

## SEABED RELIEF MAPPING PROBLEMS ON THE RUSSIAN BATHYMETRIC CHART OF THE ARCTIC OCEAN

**Yu. G. Firsov**

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
St. Petersburg, Russian Federation

*Current situation regarding the seabed relief research inside the Russian sector of the Arctic Ocean is examined in the paper. The main goal of this study is to analyze the credibility of the Arctic Ocean mapping on the existing Russian bathymetric charts and provide recommendations for their revision by method of the computer modelling of the Arctic Ocean relief using geoinformation technology. It is noted that the interest in the Arctic Ocean seabed relief research arose at the beginning of the 21<sup>st</sup> century due to the Continental Shelf delimitation according to the regulations of the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) Article 76. A short historical retrospective overview of the seafloor relief mapping and the Arctic Ocean bathymetric charts development is provided. It is mentioned that the IBCAO digital model and the Russian bathymetric chart of the Arctic Ocean at a scale of 1:2 500 000 (admiralty number 9115) were published at the same time.*

*The Russian bathymetric chart of the Arctic Ocean was published in 2001. It contained all currently known seabed structures in the Arctic Ocean and was presented to the world scientific community. However, it is still little known abroad which led to the fact that the foreign scientific expedition 'discovered' the seamount which had already existed on the Russian bathymetric chart (admiralty number 9115). As the modern Russian bathymetric data were appearing this chart was updating and now it is available in the digital format S-57. Nevertheless, some of the seabed structures on this chart are shown incorrectly and have to be revised. The examples are the «Belov Trog» and the false seamount in the southeastern part of the «Wrangel Plain». The urgency of the prolongation of the seabed relief research in the Russian sector of the Arctic Ocean is noted in connection with the problem of supporting the Russian submission on the extended continental shelf in the Arctic.*

*Keywords: underwater topography, Arctic ocean, undersea features, IBCAO, russian bathymetric chart, Belov Thoug, continental shelf, UNCLOS.*

**For citation:**

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.

**УДК 910.27**

## ПРОБЛЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ РЕЛЬЕФА ДНА НА РОССИЙСКИХ БАТИМЕТРИЧЕСКИХ КАРТАХ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

**Ю. Г. Фирсов**

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Рассмотрены вопросы текущего состояния изученности рельефа Северного Ледовитого океана, источники информации и достоверность отображения отдельных форм рельефа на существующих батиметрических картах. Целью исследования является анализ достоверности отображения рельефа дна Арктического бассейна и формирование предложений по актуализации отечественной батиметрической карты. Методом решения поставленной задачи является компьютерное моделирование рельефа Северного Ледовитого океана с использованием геоинформационных технологий. Кратко изложена история изучения рельефа дна Северного Ледовитого океана и создания наиболее известных батиметрических карт, включая современную цифровую модель IBCAO v.3 и подготовленную на ее основе бумажную версию карты масштаба 1: 6 000 000, а также отечественную батиметрическую карту масштаба 1: 2 500 000*

с адмиралтейским номером 91115. Отмечается, что интерес к изучению рельефа дна Северного Ледовитого океана возник с начала XXI в. в связи с проблемой делимитации Северного Ледовитого океана в соответствии с правилами ст. 76 «Конвенции по морскому праву». Указывается, что российская батиметрическая карта, опубликованная в 2001 г., была создана в результате более чем 30-летнего самоотверженного труда отечественных гидрографов и содержит все основные морфоструктуры дна Северного Ледовитого океана, однако она осталась практически неизвестна зарубежному научному сообществу. Это привело к тому, что зарубежная научная экспедиция повторно «открыла» подводную гору, уже отмеченную на карте с адмиралтейским номером 91115. По мере получения новых российских батиметрических данных эта карта была дважды отредактирована. В настоящее время батиметрическая карта с адмиралтейским номером 91115 подготовлена в электронном виде в формате S-57, однако ряд морфоструктур на ней показан некорректно и требует уточнения. В качестве примеров рассмотрены некоторые морфоструктуры, включая трог Белова и ложную подводную гору на равнине Врангеля. Отмечается актуальность дальнейшего изучения рельефа дна в российском секторе Северного Ледовитого океана в связи с проблемой поддержки российского «Представления на расширенный континентальный шельф в Арктике». Сформулированы предложения по актуализации батиметрической карты с адмиралтейским номером 91115.

*Ключевые слова:* подводный рельеф, Северный Ледовитый океан, морфоструктуры морского дна, международная батиметрическая карта, российская батиметрическая карта, трог Белова, юридический континентальный шельф, конвенции по морскому праву.

**Для цитирования:**

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.

### **Введение (Introduction)**

Систематическое изучение рельефа дна Северного Ледовитого океана (СЛО), начавшиеся после Второй мировой войны, проходило в несколько этапов. На начальном этапе в период до середины 50-х гг. XX в. основными средством являлся промер со льда, выполнявшийся в составе высокоширотных экспедиций с использованием механических средств измерения глубин и астрономических методов плановой привязки. Однако уже в конце 40-х гг. XX в. советские полярники открыли такие важнейшие морфоструктуры СЛО, как хребты Ломоносова и Гаккеля, а также поднятие Менделеева. Следующий этап познания рельефа дна СЛО был связан с появлением атомных подводных лодок (АПЛ). На этом этапе с АПЛ было измерено большое количество глубин по всей акватории СЛО, позволивших выявить основные морфоструктуры дна и создать первые батиметрические и наглядные физиографические карты рельефа.

В 70–80-е гг. XX в. промер со льда и АПЛ продолжался с использованием более современных средств, позволяющих уточнить ранее полученные результаты. Технологический прорыв в изучении рельефа дна СЛО произошел в 1990 г., когда на немецком исследовательском «Поларштерн» был впервые установлен многолучевой эхолот (МЛЭ). В дальнейшем МЛЭ были установлены на многих исследовательских ледоколах, ознаменовав новый современный этап изучения дна СЛО [1], [2].

