

## CARTOGRAPHIC SUPPORT ISSUES IN THE ARCTIC OCEAN STUDYING AND BATHYMETRIC INVESTIGATION OBJECTIVES IN THE RUSSIAN ARCTIC

**Yu. G. Firsov<sup>1</sup>, A. G. Zinchenko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> — FSBI “VNIIOkeangeologia”, St. Petersburg, Russian Federation

*The current state and issues of the bathymetric investigations of the Arctic Ocean are examined in the study. The main sources of bathymetric data in the Central Arctic region and Arctic seas are characterized. The main possibilities to solve these issues in order to improve the efficiency of oncoming bathymetric investigation in the Russian Arctic sector for solving the urgent practical and scientific tasks of the Russian Federation in the Arctic region are discussed. The problem of hydrographic investigation and marine cartography of the new high latitude routes in the Northern Sea Route and bathymetric investigations of the South-Eastern part of Gakkel Ridge which are important for the Russian extended continental shelf submission is covered as one of the main issues. The importance of a new hydrographic investigation at the high latitude routes in the East Siberian Sea in order to provide the possibility of year-round navigation for the large-tonnage Arc7-class icebreaking liquefied natural gas carriers is especially emphasized. The questions of geof ormation and ice satellite support for efficient navigation along the Northern Sea Route are considered. It is concluded that the poor hydrographic knowledge of the new high latitude route in the East Siberian Sea and the lack of electronic navigation charts will prevent the possibility of establishing the year-round navigation for Arc7-class icebreaking liquefied natural gas carriers during the coming several years. It is stated that hydrographic investigations carried out on the sections of the Northern Sea Route must adhere to the requirements of the International Hydrographic Organization. The urgency of developing the state integrated bathymetric database for the Arctic Ocean including the arctic seas data along with the necessity of providing all Russian bathymetric data acquired in the Arctic region to the assigned national center is discussed. The FKU 280 ZKP VMF is proposed as such national center. The importance of bathymetric maps of the Arctic Ocean is noted. The main role of creating the electronic bathymetric maps using modern technology and analytical geomorphological mapping on the basis of the system-oriented morphological approach in Earth science is emphasized.*

*Keywords: Arctic region, Arctic Ocean, East Siberian Sea, arctic shelf, Arctic Basin, Northern Sea Route, bottom relief, mapping, hydrographic investigations, bathymetric maps, geomorphological maps.*

**For citation:**

Firsov, Yury G., and Anna G. Zinchenko. “Cartographic support issues in the Arctic Ocean studying and bathymetric investigation objectives in the Russian Arctic.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 15.2 (2023): 226–246. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-2-226-246.

**УДК 551.462.33(268)**

## ПРОБЛЕМЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА И ЗАДАЧИ БАТИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ

**Ю. Г. Фирсов, А. Г. Зинченко**

<sup>1</sup> — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup> — ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Дан обзор современного состояния и проблем батиметрических исследований Северного Ледовитого океана. Охарактеризованы основные источники батиметрических данных по Центральному Арктическому бассейну и окраинным арктическим морям. Предложены основные пути решения существующих проблем в целях повышения эффективности дальнейшего батиметрического изучения Арктической зоны Российской Федерации.*

Федерации и обеспечения практических и научных задач в Арктическом регионе. В качестве первоочередных задач выделено гидрографическое и картографическое обеспечение высокоширотных трасс Северного морского пути и батиметрическая съемка юго-восточной части хребта Гаккеля для обеспечения российского представления на расширенный континентальный шельф в Арктике. Отмечается актуальность гидрографических исследований новых высокоширотных трасс в Восточно-Сибирском море для обеспечения круглогодичной навигации СПГ-танкеров ледового класса «Arc7». Рассмотрены вопросы современного информационного обеспечения Северного морского пути. Сформулирован вывод о том, что низкая гидрографическая изученность новой высокоширотной трассы в Восточно-Сибирском море и отсутствие навигационных карт по трассе будут в ближайшие годы препятствовать возможности осуществления круглогодичной навигации СПГ-танкеров. Подчеркивается, что гидрографические съемки на трассе Северного морского пути должны выполняться в соответствии с требованиями стандартов Международной гидрографической организации. Обоснована необходимость формирования современной единой государственной базы батиметрических данных Северного Ледовитого океана, включая арктические моря России и необходимость предоставления всех вновь полученных данных по рельефу дна в национальный центр, в качестве которого рекомендован ФКУ «280 ЦКП ВМФ». Указаны особенности и значение батиметрических карт Северного Ледовитого океана и создаваемых на их основе геоморфологических карт. Отмечается главенствующая роль электронных батиметрических карт, созданных на основе современных технологий с применением аналитического геоморфологического картографирования на основе использования методик системно-морфологического направления в науках о Земле.

*Ключевые слова:* Арктический регион, Северный Ледовитый океан, арктический шельф, Центральный Арктический бассейн, Северный морской путь, СПГ-танкер, Восточно-Сибирское море, рельеф морского дна, картографирование морского дна, гидрографические исследования, электронные батиметрические карты, цифровые геоморфологические карты.

**Для цитирования:**

Фирсов Ю. Г. Проблемы картографического обеспечения при изучении Северного Ледовитого океана и задачи батиметрических исследований в российской Арктике / Ю. Г. Фирсов, А. Г. Зинченко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2023. — Т. 15. — № 2. — С. 226–246. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-2-226-246.

### **Введение (Introduction)**

Круг научных и хозяйственных задач, реализуемых Российской Федерацией (РФ) в Арктическом регионе, постоянно расширяется. Изучение и освоение природных ресурсов, транспортная деятельность на трассе Северного морского пути (СМП), исследования климатических изменений и их последствий, анализ состояния природной среды, прогноз опасных процессов, подводные археологические исследования — все эти исследования невозможны без качественного картографического обеспечения, которое, в соответствии с современными требованиями, в первую очередь должно включать батиметрические и геоморфологические карты нового уровня, комплексирование которых открывает новые возможности для анализа и синтеза разнообразных данных, а также выработки подходов к решению существующих проблем. В конечном итоге наличие полных и достоверных цифровых моделей рельефа дна в геоинформационных системах (ГИС) необходимо для принятия правильных управленческих решений, в том числе в чрезвычайных ситуациях.

Вопросы батиметрической изученности приобрели особое значение в последние два десятилетия в связи с подготовкой и защитой частичного пересмотренного представления РФ на расширенный континентальный шельф в Северном Ледовитом океане (СЛО) [1]. В частности, важное место занимает обеспечение эффективной эксплуатации СМП. Для реализации поставленных задач необходим поиск новых подходов к картографическому обеспечению, которое должно включать создание батиметрических и геоморфологических карт современного уровня точности и детальности. Их комплексирование открывает новые возможности для анализа и синтеза разнообразных данных, а также выработки подходов к решению существующих проблем.

Исторически Россия всегда занимала передовые позиции в исследованиях Арктики, которые значительно укрепились после Второй мировой войны, когда батиметрическое изучение шельфов арктических морей России было выделено в отдельное направление по обеспечению СМП. Изучение Центрального Арктического бассейна (ЦАБ) имело в значительной степени

военно-оборонительный характер. В 70–80-е гг. XX в. в морях российской Арктики началось проведение геолого-геофизических исследований, однако в 90-е гг. XX в. объем российских исследований был существенно сокращен. В начале XXI в. интерес к батиметрии ЦАБ возобновился в связи с необходимостью обоснования пересмотренной внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) России в СЛО. Постепенно батиметрические работы начали выполняться на новом технологическом уровне как для обеспечения СМП, так и для проведения геофизических работ. В последнее десятилетие наблюдается существенная интенсификация исследований Арктики, в том числе батиметрических. Однако для достижения необходимого уровня батиметрической изученности требуется решение ряда проблем.

### Методы и материалы (Methods and Materials)

В СЛО, ввиду особенностей рельефа, выделяются две части: ЦАБ со значительными глубинами, достигающими 3800–4200 м и более, а также окружающий его относительно мелководный шельф с глубинами, редко превышающими 200 м [2] — рис. 1. Состояние изученности рельефа дна, способы его исследования и цели, преследуемые в этих двух частях океана, имеют свои особенности. Границей между шельфом и ЦАБ является бровка шельфа — выпуклый перегиб профиля дна, за которым начинается отчетливое нарастание глубин в направлении глубоководья.

История исследований рельефа дна СЛО рассмотрена в обзорах, содержащихся в многочисленных отечественных работах, опубликованных в 2017–2019 гг. [3]–[8].

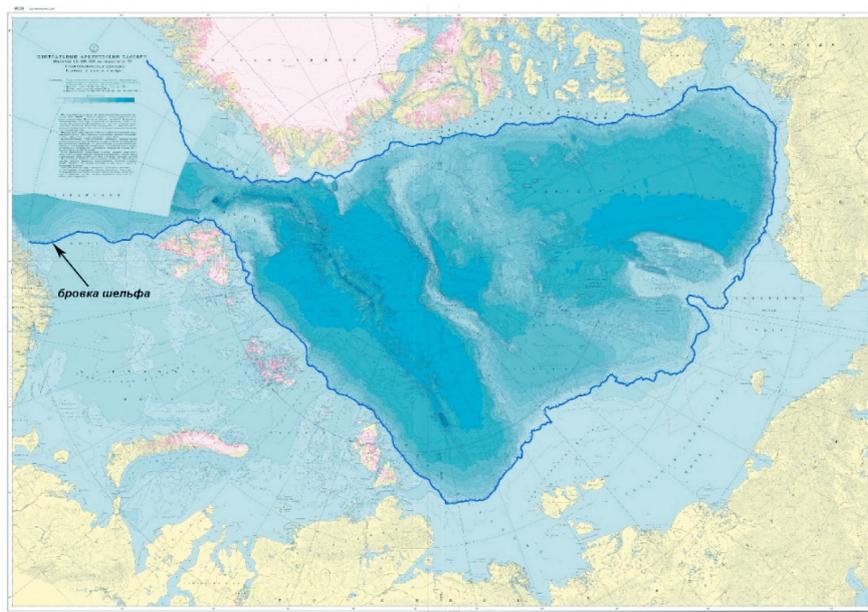


Рис. 1. Бровка шельфа Северного Ледовитого океана на батиметрической карте «Центральный Арктический бассейн» (адмиралтейский номер 91115)

Широкомасштабные отечественные гидрографические и геолого-геофизические работы, начавшиеся после Второй мировой войны, были ознаменованы открытием советскими исследователями в 1948 г. хребтов Ломоносова и Гаккеля, а в 1949 г. — поднятия Менделеева. В 1966 г. была издана «Геоморфологическая карта Северного Ледовитого океана и его побережий» масштаба 1:5000 000 [9], в максимальной степени учитывающая гидрографическую изученность СЛО на тот период. Основой для ее шельфовой части служил комплект батиметрических карт окраинных морей, подготовленный В. Т. Мартыновым по материалам работ Гидрографического предприятия (ГП) Министерства морского флота (ММФ) СССР. К сожалению, эта уникальная геоморфологическая карта малоизвестна даже в России. Важным суммирующим результатом работ в СЛО был изданный в 1980 г. Атлас океанов [9].

