

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-296-304

A PLANNING RATIONALE FOR CONDUCTING THE AREAL SURVEYS OF HIGH-LATITUDE ROUTES

E. O. Ol'khovik, A. B. Afonin, A. L. Tezikov

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

The hydrographic aspects of the development of high-latitude routes of the Northern Sea Route and the possibility of their use by large-tonnage vessels are discussed in the paper. The main data characterizing the volume of Arctic sea cargo transportation in 2018 are presented. The main trends of changes in the composition of the transport fleet, shipping regimes and the direction of transportation of hydrocarbons are noted. Attention is drawn to the great scientific and applied value of the operation experience in 2018 of large-tonnage vessels of the category of ice strengthening Arc7 in the Kara Sea in the year-round navigation mode. The list of the major scientific achievements includes the results of the study of the parameters of ships movement in the transition from the summer navigation period to the winter navigation period, the results of using the ship identification and geographic information systems for the study of marine traffic flows, as well as checking the feasibility of ice forecasts of different lead times in the Kara Sea. It is confirmed that in the Kara Sea the network of routes and the system of ensuring the navigation safety of large-tonnage vessels shipping are mainly formed. It is argued that in the near future the development of the Northern Sea Route will be associated with the formation of the marine transport infrastructure of the Laptev Sea, East Siberian and Chukchi Seas, including a network of deep-sea routes in the Central and Eastern sector of the Arctic. The description of the main stages of hydrographic works in the Arctic Seas is given. The issue of features of hydrographic inspection of high-latitude routes and navigation on them of large-tonnage vessels is investigated. The formulas for calculating the vessel permissible deviation from the recommended route are given and studied. The confidence intervals of permissible deviations are established. The recommendations on the additional hydrographic survey of the separate sections of high-latitude routes are given. The directions of further research are determined.

Keywords: Northern Sea Route, high-latitude routes, survey bandwidth, lateral deviations, probability, confidence intervals, safety of navigation.

For citation:

Olhovich, 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.

УДК 528.47

ОБОСНОВАНИЕ ПЛАНА ПРОВЕДЕНИЯ ПЛОЩАДНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОШИРОТНЫХ МАРШРУТОВ

Е. О. Ольховик, А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков

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

Статья посвящена исследованию гидрографических аспектов развития высокоширотных маршрутов акватории Северного морского пути и возможности их использования крупнотоннажными судами. Приведены основные данные, характеризующие объем морских арктических грузоперевозок в 2018 г. Отмечены основные тенденции изменения состава транспортного флота, режимов судоходства и направления транспортировки углеводородов. Обращено внимание на большое научное и прикладное значение опыта эксплуатации в 2018 г. крупнотоннажных судов категории ледового усиления Arc7 в Карском море в режиме круглогодичной навигации. В перечень основных научных достижений включены результаты исследования параметров движения судов при переходе от летнего навигационного периода к зимнему навигационному периоду, результаты использования судовых идентификационных и географических информационных систем для изучения морских транспортных потоков, а также проверка оправдываемо-

сти ледовых прогнозов разной заблаговременности в Карском море. Подтверждено, что в Карском море сеть маршрутов и система обеспечения навигационной безопасности плавания крупнотоннажных судов в основном сформированы. Утверждается, что в ближайшей перспективе развитие Северного морского пути будет связано с формированием морской транспортной инфраструктуры моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей, включающей сеть глубоководных маршрутов в центральном и восточном секторе Арктики. Дано описание основных этапов проведения гидрографических работ в арктических морях. Исследован вопрос об особенностях гидрографического обследования высокоширотных маршрутов и плавания по ним крупнотоннажных судов. Приведены и исследованы формулы для расчета допустимого отклонения судна от рекомендованного маршрута. Установлены доверительные интервалы допустимых отклонений. Даны рекомендации по дополнительному гидрографическому обследованию отдельных участков высокоширотных трасс. Определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: Северный морской путь, высокоширотные трассы, ширина полосы обследования, боковые отклонения, вероятность, доверительные интервалы, безопасность мореплавания.