Историческим аспектам изучения рельефа дна СЛО посвящено много работ. Отечественные исследования, выполненные гидрографической службой в Арктическом бассейне в 60–80 гг. XX в. подробно описаны в монографии [3], зарубежные исследования рельефа дна СЛО представлены в работах [4] и [5]. Современные съемки рельефа дна СЛО, выполненные с начала XXI в. на основе использования МЛЭ и спутниковых средств позиционирования представлены в работах [6]–[8].

В начале XXI в. произошел технологический прорыв в области картографии с появлением информационных технологий, позволивших автоматизировать создание 2D/ 3D/4D изображения рельефа на основе измерений, которые стали выполняться и регистрироваться в цифровом виде. Начало эры цифровой картографии, ознаменовавшее переход от бумажных (аналоговых) карт к цифровым, радикально изменило подходы к созданию батиметрических карт, включая методы визуализации рельефа.

Интерес к дальнейшему изучению рельефа дна СЛО возник с начала XXI в. в связи с проблемой разграничения арктических акваторий в соответствии с правилами ст. 76 «Конвенции ООН по морскому праву». Необходимость установления положения континентальной окраины материка, зоны основания континентального склона (ОКС) и фиксации точек подножия континентального склона (ПКС), а также точное положение изобаты 2500 м потребовало необходимости проведения детальной батиметрии. Указанные данные должны быть зафиксированы и представлены в цифровом виде на электронной карте.

### Основная часть (Main Part)

Первая цифровая карта СЛО была создана усилиями мирового научного сообщества в 2001 г. в виде цифровой модели рельефа дна с регулярной сеткой (гридом)  $2,5 \times 2,5$  км [9]. Модель рельефа, получившая название «Международная батиметрическая карта Арктического океана» (International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean — IBCAO), учитывала все доступные батиметрические данные, в том числе российские, содержащиеся на батиметрической карте. В дальнейшем эта цифровая модель IBCAO была существенно уточнена в 2008 г. [10] и появилась версия 2 с гридом  $1 \times 1$  км. Текущая версия IBCAO v.3 построена на основе регулярной сетки с размерностью  $0,5 \times 0,5$  км. Детальная информация по IBCAO v.3, представленная на сайте<sup>1</sup>, изложена в работе [11].

Батиметрическая карта СЛО, основанная цифровой модели IBCAO с регулярной сеткой размерностью 500 м, подготовлена в масштабе 1: 6 000 000 для распечатки в формате A1<sup>2</sup>. Эта карта содержит только основные морфоструктуры и их топонимы, представленные в Газетире ГЕБКО<sup>3</sup>. Подробная информация по созданию модели IBCAO приведена в работе [12].

Батиметрическая карта «Центральный Арктический бассейн» (адмиралтейский номер 91115) была первоначально подготовлена Управлением навигации и океанографии (УНиО) на основе ретроспективных материалов съемок, выполненных в период 1954–1994 гг. [13]. В 2002 г. карта «Центральный Арктический бассейн» была представлена международной научной обществу в аналоговом (бумажном) виде на рабочем совещании «Bathymetric mapping of the north polar seas» [14], но в дальнейшем не получила широкой известности за рубежом. В 2013 г. карта «Центральный Арктический бассейн» была отредактирована с использованием современных российских съемок [15].

В 2017 г. батиметрическая карта «Центральный Арктический бассейн» была выпущена в новой редакции с учетом всех российских и ряда доступных современных батиметрических данных с использованием многолучевых съемок [16]. Источники современных батиметрических данных по СЛО, находящиеся в открытом доступе в сети Интернет, представлены в работе [6]. Результатом недостаточной известности батиметрической карты «Центральный Арктический бассейн» международному научному сообществу с момента ее выхода в свет [14] явился курьезный случай, когда американская экспедиция на ледоколе «Хилли» (Healy) в 2003 г. повторно «открыла» подводную гору [17], уже обозначенную на карте с адмиралтейским номером 91115 (2002 г.). Эта подводная гора, названная «Healy» (рис. 1), была включена в Газитир ГЕБКО с координатами:  $78^{\circ}40'$  с. ш. и  $158^{\circ}00'$  з. д. Трехмерное изображение подводной горы Healy в работе [17] как «Healy Sea Mount-2003» представлено на рис. 1. На рис. 2 приведен фрагмент карты «Центральный Арктический бассейн», на которой эта «вновь открытая» гора показана в красной рамке.

<sup>1</sup> IBCAO Version 3.0 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/ibcaoversion3.html>.

<sup>2</sup> International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Printable maps. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.gebco.net/data\\_and\\_products/printable\\_map/ibcao\\_map/documents/ibcao\\_v3](http://www.gebco.net/data_and_products/printable_map/ibcao_map/documents/ibcao_v3)

<sup>3</sup> GEBCO Undersea Features Names Gazetteer. Arctic [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov/gazetteer/>.