Изучение рельефа дна северных морей СССР, которое в послевоенное время проводилось силами ГП ММФ, было направлено главным образом на обеспечение безопасности мореплавания в первую очередь по трассам СМП. В 1950–70-е гг. для позиционирования гидрографических работ применялись отечественные фазовые радионавигационные системы и однолучевые эхолоты. Позже, в 1980-е гг., на специализированных гидрографических судах ГП использовались зарубежные РНС и однолучевые эхолоты типа Atlas DESO-20. Первоочередные работы в 1950-е гг. проводились в южной части арктических морей, вдоль всех побережий. Итогом первого этапа этих работ явилось создание комплекта навигационных морских карт (НМК) различного масштаба, обеспечивших навигационную безопасность плавания по трассе СМП для судов с осадкой 6–10 м. В настоящее время комплект навигационных морских карт (НМК) на трассу СМП, изданных Управлением навигации и океанографии (УНиО) МО РФ, включает более 680 единиц, из них на Карское море приходится более 440 НМК [10]. Коллекция электронных навигационных карт (ЭНК) по трассе СМП в настоящее время составляет более 387 единиц. На рис. 2 представлены НМК юго-западной части Карского моря.

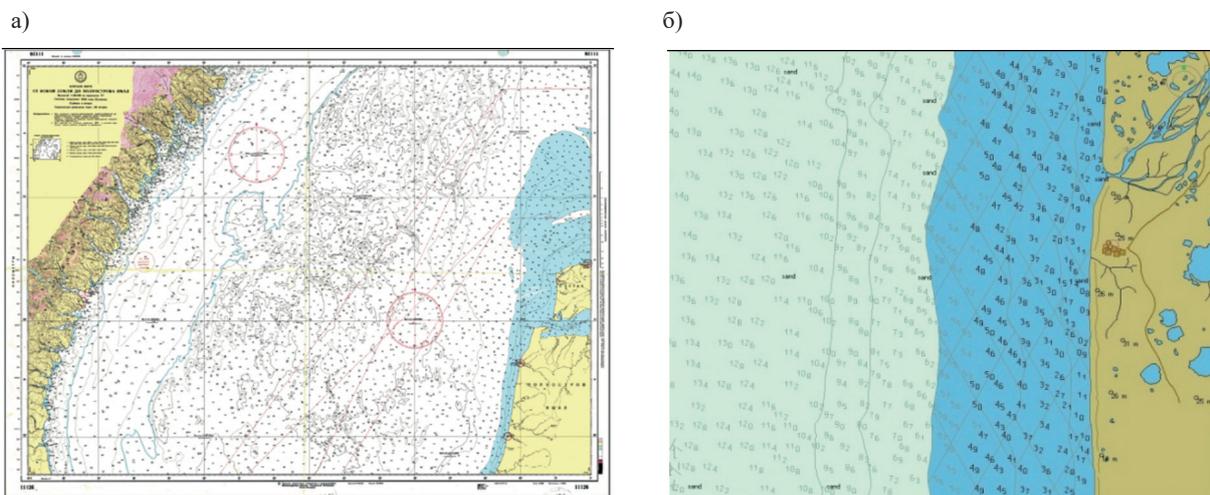


Рис. 2. Примеры навигационных морских карт:  
 а — НМК юго-западная часть Карского моря (адмиралтейский номер 11126) масштаба 1: 500 000;  
 б — фрагмент ЭНК «Подходы к полярной станции Марресалья» масштаба 1: 10 000

Основным видом НМК арктических морей являются путевые карты масштабов 1:150 000–1:200 000. Крупномасштабные НМК (планы) представлены в незначительном количестве и охватывают в основном рейды полярных станций. В гидрографическом отношении наименее изучена северная часть арктических морей РФ. Следует отметить, что в связи с увеличением осадки современных судов, которые планируется использовать на трассах СМП, его гидрографическая изученность является недостаточной. С 2011 г. ГП возобновило гидрографические исследования на существующей, а также и на альтернативной высокоширотной трассе СМП. Подготовлены цифровые справочно-информационные наборы [11], границы рамок которых по состоянию на 2022 г. представлены на рис. 3.

Выбор маршрутов и разведка высокоширотных трасс выполняется с использованием современных гидрографических технологий и рекомендаций, приведенных в работах [12]–[14], а также информационного обеспечения, включающего спутниковые ледовые карты. В связи с появлением крупнотоннажных судов ледового класса для перевозки сжиженного газа (СПГ-танкеры), которые имеют осадку 12 м и поэтому не могут следовать через пролив Санникова, актуальной является необходимость проведения гидрографических работ на высокоширотных трассах в Восточно-Сибирском море. Дополнительным обстоятельством в пользу этого является изменение ледовых условий плавания в связи с потеплением климата. С целью обеспечения возможности круглогодичной навигации по трассе СМП требуется развитие современных информационных технологий с применением различного вида спутниковых снимков.

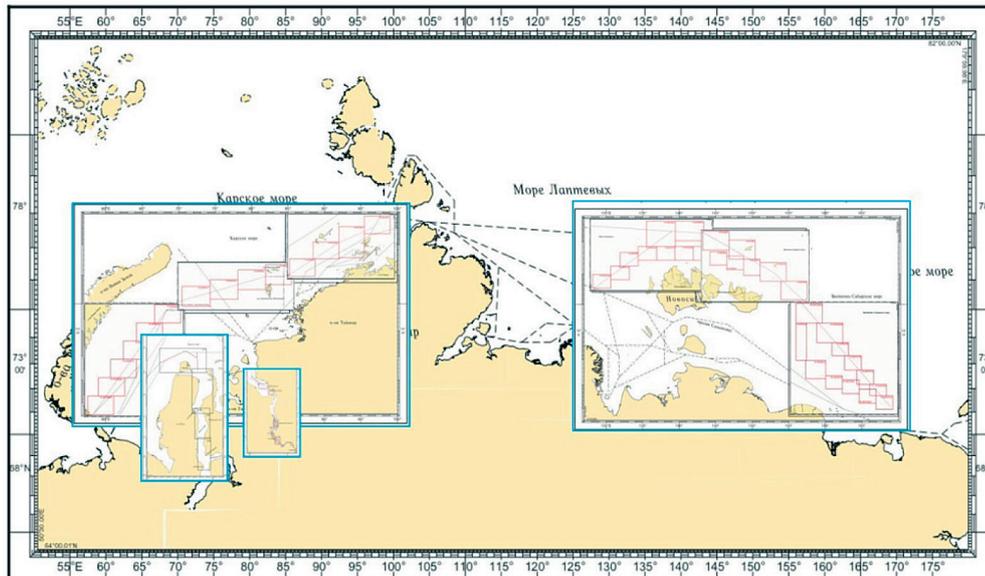


Рис. 3. Карта существующей и альтернативной перспективной высокоширотной трассы СМП с границами рамок цифровых справочно-информационных наборов

По мере расширения видов деятельности в арктических морях стало очевидно, что НМК не обеспечивают решения многих задач. В 80-е гг. XX в. подразделения Главного управления геодезии и картографии СССР (ГУГК) начали проведение съемок рельефа дна, направленных на создание морских топографических карт шельфа в интересах народного хозяйства, главным образом для обеспечения морских геолого-разведочных работ. Морские топографические карты (МТК), издаваемые в проекции Гаусса – Крюгера в стандартной разграфке в масштабах 1:25 000–1:50 000, показывали рельеф дна с максимально возможной детальностью и не предназначались для обеспечения безопасности мореплавания. Кроме того, МТК включали дополнительную нагрузку в виде, например, гранулометрических параметров донного осадка, донной растительности и др. [15]. В такой продукции и теперь крайне заинтересованы морские геологи, биологи, океанологи, морские инженеры, строители и проектировщики различных сооружений на морском дне. Образец морской топографической карты приведен на рис. 4.



Рис. 4. Образец морской топографической карты (масштаб 1:25 000)

Назначение НМК и МТК определяет существенные различия между ними. На НМК изобаты предназначены для общей характеристики рельефа или детализации опасностей, в то время как ведущим показателем являются реально измеренные отметки глубин. На МТК, напротив, ведущим изобразительным средством служат горизонталы, получаемые при интерполяции исходных данных. Их рисовка, участки разрежения и сгущения, степень извилистости и другие факторы отражают пластику рельефа на всей исследуемой площади во всех ее подробностях и особенностях. Отметки глубин при этом могут быть разрежены, являясь дополнительной характеристикой. Кроме того, применение равноугольной проекции позволяет выполнять измерение площадных параметров по МТК. Важно, что ТПК представляют единую систему с топографическими картами прилегающей суши. Морская топографическая съемка выборочно выполнялась практически на всех морях СССР, включая юго-западную часть Карского моря. К сожалению, такие работы не получили должного развития и в начале 90-х гг. XX в. были полностью прекращены. Учитывая содержание последней редакции закона «О геодезии, картографии и пространственных данных» (2015 г.), Росреестр, ныне отвечающий за картографическое обеспечение, по-видимому, не планирует выполнение топографических съемок на акваториях и издание МТК.

В 70–80-е гг. XX в. в арктических морях России практически все виды геолого-разведочных работ сопровождалась промером глубин однолучевыми эхолотами. Научные организации, а также экспедиции Министерства геологии СССР и Министерства газовой промышленности СССР имели большие объемы батиметрической информации, главным образом по Западному сектору Арктики. Организации, заинтересованные в батиметрических картах для своих целей, начали их создавать своими силами на основе НМК, в ряде случаев с использованием данных собственного промера. Вначале такие карты создавались исключительно вручную. Большую помощь геологам и геофизикам оказали построения, выполненные по инициативе и под руководством Г. Г. Матишова (ПИНРО, ММБИ), Ю. Н. Кулакова и Г. П. Махотиной (ВНИИОкеангеология), А. Н. Ласточкина (ВНИГРИ), а также карты, составленные В. В. Назимовым (АМНГР), Н. В. Маркиной (МАГЭ), И. Г. Авенариус («Аэрогеология»), Ю. И. Гольдфарбом (ВНИИморгео) и др., став составной частью многочисленных работ по оценке перспектив разных районов шельфа для проведения поиска и разведки полезных ископаемых. В дальнейшем, уже с использованием компьютерных технологий, в Морской арктической геолого-разведочной экспедиции (МАГЭ) были созданы батиметрические основы для ряда листов Северо-Карско-Баренцевоморской и Лаптево-Сибироморской серий Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000<sup>1</sup>. Большой массив данных был задействован при создании батиметрических карт в ИО РАН С. Л. Никифоровым [16]. Обеспечивая выполнение конкретных научных и практических задач, такие построения не всегда отвечали строгим гидрографическим требованиям и не могли стать компонентами сводного проекта, связанного с необходимостью предоставления метаданных съемки.