Для цитирования:

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.

Введение (Introduction)

В 2018 г. общий объем грузоперевозок по трассам Северного морского пути (СМП) по сравнению с показателем 2017 г. увеличился в 1,84 раза и достиг 19,688 млн т [1]. Было перевезено 8,4 млн т сжиженного природного газа, 7,81 млн т нефти и нефтепродуктов и 0,8 млн т газового конденсата. Таким образом, в общем грузообороте доля перевозок углеводородов составила 86,3 %. Для вывоза углеводородов в 2018 г. использовалось 26 судов, которые за год выполнили около 200 рейсов. Основные перевозки грузов осуществлялись в Карском море. В режиме круглогодичной навигации там работало 16 крупнотоннажных танкеров и контейнеровозов с категорией ледового усиления Arc7.

В прошедшую навигацию не только был достигнут максимальный объем грузоперевозок в акватории СМП, но и введено в эксплуатацию максимальное количество новых крупнотоннажных судов высокого ледового класса Arc7. По этой причине для перспективных научных исследований 2018 г. может быть принят в качестве модельного или отчетного периода.

В минувшем году были получены уникальные данные об изменении параметров движения основных типов транспортных судов в акватории Карского моря при переходе от одного навигационного периода к другому [2]–[4]. Была разработана методика использования морских идентификационных (АИС) и географических информационных систем (ГИС) для исследования параметров сложившихся морских транспортных потоков [5]–[7]. Выполнена проверка уровня гидрографической изученности рельефа дна на части участков маршрутов крупнотоннажных судов, связывающих порты Обской Губы и Енисейского залива с западной границей СМП [8]. Проверена эффективность ледовой и гидрометеорологической информации, а также оправдываемость ледовых прогнозов разной заблаговременности на Карское море при выборе маршрутов движения судов [9], [10]. Полученные в течение 2018 г. опыт и данные, безусловно, будут иметь большое научное и прикладное значение для развития СМП в целом.

Навигация 2018 г. подтвердила, что в Карском море сеть маршрутов и система обеспечения навигационной безопасности плавания крупнотоннажных судов в основном сформированы. Можно утверждать, что в Карском море созданы условия для увеличения интенсивности судоходства и роста объема морских грузоперевозок. Вместе с тем дальнейшее развитие СМП связано также с развитием морской транспортной инфраструктуры моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей. По сравнению с Карским морем навигационные условия развития сети маршрутов крупнотоннажных судов в этих морях отличаются большей сложностью, что связано с более тяжелыми ледовыми условиями, малыми глубинами и недостаточной гидрографической изученностью рельефа дна [11].

Сеть судоходных маршрутов крупнотоннажных судов в центральном и восточном секторе Арктики находится в стадии развития. Существующие маршруты используются эпизодически в летне-осенний период и практически не используются в остальное время года. В план развития сети судоходных маршрутов крупнотоннажных судов в акватории СМП включен проект основных и альтернативных высокоширотных маршрутов, предназначенных для плавания судов с осадкой до 15 м [12]. Маршруты вводятся в эксплуатацию по мере проведения на них площадной гидрографической съемки, гарантирующей отсутствие на них опасных глубин.

Работы по обоснованию высокоширотных трасс проводятся в два этапа. На первом этапе по результатам площадной съемки прокладывается маршрут шириной 2 км с минимальной глубиной 20 м. Объем работ оценивается в 192 тыс. км. На втором этапе площадь обследования дна должна быть расширена так, чтобы ширина маршрута могла быть увеличена до 20 км с минимальной глубиной 20 м. Объем работ на втором этапе оценивается в 1632 тыс. км.