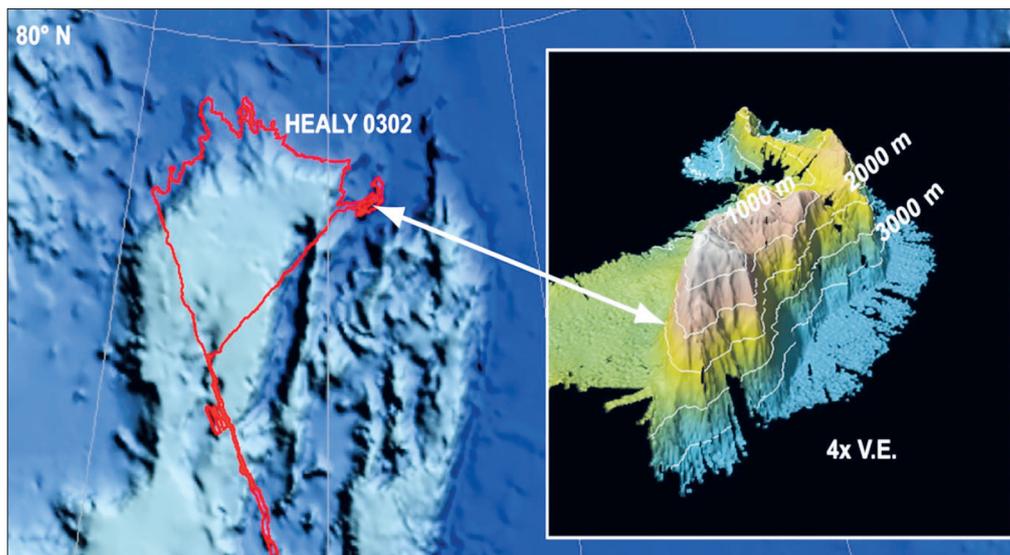


Рис. 1. Трехмерное изображение подводной горы Healy



Рис. 2. Фрагмент карты «Центральный Арктический бассейн» с указанием положения горы Healy

Координаты центральной части горы Healy, снятые с карты (адмиралтейский номер 91115), составляют:  $78^{\circ}49.7'$  с. ш. и  $157^{\circ}31.5'$  з. д. Следует отметить, что на северо-востоке от горы Healy на карте с адмиралтейским номером 91115 обозначена еще одна безымянная подводная гора (отмечена на рис. 2 красной точкой), которая, по-видимому, также ждет своего первооткрывателя. На карте с этим адмиралтейским номером еще достаточно безымянных морфоструктур, открытых российскими исследователями, которые до сих пор не названы именами российских ученых и исследователей.

Часть форм подводного рельефа, появившихся на картах в прежние годы, когда средства съемки были далеки от совершенства, являются ложными и требуют дополнительной проверки с целью установления достоверности. В качестве примера можно привести безымянную подводную гору на равнине Врангеля с координатами:  $80^{\circ}17'$  с. ш.,  $172^{\circ}28'$  в. д. и глубиной 1800 м. Фрагмент 3D батиметрической карты с адмиралтейским номером 91115, совмещенной с моделью ИВСАО v.3 с изображением этой «горы» (помечена желтым), представлен на рис. 3. Эта форма рельефа

впервые появилась на батиметрических картах Хайзена [18], [19] и затем была представлена на отечественных батиметрических картах [13], [20], а также на всех трех версиях карт ИВСаО: [9], [10].



Рис. 3. Фрагмент совмещенной 3D батиметрической карты 91115 с моделью ИВСаО v.3 с изображением подводной горы

Наличие локальной подводной возвышенности на седиментационной равнине Врангеля давно вызывало удивление специалистов. В 2008 г. немецкая экспедиция на научно-исследовательском ледоколе «Поларштерн» специально проложила галс многолучевой съемки через данную морфоструктуру, убедившись в ее отсутствии [21]. Полоса обзора многолучевой съемки, проложенная через эту «гору», показана на карте на рис. 4.

**RV Polarstern expedition ARK-XXIII/3**  
Lost Seamount – Scale 1:3000000  
© 2008 AWI Bathymetry

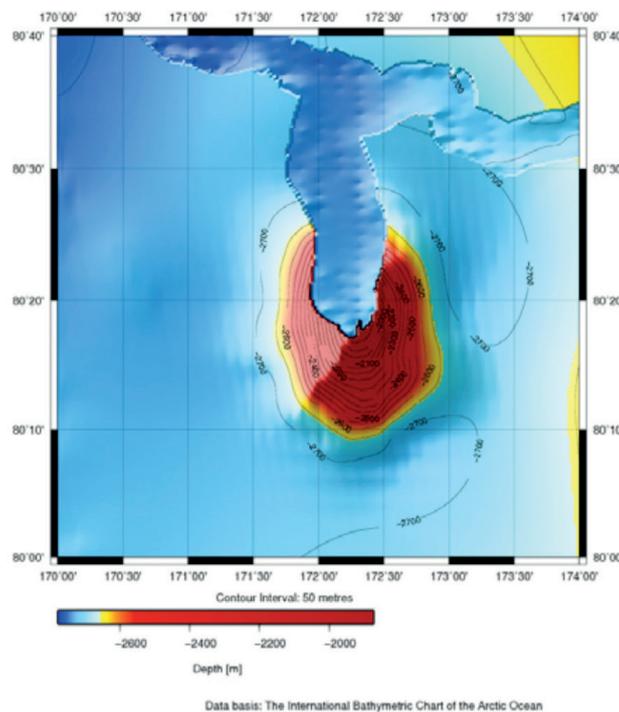


Рис. 4. Полоса обзора многолучевой съемки, проложенной через несуществующую «гору» на равнине Врангеля

Другим сомнительным объектом, помещенным на все российские батиметрические карты, является трог Белова, расположенный в приполюсной части хребта Ломоносова. Изображение этого района дна СЛО на батиметрической карте 91115 (2017 г.) представлено на рис. 5 (в красной рамке).