Официальные батиметрические основы для листов Государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000 выпускались Центральным картографическим производством ВМФ РФ. Всего в период 1997–2005 гг. этой организацией были подготовлены батиметрические основы для четырех двоярных и шести четверенных номенклатурных листов международной разграфки главным образом на шельфы восточно-арктических морей России, а также прилегающих частей Арктического бассейна. Впоследствии эти батиметрические основы были использованы для пересчета геофизических данных и создания геофизических основ, а также построения тематических карт комплектов Госгеолкарты-1000, включая геоморфологические и орографические карты и схемы. Однако подобных материалов явно недостаточно, а имеющиеся нуждаются в актуализации.

Особая ситуация сложилась в связи необходимостью обеспечения работ по обоснованию внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) России в Арктике. В 1990-х гг. был выполнен анализ имеющейся к этому времени базы батиметрических данных. Новым шагом построения карт является предварительное составление на основе анализа морфологии рельефа так называемой *орографической карты* [17], которая, по существу, ближе к аналитической геоморфологической

<sup>1</sup> [https://vsegei.ru/ru/info/pub\\_ggk1000-3/index.php](https://vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/index.php).

карте. Затем на ее базе в результате совместных усилий ГУНиО МО РФ, ВНИИ «Океангеология» и РАН была составлена батиметрическая карта «Рельеф дна Северного Ледовитого океана» масштаба 1:5 000 000 [18], а затем ГУНиО МО РФ в 2002 г. подготовило карту «Центральный Арктический бассейн» [1].

### Результаты (Results)

В начала XXI в. с появлением современных технологических возможностей начался новый этап изучения рельефа дна СЛО с использованием многолучевых эхолотов (МЛЭ), установленных на научно-исследовательских судах (НИС). Отображение рельефа дна стало выполняться на основе формирования баз батиметрических данных (ББД) в форме цифровых моделей с применением геоинформационных технологий. Интенсификация съемок была во многом связана с проблемой определения ВГКШ арктических государств: Дании, Канады, России и США [3]. Получили развитие международные проекты GEBCO и IBCAO. На основе всей имеющейся доступной информации в 2012 г. была уточнена цифровая батиметрическая карта рельефа СЛО в виде регулярной сетки глубин с размерностью грида 500 м (IBCAO v.3), а в 2019 г. появилась новая — четвертая версия IBCAO<sup>1</sup>. Подробное описание IBCAO v.4 дано в работе [20]. За период 2001–2020 гг. в СЛО были выполнены многочисленные современные батиметрические съемки с МЛЭ. Данные для IBCAO v.4 были предоставлены Данией, Канадой и США, а из России для IBCAO v.4 были переданы только батиметрические материалы совместной шведско-российской экспедиции SWERUS на научно-исследовательском ледоколе Oden. По сравнению с v. 3 в новой версии IBCAO более 16 % глубин получены с использованием МЛЭ [19].

Россия располагает огромным фактическим материалом батиметрических съемок, выполненных в 60–90-х гг. XX в. (ретроспективные данные), на основе которых карта «Центральный Арктический бассейн» (адмиралтейский номер 91115) в аналоговом варианте была издана в масштабе 1:2 500 000 [2] (см. рис. 1). Впоследствии эти ретроспективные данные были оцифрованы. К 2017 г. Федеральное казенное учреждение (ФКУ) «280 Центральное картографическое производство ВМФ» (далее — ЦКП ВМФ) провело ревизии ретроспективных данных на районы российской зоны СЛО, сформировав обновленную ББД с целью создания цифрового варианта карты «Центральный Арктический бассейн» в формате S-57 [21] и новой ББД российского сектора СЛО с учетом новых российских данных [20], [21].

В период 2010–2014 гг. РФ выполнила большой объем многолучевой батиметрической съемки в российском секторе Арктического бассейна в целях обоснования «Пересмотренного частичного представления РФ на расширенный континентальный шельф в СЛО» [1]. В августе 2015 г. «Частичное представление РФ на расширенный континентальный шельф в Арктике» было передано для рассмотрения в Комиссию по границам континентального шельфа ООН. Описание выполненных работ до 2019 г. дано в работе [22]. Экспедиции проводилась на научно-экспедиционном судне (НЭС) «Академик Фёдоров», оснащенный многолучевым и однолучевым эхолотами под проводкой атомного ледокола. В 2019 г. в ходе экспедиции «Шельф-2019» была выполнена съемка рельефа дна в восточной части котловины Нансена, примыкающей к хребту Гаккеля. Батиметрическая съемка многолучевым и однолучевым эхолотами выполнена на галсах 4378 лин. км и 1192 лин. км на межгалсовых переходах [23]. Начиная с 2020 г. в связи с изменением концепции российской «Заявки на расширенный континентальный шельф в Арктике» батиметрические исследования в СЛО были продолжены.

В период с 18 августа по 12 ноября 2020 г. по заказу Министерства обороны Российской Федерации и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации головной роли Акционерного общества (АО) «ГНИНГИ» с участием Федерального Государственного унитарного предприятия (ФГУП) «Атомфлот», ФГБУ «ААНИИ», ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Открытого акционерного общества (ООО) «Гидро-Си» и ООО «Моргеонац» были успешно проведены комплексные батиметрические исследования в СЛО. Экспедиция проводилась по заранее спланированной системе галсов в четырех районах: на хребте Гаккеля, в западной части хребта Ломоносова,

<sup>1</sup> [https://www.gebco.net/data\\_and\\_products/gridded\\_bathymetry\\_data/arctic\\_ocean/](https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/arctic_ocean/).

в Канадской котловине и на Чукотском поднятии [24]. Галсы комплексных батиметрических исследований 2020 г. представлены на рис. 5. В течение восьмидесяти семи суток рейса были выполнены многолучевая съемка рельефа дна, морская гравиметрическая съемка, акустическое профилирование объемом 14 979 лин. км, а также проведены измерения вертикального распределения скорости звука (ВРСЗ) на 38 гидрологических станциях. В составе гидрографического отряда принимали участие студенты, обучающиеся по магистерской программе на Арктическом факультете Института «Морская академия» ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова.

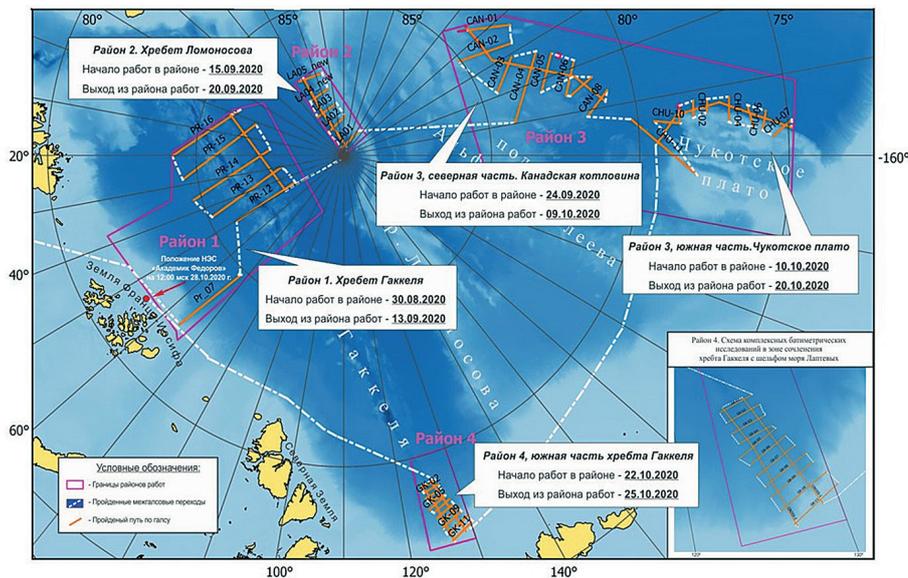


Рис. 5. Галсы комплексных батиметрических исследований 2020 г.

В 2022 г. была продолжена съемка дна в районе юго-восточной части хребта Гаккеля. Детальная площадная батиметрическая съемка выполнена на локальном участке к югу от долины Садко в полосе шириной 70 км до изобаты 1500 м в качестве продолжения съемки в районе 4 (см. рис. 5). При этом были получены новые данные для геоморфологического анализа непрерывности хребта Гаккеля при его сопряжении с континентальным склоном в море Лаптевых. Общая протяженность галсов многолучевой съемки рельефа в СЛЮ на 2022 г. составила более 59 200 лин. км. Российская гидрографическая изученность восточной части хребта Гаккеля превосходит сведения, содержащиеся в батиметрической модели IBCAO v.4.

Несмотря на увеличивающиеся объемы изученности рельефа СЛЮ, еще остаются районы, требующие уточнения данных [6], а для ряда форм рельефа требуется редактирование их классификации и наименований. Эти вопросы детально рассмотрены в работе [6]. Актуальной задачей на современном этапе является популяризация результатов российских исследований в СЛЮ и принятие мер для защиты национального приоритета в обнаружении ранее неизвестных форм рельефа дна с присвоением им имен отечественных ученых и исследователей.

Источники батиметрии СЛЮ в Российской Федерации:

1. ББД арктических морей западного сектора Арктики, подготовленная 280 ЦКП ВМФ МО РФ на основе ЭНК Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых [21], [22].
2. ББД ГП корпорации «Росатом» [11], реализованная в виде цифровых справочно-информационных наборов и ячеек ЭНК, созданных на основе НМК.
3. Батиметрическая модель IBCAO v. 4, доступная в сети Интернет. В этой модели использованы цифровые данные по арктическим морям, представленные Международной гидрографической организацией (МГО), батиметрической базой данных рыбопромысловых карт OLEX, норвежской ББД MAREANO<sup>1</sup>, EMODnet Bathymetry [25] и оцифрованные данные с российских ЭНК.

<sup>1</sup> <https://www.hydro-international.com/content/news/fugro-maps-arctic-ocean-for-norway-s-mareano-seabed-mappingprogramme>.

4. Ведомственные БД геологических организаций, включая АО «Росгео», МАГЭ, а также научных институтов РАН.