До 2024 г. планируется полностью завершить первый этап формирования высокоширотных трасс и приступить к реализации плана расширения обследованной полосы маршрута до 20 км. В период 2019–2021 гг. намечено выполнение работ по обследованию рельефа дна в проливе Санникова и на подходах к нему [12]. Выбор ширины полосы обследования связан с компромиссным решением задач планирования и выполнения гидрографических работ в высоких широтах арктических морей с возможностью транспортных судов следовать строго по обследованным маршрутам. Выход за пределы обследованной полосы связан с возможной посадкой судна на неизвестную мель, что подтверждается результатами исследований, обобщенных в работах [13]–[16].

Исследованию вопроса о допустимом отклонении судна от обследованной полосы посвящена публикация [17]. Разработана методика оценки предельного отклонения судна от рекомендованного маршрута, основанная на данных морфометрических характеристик рельефа дна арктических морей. Результаты апробации предложенной методики описаны в диссертации [18]. Причины отклонений судов от рекомендованных курсов и их реальные численные значения при плавании по чистой воде и во льдах в работах [17], [18] не рассматривались. В работе [4] в процессе исследования количественных характеристик морских транспортных потоков в акватории СМП было отмечено резкое падение плотности потока транспортных судов в зимне-весенний навигационный период по сравнению с летне-осенним периодом, связанное со значительными боковыми отклонениями судов от рекомендованных курсов. При этом на качественном уровне была отмечена зависимость величины бокового отклонения от типа судов и толщины льда на маршруте.

Специальные исследования отклонений крупнотоннажных судов от рекомендованных маршрутов при их самостоятельном плавании в акватории СМП до сих пор не проводились. Настоящая работа посвящена исследованию влияния степени гидрографической изученности маршрутов движения крупнотоннажных судов с большой осадкой на безопасность их плавания.

Цель исследования: разработка подходов к обоснованию плана проведения площадного обследования высокоширотных трасс акватории Северного морского пути.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Рекомендованный маршрут B_0 разделен на i прямолинейных участков: $B_{0i} \in B_0$. На каждом из них в пределах полосы шириной B_{0i} , равной 2 км, выполнена площадная съемка, гарантирующая обнаружение глубин Z_i , значение которых превышает установленное предельное значение Z_{cr} . Точность и подробность съемки позволяет утверждать, что внутри полосы B_{0i} все глубины превышают Z_{cr} с вероятностью, равной единице:

$$p(Z \in B_{0i} | (Z_i - Z_{cr}) > 0) = 1. \quad (1)$$

В пределах каждого участка полосы определяется минимальная глубина, которая также превышает Z_{cr} :

$$Z_i^{\min} = \min\{Z_i\} > Z_{cr}. \quad (2)$$

За пределами полосы B_0 глубины $Z \notin B_0$, как правило, измерены с низкой подробностью, поэтому для них условие (1) должно быть заменено неравенством:

$$0 < p(Z \notin B_0 | (Z - Z_{cr}) > 0) \leq 1. \quad (3)$$

За пределами полосы B_0 могут находиться глубины, превышающие заданное критическое значение Z_{cr} , с вероятностью, соответствующей неравенству (3), а также глубины, значение которых оказывается меньше Z_{cr} . Вероятность последнего события определяется выражением

$$p(Z \notin B_0 | (Z - Z_{cr}) \leq 0) = 1 - p(Z \notin B_0 | (Z - Z_{cr}) > 0). \quad (4)$$

Можно предположить, что по мере удаления от обследованной полосы B_0 вероятность появления глубин Z со значением меньше Z_{cr} будет возрастать. Такое предположение относится к расстояниям, как в правую ΔB_R , так и в левую сторону ΔB_L от границ полосы B_0 .

Отклонения ΔB_R и ΔB_L определяются соотношениями:

$$\Delta B_R = (Z_R - Z_{cr}) \cdot \text{ctg } \gamma_R; \quad (5)$$

$$\Delta B_L = (Z_L - Z_{cr}) \cdot \text{ctg } \gamma_L; \quad (6)$$

где Z_R и Z_L — глубины, соответственно, на правой и левой границе обследованной полосы;

γ_R и γ_L — углы наклона дна между точками с глубинами Z_R , Z_L и Z_{cr} соответственно.