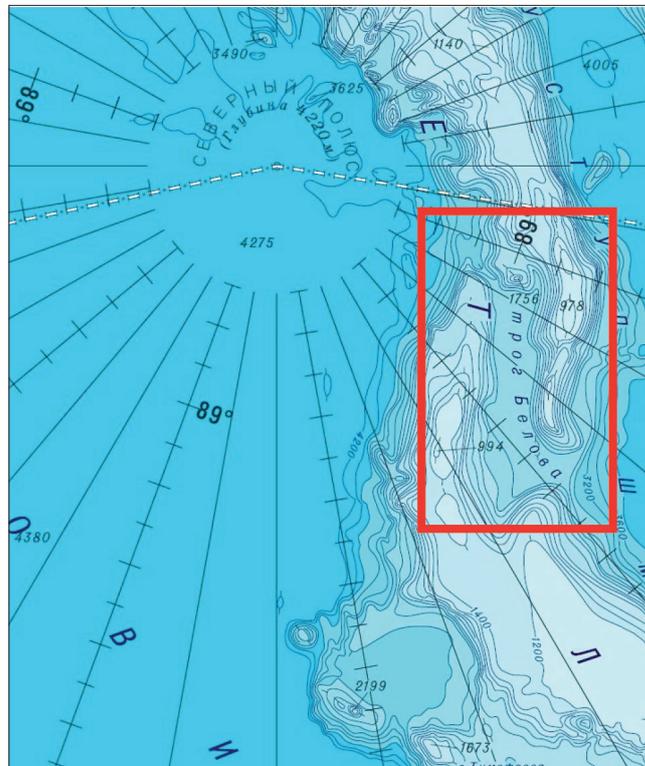


Рис. 5. Изображение трого Белова на батиметрической карте 91115

Морфоструктура «Трог Белова», которую в зарубежных публикациях иногда называют *Intra Basin*, первоначально в обобщенном виде была показана на картах Хайзена [18], [19], затем уточнена и представлена на отечественных батиметрических картах [20], [13] как трог, имеющий выход в котловину Макарова на глубинах 2500–2600 м (см. рис. 5). В первом издании ИВСаО [9] рельеф этого района был представлен в соответствии с данными, приведенными на отечественных картах [13], [20].

Вопрос морфологической связи трого Белова с котловиной Макарова имеет важное значение для понимания океанологических процессов обмена водных масс между евразийским и амеразийским бассейнами. Впервые детальные съемки рельефа в районе трого Белова, выполненные американской АПЛ по программе SCICEX, дали первые сведения о необходимости уточнения рельефа в этом районе [22]. В дальнейшем детальная съемка рельефа в районе трого Белова была выполнена в 2005 г. американским ледоколом береговой охраны «Хилли» (Healy) по программе «Beringia/NOTRAX». Подробное изложение результатов этих съемок можно найти в работе [23], в которой убедительно доказано, что минимальные глубины на восточном фланге трого Белова в самой глубокой его части составляют не более 1870 м и, таким образом, этот трог является *замкнутой морфоструктурой*. Уточненные данные по батиметрии хребта Ломоносова, включая трог Белова, приведены в работе [24]. В результате при формировании второй версии модели ИВСаО [10] рельеф в районе трого Белова был откорректирован. Изображение данного рельефа на фрагменте карты ИВСаО v.3 представлено на рис. 6. Для дополнительного подтверждения правомерности изображения трого Белова в качестве замкнутой морфоструктуры в этом районе были выполнены также высокоточные съемки рельефа шведским ледоколом «Оден» (Oden) в 2009 г. [25]. В 2011 г. американский ледокол береговой охраны «Хилли» (Healy) еще раз провел дополнительную многолучевую съемку на восточном фланге трого Белова [17], которая с высокой достоверностью подтвердила полученные ранее результаты. Результаты

батиметрической съемки «Оден» (2009) и «Хилли» (2011 г.) в виде регулярной сетки в различных форматах находятся в открытом доступе в интернете.

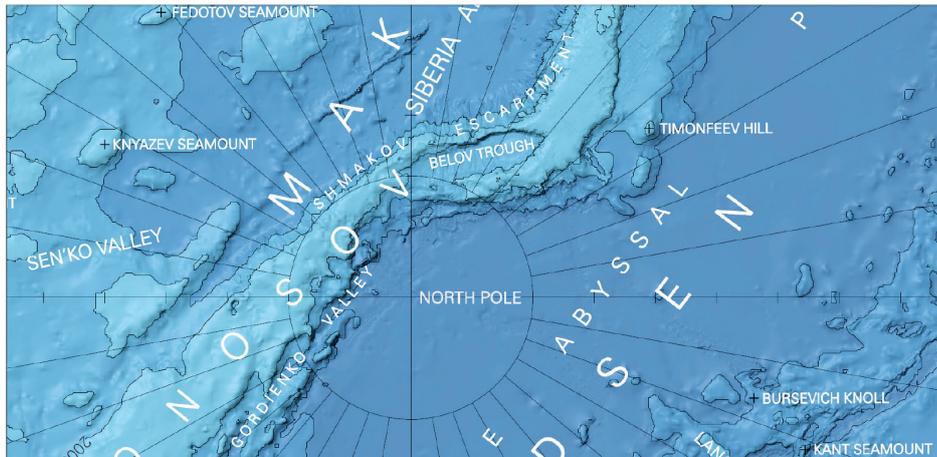


Рис. 6. Изображение трого Белова на батиметрической карте IBCAO v.3

На рис. 7 приведена трехмерная модель грида размерностью  $100 \times 100$  м по результатам съемки «Оден» (2009 г.) в районе трого Белова, наложенная на модель IBCAO v.3. Площадная съемка рельефа «Оден» (2009 г.) была выполнена внутри трого, вдоль его восточного фланга.

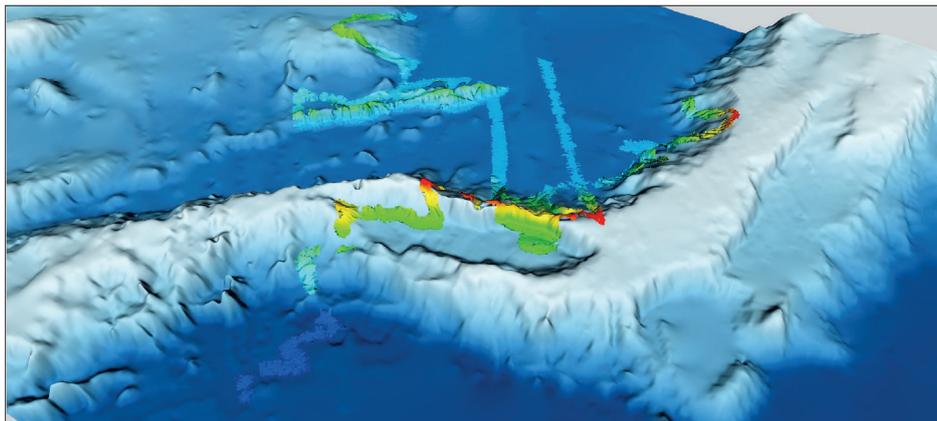


Рис. 7. Трехмерная модель грида по результатам съемки «Оден» (2009 г.)