5. Ведомственные БД других морских организаций, включая рыбохозяйственные: НИИ Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии) (ВНИРО) и его филиалов в первую очередь ПИНРО.

6. БД ресурсодобывающих организаций, как частных, так и с участием государственных компаний (например, ПАО РК «Роснефть», ПАО «Газпром» и др.).

В настоящее время суда некоторых научно-исследовательских организаций, осуществляющих морскую деятельность в Арктике, и арендуемые суда оборудованы МЛЭ. В процессе исследований часто выполняются батиметрические съемки при отсутствии их координации. Результаты съемок часто остаются недоступными российскому научному сообществу.

Международный опыт показывает, что детальные батиметрические исследования в настоящее время являются одним из ведущих направлений изучения Мирового океана. Ведутся международные батиметрические программы: GEBCO Seabed 2030 [26], EMODnet Bathymetry [25] и ряд региональных проектов по детальному изучению топографии дна. В частности, батиметрический проект EMODnet Bathymetry, выполняемый под эгидой Европейского союза, предусматривает свободный доступ к детальным батиметрическим данным по европейским водам. В этом проекте акватории побережий северной Европы, а также западной части Баренцева моря до меридиана 42° восточной долготы покрыты батиметрической съемкой, на основе которой создана регулярная сетка глубин с размерностью ячейки 115 м. Таким образом, значительная часть Баренцева моря представлена батиметрической моделью, доступной в сети Интернет, полностью совпадающей с ИВСаО v. 4 [19], но в ряде районов заметно отличающейся от имеющихся российских данных. Данный вопрос требует дальнейшего изучения и анализа на основе сравнения с отечественной БД по Баренцеву морю. Подробную информацию по изученности рельефа дна Мирового океана и доступным источникам информации можно найти в работе [26].

Последние три десятилетия отмечены беспрецедентным развитием геоинформационных технологий и в том числе технологий съемки рельефа дна. Современная морская деятельность ставит задачи получения карт рельефа дна с точностями, сопоставимыми с таковыми для рельефа суши. Имеющиеся гидрографические технологии позволяют это обеспечить. Основу их составляют: высокоточное спутниковое позиционирование, гидроакустические средства площадной съемки рельефа и верхней части разреза осадочной толщи, а также реализуемое в электронных гидрографических информационных системах (ЭГИС) специализированное гидрографическое программное обеспечение [10], [27], без которого невозможно проведение гидрографических исследований. По сути, современные гидроакустические и информационные технологии позволяют открыть новое направление в изучении морского дна, способное формировать и представлять ценную информацию для морских геологов, геофизиков и экологов. Например, одним из актуальных направлений морских исследований является поиск донных газовых эманаций, включая выходы газогидратов с применением МЛЭ, что приобретает особую актуальность в связи с потеплением в Арктике [10], [28]–[30]. Большинство российских НИС уже оснащены МЛЭ, но технологические и информационные возможности гидроакустических средств используются в недостаточной мере, — сказывается отсутствие координации и комплексирования проводимых работ. Так, в Госкорпорации «Росатом» выполняется только батиметрическая съемка без сопутствующих геофизических работ и изучения объектов в водной толще (газовых эманаций).

НИС государственных геолого-разведочных предприятий, входящих в АО «Росгео», регулярно выполняют морские сейсмические съемки в арктических морях с попутным измерением глубин, используя однолучевые эхолоты (ОЛЭ). Однако промер не входит в перечень выполняемых работ и, как правило, не сопровождается необходимыми измерениями ВРСЗ. Отчеты по рейсам не содержат информации о качестве промера и контрольных галсах, а также скорости звука, установленной в ОЛЭ. В результате полученные глубины не могут быть надлежащим образом обработаны и использованы для составления карт в ЦКП ВМФ МО РФ. Подразделения ПАО «НК «Роснефть»,

планирующие в настоящее время масштабные геофизические работы в восточных морях Арктики на специализированных НИС, оборудованных МЛЭ, не предусматривают в своих программах работ комплексную гидроакустическую съемку дна [31]. Положительным примером являются морские научные исследования Геологического института (ГИН) РАН на НИС «Академик Николай Страхов», регулярно выполняемые в арктических морях с использованием МЛЭ [32].

Одним их препятствий для выполнения эффективной батиметрической съемки является также отсутствие современного национального стандарта. Технологическая «революция» в гидрографии, связанная с переходом от аналоговых к цифровым и компьютерным технологиям, вызвала необходимость создания новых норм и правил выполнения съемки рельефа, которые были выдвинуты в трех последних стандартах Международной гидрографической организации (МГО). Текущей является шестая (2020 г.) редакция Стандарта МГО [33]. Проект новых Правил гидрографической съемки (ПГС) разработан в ГНИНГИ, однако все еще не утвержден УНиО. Навигационно-гидрографическое и геодезическое обеспечение морских геолого-разведочных работ включало решение ряда специальных задач, нормированных в устаревшей Инструкции ИНГГО-86 [34]. В новом варианте Инструкции по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геолого-разведочных работ [35] раздел по нормированию батиметрической съемки отсутствует.

Следует отметить, что в конце XX в. инженерно-гидрографические работы непропорционально были включены в состав инженерно-геодезических работ. Необходимость детальной съемки подводного рельефа для эффективной эксплуатации морских ресурсов углеводородов уделяется недостаточное внимание. Эти вопросы подробно рассмотрены в работе [36]. Зарубежный опыт свидетельствует об актуальности площадной съемки рельефа для эксплуатации морских ресурсов. Это отражено в Руководстве Международной организации морских подрядчиков [37], используемом российскими организациями, работающими в данной сфере морской деятельности.

### Обсуждение (Discussion)

Выполненный обзор современного состояния батиметрических исследований Северного Ледовитого океана показывает, что несмотря на большой объем проведенных работ, в том числе с применением современных средств и методик, имеющиеся данные и карты обеспечивают решение лишь части задач и на ограниченных площадях. Для обеспечения крупных региональных проектов необходимо создание картографической основы, охватывающей с единых позиций всю зону интересов Российской Федерации в Северном Ледовитом океане как на шельфе, так и в Арктическом бассейне. Решение задач Арктического региона требует создания *единого массива батиметрических данных* с включением в него ББД различных организаций. Отсутствие должной координации морских исследований между различными ведомствами сдерживает создание единого источника современных батиметрических данных.

Организацией, ответственной за картографирование рельефа морского дна в России, является ФКУ ЦКП ВМФ МО РФ. Однако не существует положения, согласно которому все собранные батиметрические материалы должны передаваться в ФКУ 280 ЦКП. Разрешение на проведение научно-исследовательских работ в исключительной экономической зоне РФ выдает Министерство науки высшего образования. При этом в таком разрешении не всегда учитывается необходимость предоставления батиметрической информации, получаемой на основе результатов работ в исключительной экономической зоне РФ в едином центре, которым, несомненно, должно являться ЦКП ВМФ РФ.

Батиметрические исследования в ЦАБ, проводимые в интересах определения ВГКШ в Арктике, являются наглядным подтверждением необходимости введения данного положения. Материалы батиметрических съемок, полученные на НЭС «Академик Федоров» (2010, 2011, 2014, 2019, 2020 гг.), переданы в ФКУ 280 ЦКП ВМФ РФ и приняты для дополнения ББД, корректуры НМК и составления электронных батиметрических карт (ЭБК) масштаба 1:500 000 районов сопряжения хребта Ломоносова и поднятия Менделеева с шельфом моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря [20], [21]. Наличие этих ЭБК во многом способствовало успешной защите «Пересмотренного частичного представления РФ на расширенный континентальный шельф в СЛО» [1] и получению положитель-

ного решения комиссией по границам континентального шельфа в феврале 2023 г. [38]. На основе материалов съемок 2019–2020 гг. составлены ЭБК масштаба 1: 500 000 восточных районов хребта Гаккеля. Следует отметить, что юго-восточная часть хребта Гаккеля, включая район долины Садко и склон шельфа моря Лаптевых, до сих пор изучены недостаточно, несмотря на результаты батиметрической съемки, выполненные в этом районе в 2022 г. Подготовка ЭБК масштаба 1:500 000 в ЦАП является новым направлением в работе ЦКП ВМФ, которое теперь выполняется с применением российского программного обеспечением и особой методикой анализа батиметрических данных с их геоморфологической интерпретацией.

Батиметрические карты, являясь связными моделями поверхности дна, представляют лишь первый слой информации о рельефе. На современном уровне недостаточно знать географические координаты и глубину, на которой расположен тот или иной объект, необходимо иметь представление об элементе поверхности дна, где находится объект, о свойствах этого элемента, его границах и положении как относительно других элементов, так и относительно всей системы, в которую он входит. Для получения подобной информации требуется дополняющая батиметрическую карту и основанная на ней *дискретная модель* с вычленением отдельных элементов. Такой моделью является *геоморфологическая карта*, составленная по аналитическому системно-морфологическому принципу [39]. На этой карте представлена вся совокупность элементов, составляющих поверхность дна в их естественных границах. Тип исходных материалов и используемая методика делают выполненные геоморфологические построения базового уровня независимыми от субъективных представлений составителей карт. Данное обстоятельство представляется крайне важным ввиду заинтересованности многих специалистов в карте, основанной на объективных морфологических критериях. В частности, такая карта необходима для убедительной интерполяции и экстраполяции разрозненных геолого-геофизических данных, которые прямо или опосредованно связаны с особенностями рельефа.

Выявленное в ходе морфологического анализа строение поверхности дна позволяет обоснованно *окирчевать* орографические формы и характеризовать их границы. Имеющийся опыт геологических и геоэкологических исследований в СЛО и его морях свидетельствует о том, что комплексование батиметрической и геоморфологической карт раскрывает новые возможности для интерпретации данных. Обсуждение морских геоморфологических карт выходит за рамки данной статьи. Для решения указанных задач на первом этапе достаточно геоморфологических карт, составленных по аналитическому системно-морфологическому принципу, характеризующих только морфологию рельефа.

Рассматривая картографическое обеспечение современных задач, решаемых в арктических морях, необходимо особо остановиться на батиметрических исследованиях для обеспечения высокоширотной трассы СМП в Восточно-Сибирском море, актуальной в связи с появлением СПГ-танкеров типа Yamalmax. Такие суда имеют ледовый класс «Arc7». СПГ-танкер «Кристоф де Маржери» — первое в истории крупнотоннажное грузовое судно, преодолевшее в мае 2020 г. новую высокоширотную трассу СМП в восточном направлении. Рамки НМК масштаба 1:500 000 [40] и приблизительная линия использованной высокоширотной трассы (жирная линия) от острова Жохова показаны на рис. 6.