Для упрощения схемы вычислений уравнения (5) и (6) заменим одной формулой. При этом примем следующие допущения:

- вычисление отклонений производится отдельно для каждого участка i обследованной полосы;
- отклонения вправо и влево от полосы имеют равные значения;
- в качестве отсчетной глубины вместо измеренных глубин Z_R и Z_L принимается минимальная глубина Z_i^{\min} ;
- вместо углов наклона γ_R и γ_L используется предельное максимальное значение угла наклона дна γ_p^{\max} , полученное экспериментальным путем и соответствующее принятому уровню обеспеченности p .

После проведенных преобразований формулы (5) и (6) при расчетах заменяются на одно выражение:

$$\Delta B_i^p = (Z_i^{\min} - Z_{cr}) \cdot \text{ctg } \gamma_p^{\max}. \quad (7)$$

Значения допустимых отклонений от обследованной полосы, рассчитанные по формуле (7), во всех случаях не превосходят оценки, выполненные по формулам (5) и (6), так как $Z_i^{\min} \leq Z_R$, $Z_i^{\min} \leq Z_L$, $\gamma_p^{\max} \geq \gamma_R$ и $\gamma_p^{\max} \geq \gamma_L$.

С учетом уравнения (7) общая ширина полосы B_i^p , в пределах которой глубины Z_i превышают значение Z_{cr} с вероятностью p определяется выражением

$$B_i^p = B_{0i} + 2(Z_i^{\min} - Z_{cr}) \cdot \text{ctg } \gamma_p^{\max}. \quad (8)$$

Оценка безопасности плавания судов по маршруту в полосе B_i^p , ширина которой рассчитана по формуле (8), зависит от соотношения фактической ширины полосы движения судов b_i на участке i и ширины полосы B_i^p :

- если $b_i \leq B_i^p$, то можно утверждать, что с вероятностью p на пути судна не встретятся глубины менее Z_{cr} ;
- если $b_i > B_i^p$, то вероятность встречи с глубинами Z_{cr} возрастает.

Оценка ширины полосы движения судов по рекомендованным маршрутам акватории Северного морского пути по чистой воде и в ледовых условиях выполнялась по данным фактического наблюдения траекторий движения судов в навигацию 2018 г. с использованием автоматизированных идентификационных и географических информационных систем [3], [4].

Оценка ширины полосы участков маршрутов B_i^p выполнялась с использованием данных, приведенных на сайте ФГУП «Гидрографическое предприятие» [12].

Оценка максимальных значений углов наклона дна γ_p^{\max} на заданном уровне обеспеченности p производилась с использованием морских навигационных карт арктических морей.

Результаты (Results)

Схема судоходных маршрутов приведена на рисунке, где тонкими черными линиями отмечены традиционные прибрежные трассы, а черными утолщенными линиями — участки глубоководных маршрутов, планируемые к обследованию до 2024 г.

Цветными линиями отмечены участки высокоширотных маршрутов, на которых площадная съемка была выполнена до 2019 г. Цвета соответствуют разным значениям допустимых боковых отклонений:

- зеленый — отклонение более 20 км;
- желтый — отклонение от 10 до 20 км;
- красный — отклонение менее 10 км.