На рис. 8 представлена трехмерная модель грида размерностью  $100 \times 100$  м на полосе обзора МЛЭ по результатам съемки «Хилли» (2011 г.) на восточном фланге трого Белова.

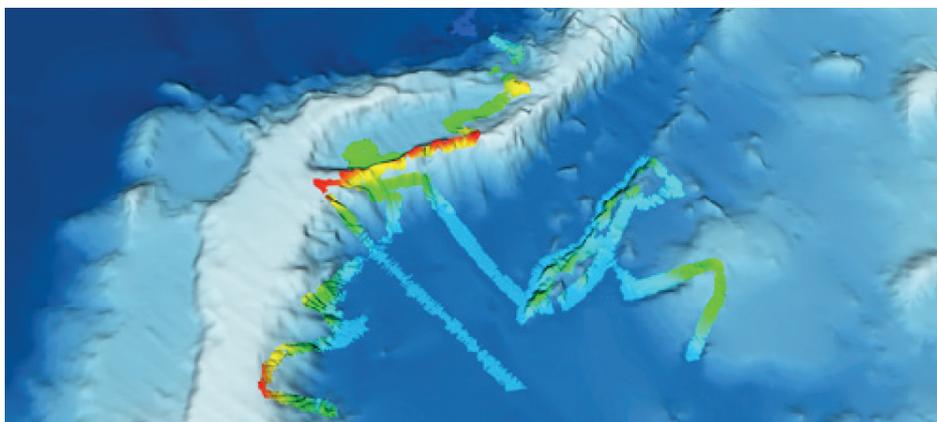


Рис. 8. Трехмерная модель грида по результатам съемки «Хилли» (2011 г.) на восточном фланге трого Белова

Визуализация результатов детальных съемок рельефа на восточном фланге трога Белова, выполненная в программном пакете «Fledermause» (см. рис. 7 и 8), основанная на реальных данных, полученных в сети Интернет, убедительно показывает, что трог Белова на самом деле является замкнутой морфоструктурой.

Актуальность изучения рельефа дна в российском секторе СЛО в последние годы была связана с проблемой поддержки «Частичного пересмотренного представления России на расширенный континентальный шельф в Арктике» [26]. Первое «Представление Российской Федерации на ВГКШ в СЛО» (далее — Представление) было подано в 2000 г. В результате Комиссией по границам континентального шельфа были сделаны замечания и даны рекомендации, для реализации которых Федеральным агентством по недропользованию (Роснедра) в период 2005–2014 гг. в Арктическом бассейне было организовано и проведено десять комплексных геолого-геофизических экспедиций. Широкомасштабные экспедиционные работы в центральной части СЛО, значимой для российского частично пересмотренного Представления, выполнялись с использованием российских научно-исследовательских судов ледового класса под проводкой атомных ледоколов. Информация по частично пересмотренному Представлению приведена в работе [27]. Батиметрическая съемка с МЛЭ выполнялась в 2010, 2011 и 2014 гг. При этом было выполнено более 38 тыс. лин. км кондиционной съемки рельефа с контролем качества.

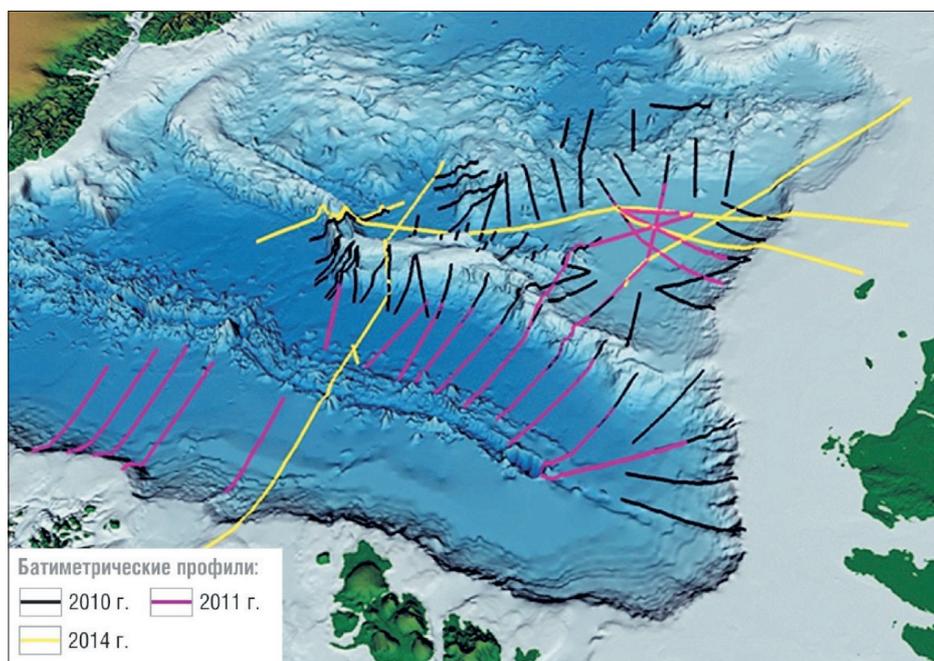


Рис. 9. Галсы многолучевой батиметрической съемки в СЛО, выполненной в 2010, 2011 и 2014 гг.