В январе 2021 г. группа компаний (ГК) «СКАНЭКС» приняла участие в информационном обеспечении СПГ-танкера «Кристоф де Маржери» ПАО «Современный коммерческий флот» («ПАО «Совкомфлот») при выполнении им транзитного перехода по трассе СМП в период зимней ледовой навигации. Важной отличительной особенностью этого перехода было отсутствие ледокольного сопровождения на всем пути следования. Маршрут перехода, использованный в период зимней навигации, показан на карте-схеме (рис. 7), размещенной на морском портале Scanex Maritime [41].

Программное обеспечение в рамках общей платформы Scanex Maritime предлагает своим пользователям сервисы мониторинга движения судов и условий ледовой обстановки. За зимний навигационный сезон 2019–2020 гг. при обновлении морских сервисов был внедрен новый функ-

ционал. В части новых источников данных для мониторинга ледовой обстановки подключены карты *ре-анализа* спутниковых данных CryoSat-2 для мониторинга толщины ледового покрова, внедрены результаты прогноза толщины льда по материалам модели ESRL NOAA на десять суток вперед. Для мониторинга судов создан новый сервис с целью формирования маршрута движения и выгрузки в Электронную картографическую навигационно-информационную систему (ЭКНИС) судов. Это позволяет использовать архивный маршрут любого другого судна в качестве основного при планировании движения. Обновлено сервисы мониторинга движения судов по данным АИС и экспорта дополнительных форматов космических снимков для непосредственного просмотра в ЭКНИС «ТРАНЗАС» [41].

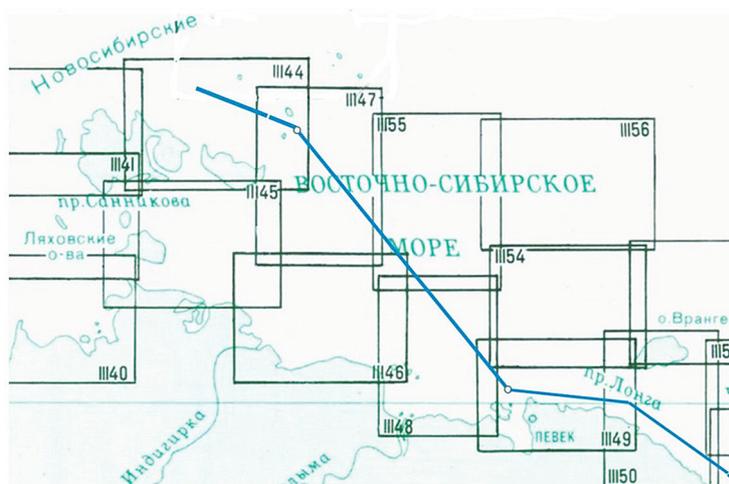


Рис. 6. Новая высокоширотная трасса СМП в Восточно-Сибирском море и рамки НМК

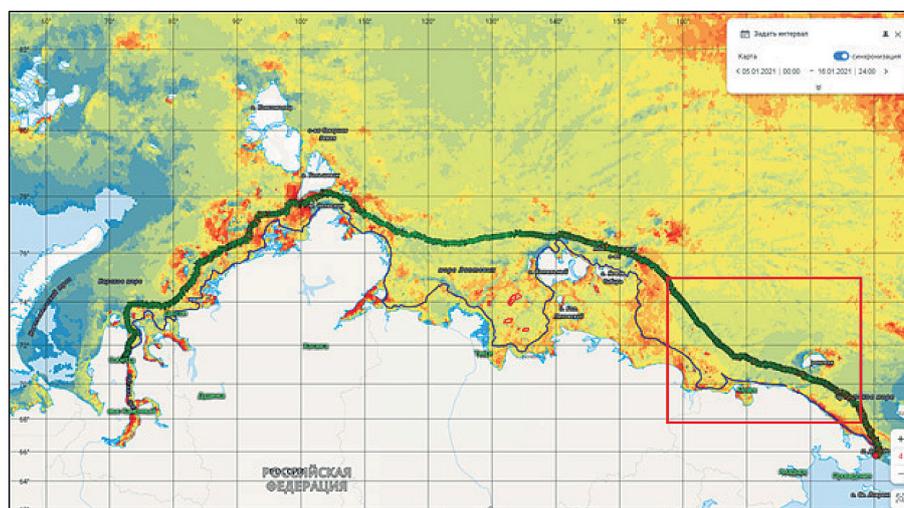


Рис. 7. Маршрут СПГ-газовоза «Кристоф де Маржери», проложенный в январе 2021 г.

Информационное обеспечение высокоширотной трассы СМП в Восточно-Сибирском море успешно развивается, однако гидрографическое и картографическое обеспечение существенно отстает. Остановимся на этом вопросе более подробно. Предлагаемая высокоширотная трасса СМП в Восточно-Сибирском море проходит по НМК с адмиралтейскими номерами 11147, 11155, и 11148. Анализ гидрографической изученности, представленной на НМК 11147 (изд. 1996), 11155 (изд. 1993) и 11148 (изд. 1994 г.), показывает, что существенная часть высокоширотной трассы СМП в Восточно-Сибирском море проходит по районам с недопустимо низкой гидрографической изученностью,

полученной по результатам маршрутного промера. На НМК 11155 основную площадь занимает «белое пятно» с несколькими галсами маршрутного промера, а НМК более крупных масштабов для этой высокоширотной трассы отсутствуют [40]. На указанных НМК высокоширотная трасса СМП в Восточно-Сибирском море не нанесена, и использование этих карт для навигации затруднено.

В последнее десятилетие ГП Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» проводило гидрографические работы в районах к северу и востоку от Новосибирских островов (см. рис. 3). Результаты работ, начиная с 2020 г., представляются в ЦКП ВМФ. На основе этих данных ГП «Росатом» подготовлены цифровые справочно-информационные наборы [11], положение рамок крупномасштабных планшетов которых показано на рис. 3. Однако официальные ЭНК РФ масштаба 1 : 200 000 пока не подготовлены и отсутствуют в Каталоге МГО [42]. Рамки официальных ЭНК масштабов 1 : 180 000 и 1 : 700 000 Восточно-Сибирского моря для района от Новосибирских островов до острова Врангеля, представленные в каталоге ЭНК МГО [42], и линия высокоширотной трассы от острова Жохова показаны на рис. 8.

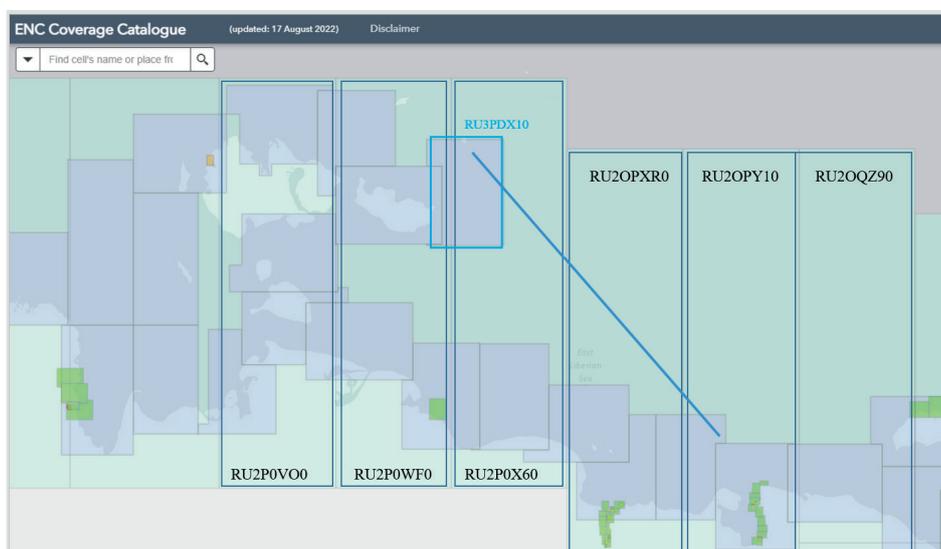


Рис. 8. Рамки официальных ЭНК РФ для района к северу и востоку от Новосибирских островов

На рис. 8 выделены номера и рамки официальных ЭНК масштабов 1 : 700 000 и только одна ЭНК масштаба 1 : 180 000. Высокоширотная трасса в Восточно-Сибирском море проходит по глубинами 25–35 м и имеет ширину 2 км. Необходимо отметить, что в 2021 г. СПГ-газовоз «Кристоф де Маржери» выбрал для перехода в Восточно-Сибирском море более северную трассу с глубинами 35–45 м (см. рис. 7).

Вопросы выбора оптимального положения новых высокоширотных трасс требуют дополнительного изучения и обоснования. Задачу выполнения гидрографических работ усложняет наличие по трассе практически круглогодичного ледового покрытия (край «айонского ледового массива»). Последние сведения по состоянию «айонского ледового массива» свидетельствуют о возможности проведения работ в его западной части в летне-осенний период [43]. В работах [14], [44] и ряде других публикаций обсуждаются варианты положения трассы СМП в Восточно-Сибирском море для навигации СПГ-танкеров. Для эффективной круглогодичной навигации СПГ-танкеров типа Yamalmax в ближайшие годы предстоит продолжить гидрографические работы по новой высокоширотной трассе СМП в Восточно-Сибирском море, а также выполнить издание официальных путевых ЭНК по обследованной высокоширотной трассе шириной 2 км.

Учитывая предполагаемый в будущем международный статус СМП, гидрографическая съемка по вновь выбранной трассе должна выполняться с учетом требований МГО для особой «0» либо «1А» категории [33], но этот вопрос требует дополнительного изучения. Ценные рекомендации

повышения эффективности съемки рельефа дна в районах слабой гидрографической изученности с использованием МЛЭ даны в работе [45]. Другим источником информации о рельефе дна новой высокоширотной трассы СМП в Восточно-Сибирском море могут служить результаты морских геофизических работ, которые были выполнены здесь в последние годы, например [46].

Начиная с 2023 г. АО «Росгео» планирует проведение ежегодных геофизических работ в Восточно-Сибирском море с использованием ОЛЭ. Батиметрические съемки, выполняемые в процессе геофизических работ, необходимо проводить по единой методике, а данные использовать для пополнения отечественной ББД на арктические моря. Возможность использования таких данных лишней раз подчеркивает необходимость повышения статуса ЦКП ВМФ как единого национального центра, в который должны поступать результаты всех батиметрических съемок, выполняемых самыми различными организациями вне зависимости от их ведомственной принадлежности. На сегодняшний день от гидрографического и картографического обеспечения высокоширотной трассы СМП в Восточно-Сибирском море во многом зависят сроки осуществления круглогодичной навигации СПГ-газовозов, которые ранее были отложены до 2023–2024 гг.

