V., Krylov A.A., Tatarinov V.Yu., Pilitsyn A.G., Rogova I.V., Aksonov A.O., Semenov P.B., Kil' A.O., Lodochnikova A.S., Shatrova E.V., Logvina E.A.* First results of studies of the junction area of the Gakkel Ridge with the Laptev Sea shelf during the Arctic-2024 expedition // *Relief and Quaternary Formations of the Arctic, Subarctic and North-West Russia*. 2024. Issue 11. P. 166-175. doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-166-175

Koloskov E.N., Firsov Yu.G. Application of modern hydrographic technologies to study the relief and bottom gas occurrence in the northern seas of Russia. // *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*. 2015. № 3 (31). P. 54–62. doi: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-54-62.

Piskarev A., Avetisov G. Kireev A. Kazanin G. Poselov V. Savin V., Smirnov O. Elkina D. Structure of the Laptev Sea Shelf–Eurasian Basin Transition Zone (Arctic Ocean) // *Geotectonics*. 2018. Vol.52 №6. P. 589-608. doi:10.1134/S0016853X18060061

Firsov Yu.G., Ivanov M.V., Koloskov E.N. A new stage of bathymetric studies of the northern water areas of Russia on the example of the Kara Sea. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*. 2014. № 6 (28). P. 115–124.

Firsov Yu.G., Zinchenko A.G. The problems of naming the plains and basins of the Central Arctic area of rises of the Arctic Ocean // *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2019. Vol. 11. Is. 2. P. 315–331. doi: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-315-331

Partially revised Submission of the Russian Federation to the Commission on the Limits of the Tinental Shelf in respect of the continental shelf of the Russian Federation in the Arctic Ocean. 2015. https://www.un.org/depts/los/clcs_new/submissions_files/rus03/2023rusrev3r.pdf

Jakobsson M., Mayer L.A. Polar Region Bathymetry: Critical Knowledge for the Prediction of Global Sea Level Rise // *Frontiers in Marine Science*. 2022. Vol. 8. 788724. doi: 10.3389/fmars.2021.788724

Recommendations of the Commission on the limits of the continental shelf in regard to the partial revised submission made by the Russian Federation in respect of the Arctic Ocean on 3 august 2015 with addenda submitted on 31 march 2021. https://www.un.org/Depts/los/clcs_new/submissions_files/rus01_rev15/2023RusRev1RecSum.pdf

The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO v.5). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/arctic_ocean/ (дата обращения: 18.11.2024).

The GEBCO_2024 Grid [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/ (дата обращения: 18.11.2024).

Undersea Feature Names Gazetteer. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.ngdc.noaa.gov/gazetteer/> (дата обращения: 18.11.2024).