Галсы многолучевой батиметрической съемки в СЛО на фоне модели ИВСаО представлены на рис. 9 [27]. Анализ распределения галсов батиметрической съемки СЛО, представленных на этом рисунке показывает, что не вся акватория российского сектора СЛО, значимая для установления ВГКШ, была покрыта кондиционной многолучевой съемкой за исключением района в южной части котловины Нансена. Для поддержки заявленной линии ВГКШ в районе южной части котловины Нансена потребовалось проведение дополнительной батиметрической и сейсмоакустической съемки, которая была выполнена в августе–сентябре 2019 г.

В результате выполнения современной батиметрической съемки в данном районе представится возможность дополнить батиметрическую базу данных (БД) российского сектора СЛО [16] и дополнительно актуализировать карту с адмиралтейским номером 91115 с учетом ранее изложенных рекомендаций.

### Обсуждение (Discussion)

В России проведена большая работа по обобщению ранее созданных картографических материалов по СЛО, преобразованию их в цифровой формат и подготовке батиметрической карты СЛО в масштабе 1: 2500000 (адмиралтейский номер 91115). В настоящее время карта актуализирована с учетом современной отечественной батиметрической съемки с использованием МЛЭ и представлена в обменном формате S-57 МГО. При этом была устранена малодостоверная информация о рельефе, которая вошла в противоречие с «реперными» данными, полученными по результатам площадной съемки с использованием МЛЭ. На обновленной батиметрической карте СЛО (адмиралтейский номер 91115) наиболее достоверно представлен рельеф дна российского сектора СЛО. Эти новые сведения о рельефе до сих пор недоступны для формирования цифровой модели ИВСАО v.3 в данном районе.

Новая БД российского сектора СЛО позволила существенно улучшить отображения структуры рельефа дна российского сектора СЛО, представленные на геоморфологической карте [28]. На батиметрической карте видно, где находятся большие и меньшие глубины, какие поверхности плоские и пологие, и какие склоны относительно крутые, но границы между ними отсутствуют. Батиметрическая модель — это связанная непрерывная модель поверхности. В связи с проблемой ВГКШ перед исследователями были поставлены задачи разграничения глубоководного океанического дна и континентальных окраин на основе морфологических критериев. Наличие достоверной батиметрической информации позволило корректно решать эти задачи и, в частности, обоснованно аргументировать наличие в СЛО области Центральных арктических поднятий, включающих хребты Ломоносова и Альфа, поднятие Менделеева и Чукотское плато, а также разделяющие их впадины в зонах, прилегающих к российскому шельфу.

Получение дополнительной современной батиметрической информации в южной части котловины Нансена позволит актуализировать рельеф в этой ранее мало исследованной части российского сектора СЛО, что даст возможность выполнить обоснованное уточнение построения зоны основания континентального склона и тем самым аргументировать поддержку заявленной линии ВГКШ в восточной части хребта Гаккеля. Для этого потребуется актуализация как батиметрической карты (адмиралтейский номер 91115), так и геоморфологической карты СЛО. При актуализации можно будет исправить рельеф на тропе Белова, убрать несуществующую подводную гору в восточной части равнины Врангеля, а также уточнить отдельные топонимы форм подводного рельефа СЛО, обоснование которых дано в работе [29].

Детальные батиметрические исследования в настоящее время являются ведущим направлением изучения Мирового океана. Кроме проекта ИВСАО, в настоящее время проводятся международные батиметрические программы: «ГЕВСО–2009», «ГЕВСО Seabed 2030», «EMODnet Bathymetry», а также региональные проекты. Детальную информацию по данной проблематике можно найти в работе [30]. Россия пока выполнила только необходимый и достаточный объем батиметрической съемки СЛО в целях обоснования своего расширенного континентального шельфа. Необходимы дальнейшие батиметрические исследования в российском секторе СЛО и в первую очередь в восточной части хребта Гаккеля.

### Заключение (Conclusion)

На основе результатов выполненного исследования можно сделать следующие выводы и дать рекомендации.

1. Российской Федерации следует более активно популяризировать результаты своих исследований в СЛО и принимать меры для защиты приоритета обнаружения ранее неизвестных форм рельефа дна, давая им имена российских ученых и исследователей.

2. Российскую батиметрическую карту с адмиралтейским номером 91115 следует актуализировать с учетом поступления новых данных. При этом рекомендуется:

– убрать с батиметрических карт СЛО ошибочно нанесенную гору в юго-восточной части равнины Врангеля в координатах: 78°40' с. ш. и 158°00' з. д.;

– откорректировать вид морфоструктуры «Отрог Белова», отобразив его как замкнутый объект на основе использования батиметрической информации по данному району, находящейся в открытом доступе в сети Интернет.

3. Дальнейшую актуализацию цифровой батиметрической карты (адмиралтейский номер 91115) рекомендуется производить с учетом зарубежных батиметрических данных 2014–2016 гг., находящихся в открытом доступе в сети Интернет.

4. Дополнительная батиметрическая съемка в южной части котловины Нансена позволит уточнить не только рельеф, но и положение основания континентального склона в данном малоисследованном районе. Исследования в этом районе СЛО следует продолжить.

Выполнение указанных рекомендаций позволит не только более обоснованно защищать материалы «Частичного пересмотренного Представления Российской Федерации на расширенный континентальный шельф в Арктике» [26] в Комиссии по границам континентального шельфа, но и обеспечить предстоящие межгосударственные переговоры с приарктическими государствами, касающиеся делимитации морских пространств в приполюсной части СЛО.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фирсов Ю. Г.* Батиметрическая изученность северного ледовитого океана для определения внешней границы континентального шельфа России в Арктике / Ю. Г. Фирсов // Геодезия и картография. — 2007. — № 5. — С. 48–58.

2. *Фирсов Ю. Г.* Анализ зарубежного опыта и перспективы российских исследований северного ледовитого океана в интересах определения внешней границы континентального шельфа / Ю. Г. Фирсов, В. Н. Баландин, И. В. Меньшиков // Геодезия и картография. — 2010. — № 9. — С. 54–59.