Актуальной задачей является подготовка новых редакций Руководства для сквозного плавания судов по Северному морскому пути [47], а также Правил плавания по трассе СМП [48]. В этих документах следует учесть современные условия навигации на СМП, связанные с появлением СПГ-газовозов, а также гидрографическое и картографическое обеспечение высокоширотных трасс в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море. В последней редакции Правил [48] вопросы картографического обеспечения не упоминаются. В соответствии с Постановлением Правительства № 1599 от 29.12.2014 [49] картографическое обеспечение трасс СМП поручалось Министерству транспорта (Агентство морского и речного флота), однако затем Постановлением Правительства № 1418 от 21.12.2016 [50] оно было возвращено Министерству обороны (УНиО). В ближайшие годы предстоит большая работа для преобразования СМП в круглогодичную транспортную магистраль, обеспечивающую связи России с дальневосточным и тихоокеанским регионом. Преобразование СМП в международную круглогодичную транспортную магистраль потребует не одно десятилетие. Для скорейшего решения проблем СМП Правительство РФ в августе 2022 г. создано Главное управление Северного морского пути в составе корпорации «Росатом». Задачи гидрографического и картографического обеспечения высокоширотных трасс должны явиться одним из приоритетных направлений деятельности главного управления СМП.

### **Выводы (Summary)**

Изучение состояния батиметрического и картографического обеспечения для решения актуальных задач Российской Федерации в Арктике позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Существующий уровень батиметрической изученности и картографического обеспечения зоны интересов России в Северном Ледовитом океане не в полной мере отвечает уровню решаемых задач.
2. Достигнут значительный прогресс батиметрического изучения ЦАБ для решения проблемы ВГКШ РФ. За последние 15 лет РФ выполнил большой объем маршрутной батиметрической съемки в Арктическом бассейне, позволивший подготовить, представить и успешно защитить Пересмотренное частичное представление Российской Федерации на расширенный континентальный шельф в СЛО.

3. На основе результатов новых батиметрических съемок и оцифрованных ретроспективных данных по СЛО в ФКП ЦКП ВМФ создаются цифровая ББД и ЭБК масштаба 1 : 500000. При этом используется методика геоморфологического анализа рельефа и технология с применением отечественного программного обеспечения. На этой основе во ВНИИОкеангеология выполняется геоморфологический анализ рельефа и создаются геоморфологические карты, поддерживавшие частичные пересмотренные представления РФ на ВГКШ в СЛО.

4. Гидрографическое изучение окраинных морей СЛО по всей трассе СМП, приостановленное в 90-е гг. XX в., возобновлено с 2011 г. на новой технологической основе и успешно продолжается. Одной из главных задач гидрографического изучения трассы СМП на ближайшие годы следует

полагать съемку новых высокоширотных маршрутов от острова Жохова до пролива Лонга. Методику такой съемки предстоит разработать с использованием всей доступной информации по батиметрии юго-западной части Восточно-Сибирского моря с применением геоморфологического анализа рельефа.

5. На основе подготовленных в ГП цифровых справочно-информационных наборов в ЦКП ВМФ необходимо подготовить официальные ЭНК РФ по высокоширотной трассе в Восточно-Сибирском море, что может быть реализовано в ближайшие два-три года.

6. В соответствии с Законом «О геодезии, картографии и пространственных данных» (2015 г.) Росреестр Минэкономразвития РФ прекратил работы на акваториях. Созданные ранее МТК шельфа и внутренних водных путей, собранные в фондах Росреестра, не используются и их целесообразно ввести в оборот, передав заинтересованным ведомствам РФ.

7. В Российской Федерации нет стандартов для выполнения гидрографической съемки, основанной на рекомендациях МГО, учитывающих современные критерии качества и создания цифровых моделей рельефа дна. Это приводит к необходимости составления детального технического задания для выполнения каждой гидрографической съемки, что затрудняет получение качественных результатов.

8. Обеспечение современной картографической базы для деятельности РФ в Арктике требует преодоления ведомственных барьеров и воссоздания государственной структуры с соответствующими задачами, средствами и полномочиями. Задачей такой структуры должно быть формирование современной единой отечественной картографической основы, охватывающей российский шельф и ЦАБ, базирующейся на точных и полных данных о рельефе дна. Такой структурой в современных условиях может быть ЦКП ВМФ МО.

9. Превращение трассы СМП в международный транспортный коридор во многом будет зависеть от реализации современного гидрографического и картографического обеспечения высокоширотных трасс в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском и займет, по-видимому, ближайшее десятилетие.

10. Возможности современных гидроакустических и гидрографических информационных технологий на основе данных МЛЭ позволяют по-новому решать вопрос комплексного изучения морского дна. Такие технологии следует использовать на всех НИС и ГС, выполняющих гидрографические работы в Арктике.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Частичное пересмотренное представление Российской Федерации в Комиссию по границам континентального шельфа в отношении континентального шельфа в Северном Ледовитом океане. Резюме. — 2015. — 37 с.

2. Центральный Арктический бассейн. Масштаб 1:2 500 000, по параллели 75 °. Проекция стереографическая. — СПб.: Изд-во ГУНиО МО РФ, 2002. — № 91115.

3. *Фирсов Ю. Г.* Современная батиметрическая съемка северного ледовитого океана в контексте определения внешних границ континентального шельфа в Арктике / Ю. Г. Фирсов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 6 (40). — С. 81–95. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-81-95.

4. Арктический бассейн (геология и морфология) / Ред. В. Д. Каминский. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2017. — 291 с.

5. *Зинченко А. Г.* Геоморфология дна Северного Ледовитого океана в контексте конвенции ООН по морскому праву 1982 г / А. Г. Зинченко, Ю. Г. Фирсов // 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.

6. *Дубинин Е. П.* Рельеф дна Северного Ледовитого океана / Е. П. Дубинин, А. В. Кохан, А. Н. Филаретова // Жизнь Земли. — 2018. — Т. 40. — № 3. — С. 262–282.

7. *Фирсов Ю. Г.* Проблемы наименования равнин и котловин центрально-арктической области подлентий Северного Ледовитого океана / Ю. Г. Фирсов, А. Г. Зинченко // 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.

8. *Фирсов Ю. Г.* Проблемы отображения рельефа дна в российских батиметрических картах Северного Ледовитого океана / Ю. Г. Фирсов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 5. — С. 880–892. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-880-892.

9. Атлас океанов. Северный Ледовитый океан. — ГУНиО МО СССР, 1980. — 190 с.

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

11. Цифровые справочно-информационные наборы. Сайт Гидрографического предприятия. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://rosatomport.ru/digital\\_reference\\_and\\_information\\_sets](https://rosatomport.ru/digital_reference_and_information_sets) (дата обращения: 01.12.2022).

12. *Афонин А. Б.* Концепция развития судоходных трасс акватории Северного морского пути / А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 1. — С. 81–87. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-81-87.

13. *Ольховик Е. О.* Обоснование плана проведения площадного обследования высокоширотных маршрутов / Е. О. Ольховик, А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 2. — С. 296–304. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-296-304.

14. *Андреева Е. В.* Учет влияния гидрографической изученности на безопасность плавания крупнотоннажных судов в акватории Северного морского пути / Е. В. Андреева, К. Я. Исаулова, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 5. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-856-866.

15. ГКИНП –11–152–83. Инструкция по созданию топографических карт шельфа и внутренних водоемов. — М.: ЦНИИГАиК, 1985. — 158 с.

16. *Никифоров С. Л.* Цифровые модели рельефа дна и некоторые возможности их морфометрического анализа / С. Л. Никифоров, С. М. Кошель, Н. О. Сорохтин, Н. Е. Козлов // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. — 2015. — Т. 18. — № 2. — С. 287–294.

17. Объяснительная записка к картам Арктического бассейна: Ортографическая карта Арктического бассейна, Рельеф Северного Ледовитого океана. — СПб.: Изд-во ВНИИОкеангеология, 1999. — 38 с.

18. Рельеф дна Северного Ледовитого океана. Масштаб 1:5 000 000, проекция стереографическая. — СПб.: ГУНиО МО, ВНИИОкеангеология, РАН, 1998.

19. *Jakobsson M.* The international bathymetric chart of the Arctic Ocean version 4.0 / M. Jakobsson, L. A. Mayer, C. Bringensparr, C. F. Castro, R. Mohammad, P. Johnson, T. Ketter, D. Accettella, D. Ambblas, L. An, J. E. Arndt, M. Canals, J. L. Casamor, N. Chauché, B. Coakley, S. Danielson, M. Demarte, M.-L. Dickson, B. Dorschel, J. A. Dowdeswell, S. Dreutter, A. C. Fremand, D. Gallant, J. K. Hall, L. Hehemann, H. Hodnesdal, J. Hong, R. Ivaldi, E. Kane, I. Klaucke, D. W. Krawczyk, Y. Kristoffersen, B. R. Kuipers, R. Millan, G. Masetti, M. Morlighem, R. Noormets, M. M. Prescott, M. Rebesco, E. Rignot, I. Semiletov, A. J. Tate, P. Travaglini, I. Velicogna, P. Weatherall, W. Weinrebe, J. K. Willis, M. Wood, Yu. Zarayskaya, T. Zhang, M. Zimmermann, and K. B. Zinglensen // Scientific data. — 2020. — Vol. 7. — Is. 1. — Pp. 176. DOI: 10.1038/s41597-020-0520-9.

20. *Фирсов Ю. Г.* Новая батиметрическая база данных российского сектора Арктики в контексте заявки российской федерации на расширенный континентальный шельф в Северном Ледовитом океане / Ю. Г. Фирсов, С. В. Егоров // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения: сб. материалов II междунар. науч.-практ. конф. — СПб.: Изд-во «Политехника», 2017. — С. 489–492.

21. *Фирсов Ю. Г.* Анализ батиметрической изученности российского сектора Арктического бассейна с использованием геоинформационных технологий / Ю. Г. Фирсов // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастр. Наука и образование: сб. материалов Всеросс. науч.-практ. конф. — СПб.: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2019. — С. 426–431.

22. *Поселов В. А.* Обоснование юридического шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане / В. А. Поселов, В. Д. Каминский, С. М. Жолондз, В. В. Буценко, О. Е. Смирнов, Ю. Г. Фирсов, Ф. Г. Зинченко // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2019. — № 3 (166). — С. 48–54.

23. Экспедиция «Шельф-2019». Сайт ГНИНГИ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gningi.ru/index.php/8-novosti/136-news55> (дата обращения: 01.12.2022).

24. Успешное завершение экспедиции «Шельф-2020». Сайт ГНИНГИ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gningi.ru/index.php/8-novosti> (дата обращения: 01.12.2022).