3. *Фридман Б. С.* Результаты гидрографических исследований и картографирование рельефа дна Арктического бассейна для определения внешней границы континентального шельфа России в Арктике / Б. С. Фридман. — СПб.: Наука, 2007. — 208 с.

4. *Weber J. R.* Maps of the Arctic Basin sea floor: a history of bathymetry and its interpretation / J. R. Weber // Arctic. — 1983. — Vol. 36. — No. 2. — Pp. 121–142.

5. *Weber J. R.* Maps of the Arctic Basin sea floor Part II: bathymetry and gravity of the Alpha Ridge: the 1983 CESAR Expedition / J. R. Weber // Arctic. — 1987. — Vol. 40. — No. 1. — Pp. 1–15.

6. *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.

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

8. Geologic Structures of the Arctic Basin / A. L. Piskarev, V. A. Poselov, V. D. Kaminsky (Eds.). — Springer, 2018. — 190 p. DOI: 10.1007/978-3-319-77742-9.

9. *Jakobsson M.* New grid of Arctic bathymetry aids scientists and mapmakers / M. Jakobsson, N. Cherkis, J. Woodward, R. Macnab, B. Coakley // EOS, Transactions American Geophysical Union. — 2000. — Vol. 81. — Is. 9. — Pp. 89–96. DOI: 10.1029/00EO00059.

10. *Jakobsson M.* An improved bathymetric portrayal of the Arctic Ocean: Implications for ocean modeling and geological, geophysical and oceanographic analyses / M. Jakobsson, R. Macnab, L. Mayer, R. Anderson, M. Edwards, J. Hatzky, H. W. Schenke, P. Johnson // Geophysical Research Letters. — 2008. — Vol. 35. — Is. 7. — L07602. DOI: 10.1029/2008GL033520.

11. *Jakobsson M.* The international bathymetric chart of the Arctic Ocean (IBCAO) version 3.0 / M. Jakobsson, L. Mayer, B. Coakley, J. A. Dowdeswell, S. Forbes, B. Fridman, H. W. Schenke, et al // Geophysical Research Letters. — 2012. — Vol. 39. — Is. 12. — L12609. DOI: 10.1029/2012GL052219.

12. *Jakobsson M.* Arctic ocean bathymetry: A necessary geospatial framework / M. Jakobsson, L. Mayer, D. Monahan // Arctic. — 2015. — Vol. 68. — Pp. 41–47. DOI: 10.14430/arctic4451.

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

14. *Glebovsky V. Y.* New Russian bathymetry map of the central Arctic basin / V.Y. Glebovsky // Bathymetric mapping of the North Polar seas: Report of a Workshop at the Hawaii Mapping Research Group, University of Hawaii, Honolulu HI, USA, October 30–31, 2002. — University of Hawaii, 2002. — Pp. 9–11.
15. *Алексеев А. С.* Обновленная карта Северного Ледовитого океана / А. С. Алексеев, А. Ф. Зеньков, А. М. Шарков, В. И. Коваленок // Российские полярные исследования. — 2013. — № 1 (11). — С. 44–46.
16. *Фирсов Ю. Г.* Новая батиметрическая базы 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: сборник материалов II международной научно–практической конференции. — СПб.: Издательство «Политехника», 2017. — С. 489–492.
17. *Mayer L. A.* US Law of the Sea Cruise to Map the Foot of the Slope and 2500-m Isobath of the US Arctic Ocean Margin. Cruise Report USCGC Icebreaker Healy (WAGB-20). CRUISE HEALY 1102 / L. A. Mayer, A. Armstrong. — Center for Coastal and Ocean Mapping, 2011. — 235 p.
18. *Heezen B. C.* Arctic Ocean Floor (Bathymetric Compilers) / B. C. Heezen, M. Tharp. — National Geographic Society, 1971. — Scale 1:9 757 000.
19. *Heezen B. C.* Map of the Arctic Region / B. C. Heezen, M. Tharp, M. Pinther. — 1975. — World 1:5000000.
20. Рельеф дна Северного Ледовитого океана. Масштаб 1:5000000, проекция стереографическая. — СПб.: ГУНиО МО, ВНИИОкеангеология, РАН, 1998.
21. The Expedition of the Research Vessel “Polarstern” to the Arctic in 2008 (ARK-XXIII/3). Reports on Polar and Marine Research / W. Jokat, ed. — Deutschland: Helmholtz-Gemeinschaft, 2009. — 222 p.
22. *Edwards M. H.* SCICEX investigations of the Arctic Ocean system / M. H. Edwards, B. J. Coakley // Geochemistry. — 2003. — Vol. 63. — Is. 4. — Pp. 281–328. DOI: 10.1078/0009-2819-00039.
23. *Björk G.* Bathymetry and deep-water exchange across the central Lomonosov Ridge at 88°–89°N / G. Björk, M. Jakobsson, B. Rudels, J. H. Swift, L. Anderson, D. A. Darby, J. Backman, B. Coakley, P. Winsor, L. Polyak, M. Edwards // Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. — 2007. — Vol. 54. — Is. 8. — Pp. 1197–1208. DOI: 10.1016/j.dsr.2007.05.010.
24. *Jakobsson M., and C. Marcussen.* Lomonosov Ridge off Greenland 2009 (LOMROG II). Cruise Report. — Geological survey of Denmark and Greenland, Ministry of climate and energy, 2009. — 122 p.
25. *Björk G.* Bathymetry and oceanic flow structure at two deep passages crossing the Lomonosov Ridge / G. Björk, M. Jakobsson, K. Assmann, L. G. Andersson, J. Nilsson, C. Stranne, L. Mayer // Ocean Science. — 2018. — Vol. 14. — Is. 1. — Pp. 1–13. DOI: 10.5194/os-14-1-2018.
26. Частичное пересмотренное представление Российской Федерации в Комиссию по границам континентального шельфа в отношении континентального шельфа в Северном Ледовитом океане. Резюме. — 2015. — 37 с.
27. *Поселов В. А.* Обоснование юридического шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане / В. А. Поселов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2019. — № 3 (166). — С. 48–54.
28. *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.
29. *Фирсов Ю. Г.* Проблемы наименования равнин и котловин центрально-арктической области подъятий 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.
30. *Wöfl A.C.* Seafloor Mapping—the challenge of a truly global ocean bathymetry / A.-C. Wöfl, 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.

## REFERENCES

1. Firsov, Yu. G. “Bathymetric study of Arctic Ocean for the determination of the continental shelf external boundary of Russia in Arctic.” *Geodesy and Cartography* 5 (2007): 48–58.

2. Firsov, Yu. G., V. N. Balandin, and I. V. Menshikov. "Analysis of foreign experience and prospects for Russian studies of the Arctic Ocean aimed at identifying outer limits of continental shelf." *Geodesy and Cartography* 9 (2010): 54–59.

3. Fridman, B. S. *Rezul'taty gidrograficheskikh issledovaniy i kartografirovaniye rel'efa dna Arkticheskogo basseina dlya opredeleniya vneshnei granitsy kontinental'nogo shel'fa Rossii v Arktike*. SPb.: Nauka, 2007.

4. Weber, J.R. "Map of the Arctic Basin sea floor: a history of bathymetry and its interpretation." *Arctic* 36.2 (1983): 121–142.

5. Weber, J. R. "Maps of the Arctic Basin sea floor Part II: bathymetry and gravity of the Alpha Ridge: the 1983 CESAR Expedition." *Arctic* 40.1 (1987): 1–15.

6. 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.

7. Kaminskii, V. D., ed. *Arkticheskii bassein (geologiya i morfologiya)*. SPb.: VNIIO-keangeologiya, 2017.

8. Piskarev, Alexey, Victor Poselov, and Valery Kaminsky, eds. *Geologic Structures of the Arctic Basin*. Springer, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-77742-9.

9. Jakobsson, Martin, Norman Cherkis, John Woodward, Ron Macnab, and Bernard Coakley. "New grid of Arctic bathymetry aids scientists and mapmakers." *EOS, Transactions American Geophysical Union* 81.9 (2000): 89–96. DOI: 10.1029/00EO00059.

10. Jakobsson, Martin, Ron Macnab, Larry Mayer, Robert Anderson, Margo Edwards, Jorn Hatzky, Hans Werner Schenke, and Paul Johnson. "An improved bathymetric portrayal of the Arctic Ocean: Implications for ocean modeling and geological, geophysical and oceanographic analyses." *Geophysical Research Letters* 35.7 (2008). L07602. DOI: 10.1029/2008GL033520.

11. Jakobsson, Martin, et al. "The international bathymetric chart of the Arctic Ocean (IBCAO) version 3.0." *Geophysical Research Letters* 39.12 (2012). L12609. DOI: 10.1029/2012GL052219.

12. Jakobsson, Martin, Larry Mayer, and David Monahan. "Arctic ocean bathymetry: A necessary geospatial framework." *Arctic* 68 (2015): 41–47. DOI: 10.14430/arctic4451.

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

14. Glebovsky, V.Y. "New Russian bathymetry map of the central Arctic basin." *Bathymetric mapping of the North Polar seas: Report of a Workshop at the Hawaii Mapping Research Group*. University of Hawaii, 2002. 9–11.

15. Alekseev, A. S., A. F. Zen'kov, A. M. Sharkov, and V. I. Kovalenok. "Obnovlennaya karta Severnogo Ledovitogo okeana." *Rossiiskie polyarnye issledovaniya* 1(11) (2013): 44–46.

16. 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.

17. Mayer, Larry A., and Andy Armstrong. *US Law of the Sea Cruise to Map the Foot of the Slope and 2500-m Isobath of the US Arctic Ocean Margin*. Center for Coastal and Ocean Mapping, 2011.

18. Heezen, B. C., and M. Tharp. *Arctic Ocean Floor (Bathymetric Compilers)*. National Geographic Society, 1971. Scale 1:9 757 000.

19. Heezen, B. C., M. Tharp, and M. Pinther. *Map of the Arctic Region*. 1975. World 1:5000000.

20. *Relief dna Severnogo Ledovitogo okeana. Masshtab 1:5 000 000, proekcija stereograficheskaja*. SPb.: GUNiO MO, VNIIOkeangeologija, RAN, 1998.

21. Jokat, Wilfried, ed. *The expedition of the research vessel «Polarstern» to the Arctic in 2008 (ARK-XXIII/3)*. Deutschland: Helmholtz-Gemeinschaft, 2009.

22. Edwards, Margo H., and Bernard J. Coakley. "SCICEX investigations of the Arctic Ocean system." *Geochemistry* 63.4 (2003): 281–328. DOI: 10.1078/0009-2819-00039.

23. Björk, Göran, Martin Jakobsson, Bert Rudels, James H. Swift, Leif Anderson, Dennis A. Darby, Jan Backman, Bernard Coakley, Peter Winsor, Leonid Polyak, Margo Edwards. "Bathymetry and deep-water exchange across the central Lomonosov Ridge at 88–89 N." *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 54.8 (2007): 1197–1208. DOI: 10.1016/j.dsr.2007.05.010.

24. Jakobsson, Martin, and Christian Marcussen. *Lomonosov Ridge off Greenland 2007 (LOMROG)-Cruise Report*. Geological survey of Denmark and Greenland, Ministry of climate and energy, 2009.

25. Björk, Göran, Martin Jakobsson, Karen Assmann, Leif G. Andersson, Johan Nilsson, Christian Stranne, and Larry Mayer. “Bathymetry and oceanic flow structure at two deep passages crossing the Lomonosov Ridge.” *Ocean Science* 14.1 (2018): 1–13. DOI: 10.5194/os-14-1-2018.

26. *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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. Wölfl, 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.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**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)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**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)

*Статья поступила в редакцию 14 августа 2019 г.  
Received: August 14, 2019.*