25. EMODnet DTM for European sea regions [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.emodnet-bathymetry.eu/data-products> (дата обращения 06.08.2022).
26. Wöflf A. C. Seafloor Mapping—the challenge of a truly global ocean bathymetry / A.-C. Wöflf, H. Snaith, S. Amirebrahimi, C. W. Devey, B. Dorschel, V. Ferrini, V.A.I. Huvenne, M. Jakobsson, J. Jencks, G. Johnston, G. Lamarche, L. Mayer, D. Millar, T. H. Pedersen, K. Picard, A. Reitz, T. Schmitt, M. Visbeck, P. Weatherall, R. Wigley // *Frontiers in Marine Science*. — 2019. — Vol. 6. — Article 283. DOI: 10.3389/fmars.2019.00283.
27. Фирсов Ю. Г. Основные требования к обеспечению качества современной батиметрической (топографической) съемки / Ю. Г. Фирсов // *Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2014 — № 3 (25) — С. 171–179.
28. Фирсов Ю. Г. Новые методы пространственной визуализации результатов инженерной батиметрической съемки / Ю. Г. Фирсов, И. В. Кожухов // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2014. — № 2 (24). — С. 17–23.
29. Кожухов И. В. Электронная инженерная гидрография и перспективы получения новых данных по морфологии и геоэкологии арктических морей / И. В. Кожухов, Е. Н. Колосков, Ю. Г. Фирсов // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова*. — 2015. — № 4 (32). — С. 95–103. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-1-123-129.
30. Колосков Е. Н. Применение современных гидрографических технологий для изучения рельефа и донного газопроявления в северных морях России / Е. Н. Колосков, Ю. Г. Фирсов // *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.
31. Программа морских геофизических, геохимических и геотехнических работ на лицензионных участках «Северо-Врангелевский-1», «Северо-Врангелевский-2» и «Южно-Чукотский» на 2019–2022 гг. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://storage.inovaco.ru/media/project\\_mo\\_560/34/65/8f/2c/6f/0b/tom-1-tehnicheskaya-chast.pdf](http://storage.inovaco.ru/media/project_mo_560/34/65/8f/2c/6f/0b/tom-1-tehnicheskaya-chast.pdf) (дата обращения: 01.12.2022).
32. Мороз Е. А. Неотектоника и рельеф дна северо-западной окраины Баренцевоморского шельфа и его обрамления: дис... канд. геогр. наук / Евгений Андреевич Мороз; Геол. ин-т РАН. — М., 2017. — 128 с.
33. IHO Standards for Hydrographic Surveys (6th Edition). S-44. — Monaco: International Hydrographic Bureau, 2020. — 43 p.
34. Инструкция по навигационно-гидрографическому и геодезическому обеспечению морских геологоразведочных работ (ИНГГО-86). Министерство Геологии СССР. — М., 1986. — 104 с.
35. Инструкция по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геологоразведочных работ (утв. Министерством природных ресурсов РФ 3 декабря 1996 г.) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293763/4293763666.htm> (дата обращения: 01.12.2022).
36. Горбунов О. Н. Инженерно-гидрографические работы как основа маркшейдерского обеспечения при освоении морских ресурсов / О. Н. Горбунов // *Маркшейдерский вестник*. — 2011. — № 5 (85). — С. 25–28.
37. Guidelines for the use of Multibeam Echosounders for offshore survey. IMCA S-003. — London, UK: International Marine Contractors Association, 2015. — 77 p.
38. 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 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://www.un.org/Depts/los/clcs\\_new/submissions\\_files/rus01\\_rev15/2023RusRev1RecSum.pdf](https://www.un.org/Depts/los/clcs_new/submissions_files/rus01_rev15/2023RusRev1RecSum.pdf) (дата обращения: 01.03.2023).
39. Ласточкин А. Н. Системно-морфологическое основание наук о Земле (геотопология, структурная география и общая теория геосистем) / А. Н. Ласточкин. — СПб.: Изд-во НИИХИ, 2002. — 762 с.
40. Каталог карт и книг Северный Ледовитый океан. УНиО МО РФ. Адмиралтейский № 7107. — СПб.: УНиО, 2020. — 79 с.
41. Группа компаний «СКАНЭКС». Морской портал [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.scanex.ru/cloud/maritime/> (дата обращения: 01.12.2022).
42. IHO Online Catalogues [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://iho.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=06d967702c7f4094bbc5b4f8e485b712&mobileBreakPoint=300> (дата обращения: 01.12.2022).
43. Юлин А. В. Сезонная и межгодовая изменчивость ледяных массивов Восточно-Сибирского моря / А. В. Юлин, М. В. Шаратунова, Е. А. Павлова, В. В. Иванов // *Проблемы Арктики и Антарктики*. — 2018. — Т. 64. — № 3 (117). — Рр. 229–240. DOI: 10.30758/0555-2648-2018-64-3-229-240.

44. Исаулова К. Я. Исследование маршрутов движения крупнотоннажных судов в Восточном секторе акватории Северного морского пути / К. Я. Исаулова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 4. — С. 726–733. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-726-733.

45. Афонин А. Б. Повышения эффективности съемки рельефа дна в акватории Северного морского пути / А. Б. Афонин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 2. — С. 302–309. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-2-302-309.

46. Богоявленский В. И. Опасные газонасыщенные объекты на акваториях Мирового Океана: Восточно-Сибирское море / И. И. Богоявленский, А. В. Кишанков, А. Г. Казанин, Г. А. Казанин // Арктика: экология и экономика. — 2022. — Т. 12. — № 2 (46). — С. 158–171. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-158-171.

47. Руководство для сквозного плавания судов по Северному морскому пути. — СПб.: ГУНИО МО РФ, 1995. — 415 с.

48. Правила плавания в акватории Северного морского пути [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.nsra.ru/ru/ofitsialnaya\\_informatsiya/pravila\\_plavaniya.html](http://www.nsra.ru/ru/ofitsialnaya_informatsiya/pravila_plavaniya.html) (дата обращения: 01.12.2022).

49. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2014 № 1599 «Об осуществлении федеральными органами исполнительной власти отдельных полномочий в целях реализации Федерального закона «О навигационной деятельности» и о внесении изменений в Положение о полномочиях федеральных органов исполнительной власти по поддержанию, развитию и использованию глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах обеспечения обороны и безопасности государства, социально-экономического развития Российской Федерации и расширения международного сотрудничества, а также в научных целях» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201501040025> (дата обращения: 01.12.2022).

50. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.12.2016 № 1418 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201612260028> (дата обращения: 01.12.2022).

## REFERENCES

1. *Chastichnoe peresmotrennoe predstavlenie Rossiiskoi Federatsii v Komissiyu po granitsam kontinental'nogo shel'fa v otnoshenii kontinental'nogo shel'fa Rossiiskoi Federatsii v Severnom Ledovitom okeane*. 2015.

2. *Centralnyj Arkticheskij bassejn. Masshtab 1:2 500 000, po paralleli 75°. Proekcija stereograficheskaja*. SPb.: GUNiO MO RF, 2002. № 91115.

3. Firsov, Yury Georgievich. “Modern bathymetric survey in the Arctic ocean in the context of the extended continental shelf determination in Arctic.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 6(40) (2016): 81–95. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-81-95.

4. Kaminskij, V. D., ed. *Arkticheskij bassejn (geologiya i morfologiya)*. SPb.: VNIIOkeangeologiya, 2017.

5. Zinchenko, Anna G., and Yury G. Firsov. “Geomorphology of the Arctic ocean in the context of The United Nations Convension on the law of the sea 1982.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.4 (2018): 734–751. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-734-751.

6. Dubinin, E. P., A. V. Kokhan, and A. N. Filaretova. “Bottom relief of the arctic ocean.” *The Life of the Earth* 40.3 (2018): 262–282.

7. Firsov, Yury G., and Anna G. Zinchenko. “The problems of naming the plains and basins of the CentralArctic area of rises of the Arctic Ocean.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.2 (2019): 315–331. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-315-331.

8. Firsov, Yury G. “Seabed relief mapping problems on the Russian bathymetric chart of the Arctic Ocean.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.5 (2019): 880–892. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-880-892.

9. *Atlas okeanov. Severnyi Ledovityi okean*. GUNiO MO SSSR, 1980.

10. Firsov, Yu. G., M. V. Ivanov, and E. N. Koloskov. “The new stage of the Russian northern basins bathymetric investigations — Kara sea example.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 6(28) (2014): 115–124.

11. Sifrovie spravochno-informacionnie nabori. Web. 1 Dec. 2022 <[https://rosatomport.ru/digital\\_reference\\_and\\_information\\_sets](https://rosatomport.ru/digital_reference_and_information_sets)>.

12. Afonin, Andrej B., and Aleksandr L. Tezikov. "The concept of development of shipping routes along the northern sea route." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.1 (2017): 81–87. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-81-87.

13. Olhovik, Evgeniy O., Andrej B. Afonin, and Aleksandr L. Tezikov. "A planning rationale for conducting the areal surveys of high-latitude routes." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.2 (2019): 296–304. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-296-304.

14. Andreeva, Ekaterina V., Kristina Y. Esaulova, and Aleksandr L. Tezikov. "Accounting the impact of hydrographic studies on the safety of navigation of large-tonnage vessels in the Northern Sea Route water area." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.5 (2019): DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-5-856-866.

15. GKINP–11–152–83. *Instruktsiya po sozdaniyu topograficheskikh kart shel'fa i vnutrennikh vodoemov*. M.: TsNIIGAiK, 1985.

16. Nikiforov, S. L., S. M. Koshel, N. O. Sorokhtin, and N. E. Kozlov. "Seabed digital elevation models and some possibilities of their morphometric analysis." *Vestnik of MSTU* 18.2 (2015): 287–294.

17. *Ob'yasnitel'naya zapiska k kartam Arkticheskogo bassejna: Orograficheskaya karta Arkticheskogo bassejna, Rel'ef Severnogo Ledovitogo okeana*. SPb.: Izd-vo VNIIOkeangeologiya, 1999.

18. *Rel'ef dna Severnogo Ledovitogo okeana. Masshtab 1:5 000 000, proekciya stereograficheskaya*. SPb.: GUNiO MO, VNIIOkeangeologiya, RAN, 1998.

19. Jakobsson, Martin, Larry A. Mayer, Caroline Bringensparr, Carlos F. Castro, Rezwan Mohammad, Paul Johnson, Tomer Ketter, Daniela Accettella, David Amblas, Lu An, Jan Erik Arndt, Miquel Canals, José Luis Casamor, Nolwenn Chauché, Bernard Coakley, Seth Danielson, Maurizio Demarte, Mary-Lynn Dickson, Boris Dorschel, Julian A. Dowdeswell, Simon Dreutter, Alice C. Fremand, Dana Gallant, John K. Hall, Laura Hehemann, Hanne Hodnesdal, Jongkuk Hong, Roberta Ivaldi, Emily Kane, Ingo Klaucke, Diana W. Krawczyk, Yngve Kristoffersen, Boele R. Kuipers, Romain Millan, Giuseppe Masetti, Mathieu Morlighem, Riko Noormets, Megan M. Prescott, Michele Rebesco, Eric Rignot, Igor Semiletov, Alex J. Tate, Paola Travaglini, Isabella Velicogna, Pauline Weatherall, Wilhelm Weinrebe, Joshua K. Willis, Michael Wood, Yulia Zarayskaya, Tao Zhang, Mark Zimmermann, and Karl B. Zinglensen. "The international bathymetric chart of the Arctic Ocean version 4.0." *Scientific data* 7.1 (2020): 176. DOI: 10.1038/s41597-020-0520-9.

20. Firsov, Y., and S. Egorov. "The new bathymetric data base of the Russian arctic sector in the context of the Russian Federation revised submission in respect of the extended continental shelf in the Arctic ocean." *Geodeziya, kartografiya, geoinformatika i kadastry. Ot idei do vnedreniya: sbornik materialov II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. SPb.: Izdatel'stvo "Politekhnik", 2017. 489–492.

21. Firsov, Yu.G. "Analysis of the arctic basin bathymetry inside the russian sector, using the information technologies." *Geodeziya, kartografiya, geoinformatika i kadastr. Nauka i obrazovanie. Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. SPb.: Izdatel'stvo RGPU im. A. I. Gertsena, 2019. 426–431.

22. Poselov, V. A., V. D. Kaminsky, S. M. Zholondz, V. V. Butsenko, O. E. Smirnov, Yu. G. Firsov, and A. G. Zinchenko. "Proof of the legal shelf of the Russian Federation in the Arctic Ocean." *Mineral resources of Russia. Economics and management* 3(166) (2019): 48–54.

23. Ikspedisia "Shelf-2019". Web. 1 Dec. 2022 <<https://www.gningi.ru/index.php/8-novosti/136-news55>>.

24. Uspeshnoe zavershenie Ikspedisia "Shelf-2019". Web. 1 Dec. 2022 <<https://www.gningi.ru/index.php/8-novosti>>.

25. EMODnet DTM for European sea regions. Web. 6 Aug. 2022 <<https://www.emodnet-bathymetry.eu/data-products>>.

26. Wöflf, Anne-Cathrin, Helen Snaith, Sam Amirebrahimi, Colin W. Devey, Boris Dorschel, Vicki Ferrini, Veerle A. I. Huvenne, Martin Jakobsson, Jennifer Jencks, Gordon Johnston, Geoffroy Lamarche, Larry Mayer, David Millar, Terje Haga Pedersen, Kim Picard, Anja Reitz, Thierry Schmitt, Martin Visbeck, Pauline Weatherall, and Rochelle Wigley. "Seafloor Mapping—the challenge of a truly global ocean bathymetry." *Frontiers in Marine Science* 6 (2019). Article 283. DOI: 10.3389/fmars.2019.00283.

27. Firsov, Yu. G. "The main requirements for the bathymetric (topographic) surveying quality control." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(25) (2014): 171–179.

28. Firsov, Yu. G., and I. V. Kozhukhov. "The new three dimensional visualization techniques for bathymetric engineering survey." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 2(24) (2014): 17–23. DOI: 10.21821/2309-5180-2014-6-2-17-23.

29. Kozhuhov, I. V., E. N. Koloskov, and Yu. G. Firsov. "Elektronnaya inzhenernaya gidrografiya i perspektivy polucheniya novykh dannykh po morfologii i geoekologii arkticheskikh morej." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(32) (2015): 95–103.
30. Koloskov, E. N., and Yu. G. Firsov. "Implementation of the new hydrographic technologies for bottom topography and seafloor gas venting investigations in the russian northern seas." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(31) (2015): 54–62. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-54-62.
31. Programma morskikh geofizicheskikh, geohimicheskikh i geotekhnicheskikh rabot na licenziionnykh uchastkakh «Severo-Vrangelevskij-1», «Severo-Vrangelevskij 2» i «YUzhno-CHukotskij» na 2019–2022 gg. Web. 1 Dec. 2022 <[http://storage.inovaco.ru/media/project\\_mo\\_560/34/65/8f/2c/6f/0b/tom-1-tehnicheskaya-chast.pdf](http://storage.inovaco.ru/media/project_mo_560/34/65/8f/2c/6f/0b/tom-1-tehnicheskaya-chast.pdf)>.
32. Moroz, E. A. Neotektonika i rel'ef dna severo-zapadnoi okrainy Barentsevomorskogo shel'fa i ego obramleniya. Diss. M., 2017.
33. *IHO Standards for Hydrographic Surveys (6th Edition)*. S-44. Monaco: International Hydrographic Bureau, 2020.
34. *Instrukcia po navigacionno-gidrograficheskomu i geodesicheskomu obespecheniu morskikh geologorazvedochnih rabot (INGGO-86)*. M., 1986.
35. Instrukcia po topografo-geodesicheskomu i gidrograficheskomu obespecheniu geologorazvedochnih rabot (Ministerstvo priirodnykh resursov RF, 3 dekabria, 1996). Web. 1 Dec. 2022 <<https://meganorm.ru/Data2/1/4293763/4293763666.htm>>.
36. Gorbunov, O. N. "Inzhenerno-gidrograficheskie raboty kak osnova marksheiderskogo obespecheniya pri osvoenii morskikh resursov." *Marksheiderskii vestnik* 5(85) (2011): 25–28.
37. *Guidelines for the use of Multibeam Echosounders for offshore survey. IMCA S-003*. London, UK: International Marine Contractors Association, 2015.
38. 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. Web. 1 March 2023 <[https://www.un.org/Depts/los/clcs\\_new/submissions\\_files/rus01\\_rev15/2023RusRev1RecSum.pdf](https://www.un.org/Depts/los/clcs_new/submissions_files/rus01_rev15/2023RusRev1RecSum.pdf)>.
39. Lastochkin, A. N. *Sistemno-morfologicheskoe osnovanie nauk o Zemle (geotopologiya, strukturnaya geografiya i obshchaya teoriya geosistem)*. SPb.: Izd. NIIKHI, 2002.
40. *Katalog kart i knig. Severni Ledoviti Okean. UNiO MO. RF. Admiralteisky nomer 7107*. SPb.: UNiO, 2009.
41. Grupa kompaniy "Skanex". Morskoj portal. Web. 1 Dec. 2022 <<https://www.scanex.ru/cloud/maritime/>>.
42. IHO Online Catalogues. Web. 1 Dec. 2022 <<https://iho.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=06d967702c7f4094bbc5b4f8e485b712&mobileBreakPoint=300>>.
43. Yulin, A. V., M. V. Sharatunova, E. A. Pavlova, and V. V. Ivanov. "Seasonal and interannual changes of ice massifs in East Siberian sea." *Arctic and Antarctic Research* 64.3(117) (2018): 229–240. DOI: 10.30758/0555-2648-2018-64-3-229-240.
44. Isaulova, Kristina Ya. "Research of traffic routes of the large-tonnage vessels in the eastern sector of the Northern Sea Route." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.4 (2020): 726–733. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-726-733.
45. Afonin, Andrej B. "Improving the hydrographic survey efficiency in the Northern Sea Route water area." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.2 (2020): 302–309. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-2-302-309.
46. Bogoyavlensky, Vasily Igorevich, Aleksei Vladimirovich Kishankov, Aleksey Gennadyevich Kazanin, and Gennady Alekseyevich Kazanin. "Dangerous gas-saturated objects in the world ocean: the east siberian sea." *Arctic: ecology and economy* 12.2(46) (2022): 158–171. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-158-171.
47. *Rukovodstvo dlya skvoznoho plavaniya sudov po Severnomu morskomu puti*. SPb.: Izd. GUNIO MO RF, 1995.
48. Pravila plavania v akvatorii Severnogo morskogo puti. Web. 1 Dec. 2022 <[http://www.nsra.ru/ru/ofitsialnaya\\_informatsiya/pravila\\_plavaniya.html](http://www.nsra.ru/ru/ofitsialnaya_informatsiya/pravila_plavaniya.html)>.
49. Postanovlenie Pravitelstva Rossijskoi Federazii ot 29.12.2014№ 1599 "Ob osushestvlenii federalnymi organami ispolnitelnoi vlasti otdelnykh polnomochii v zeliakh reorganizatsii Federalnogo Zakona "O navigacionnoi dejatel'nosti" i o vnesenii izmenenii v Polozenie o polnomochiah federalnykh organah ispolnitelnoi vlasti po podderzhaniju, razvitiu i ispolsovaniju globalnoi navigacionnoi sistemi GLONASS v interesah obespechenia oborony gosudarstva, socialno-ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoi Federazii i rasshirenia mejdunarodnogo sotrudnichestva, a tak je v nauchnykh zeliakh". Web. 1 Dec. 2022 <<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201501040025>>.

50. Postanovlenie Pravitelstva Rossiskoi Federazii ot 21.12.2014 № 11418 “O vnesenii izmenenii v nekotorii akti Pravitelstva Rossiskoi Federazii”. Web. 1 Dec. 2022 <<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201612260028>>.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Фирсов Юрий Георгиевич** —  
кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала  
С. О. Макарова»  
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
ул. Двинская, 5/7

e-mail: [gidrograph@mail.ru](mailto:gidrograph@mail.ru), [kaf\\_gm@gumrf.ru](mailto:kaf_gm@gumrf.ru)

**Зинченко Анна Георгиевна** —  
старший научный сотрудник  
ФГБУ «ВНИИОкеангеология»  
190121, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
Английский пр., 1  
e-mail: [anna\\_zinchenko@mail.ru](mailto:anna_zinchenko@mail.ru)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Firsov, Yury G.** —  
PhD, associate professor  
Admiral Makarov State University of Maritime  
and Inland Shipping  
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg 198035,  
Russian Federation

e-mail: [gidrograph@mail.ru](mailto:gidrograph@mail.ru), [kaf\\_gm@gumrf.ru](mailto:kaf_gm@gumrf.ru)

**Zinchenko, Anna G.** —  
Senior Researcher  
FSBI “VNIIOkeangeologia”  
1 Anglisky Ave., St. Petersburg, 190121,  
Russian Federation  
e-mail: [anna\\_zinchenko@mail.ru](mailto:anna_zinchenko@mail.ru)

*Статья поступила в редакцию 18 января 2023 г.  
Received: January 18, 2023.*