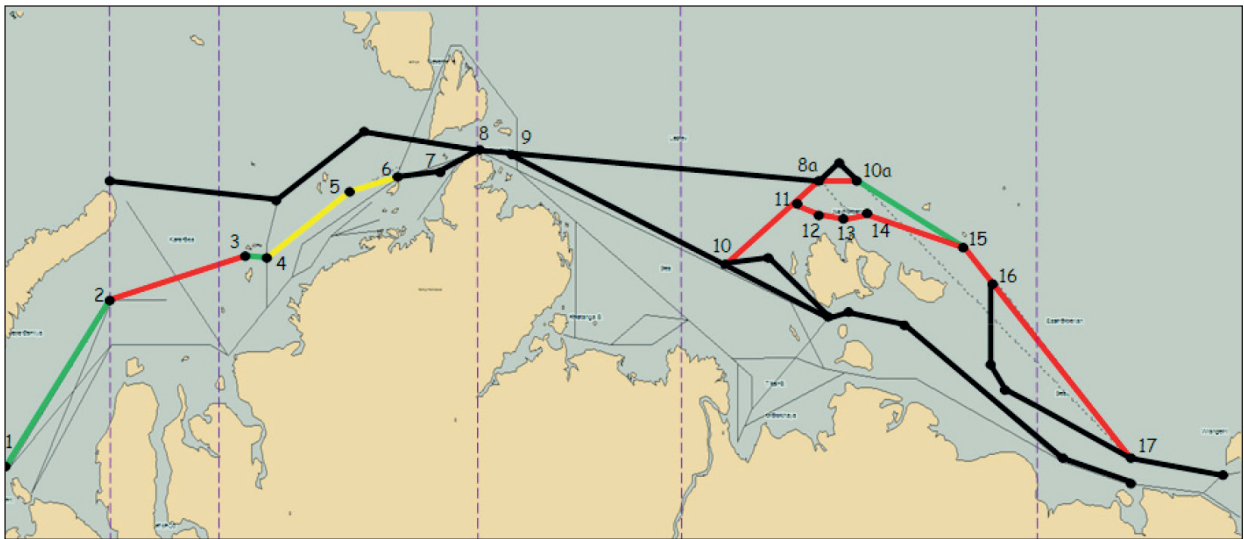


Схема судоходных маршрутов в акватории Северного морского пути

Участки обследованных маршрутов отличаются обнаруженными на них значениями минимальных глубин Z_i^{\min} , поэтому допустимые отклонения от их границ, вычисляемые по формуле (7), имеют разную величину при заданном уровне обеспеченности p .

Результаты вычисления допустимых отклонений от обследованных до 2019 г. высокоширотных маршрутов $\Delta B_i^{0,95}$ и ширина полос движения $B_i^{0,95}$ приведены в таблице. При расчетах принят уровень обеспеченности, $p = 0,95$. Вычисления выполнялись для предельной глубины, равной $Z_{cr} = 13$ м.

Результаты вычисления допустимых отклонений и ширины полос

Номер участка маршрута	Номера точек границ участков	Ширина обследованного участка B_{0^r} , км	Минимальная глубина Z_i^{\min} , м	Допустимое отклонение $\Delta B_i^{0,95}$, км, при $Z_{cr} = 13,0$ м	Ширина полосы движения $B_i^{0,95}$, км
1	2	3	4	5	6
1	1–2	2	44,0	9,7	21,4
2	2–3	2	25,0	3,7	9,4
3	3–4	2	45,6	10,2	22,4
4	4–5	2	27,4	4,5	11,0

Окончание табл.

5	5–6	2	35,0	6,9	15,8
6	10–8a	2	24,4	3,6	9,2
7	8a–10a	2	23,1	3,2	8,4
8	10a–15	2	28,6	4,9	11,8
9	15–16	2	22,4	3,0	8,0
10	16–17	1,4	20,9	2,5	6,4
11	11–12	2	20,6	2,4	6,8
12	12–13	2	19,4	2,0	6,0
13	13–14	2	21,0	2,5	7,0
14	14–15	2	22,0	2,8	7,6

В первой графе таблицы приведены номера участков маршрута, во второй — номера точек границ участков, соответствующих обследованному участку высокоширотной трассы. Номера точек границ участков соответствуют номерам, приведенным на рисунке. В третьей графе приведена ширина обследованной полосы. Все участки, за исключением участка 10, расположенного между точками 16 и 17, обследованы в пределах полосы, имеющей двухкилометровую ширину. Участок № 10 обследован в полосе, имеющей ширину 1,4 км. В четвертой графе приведены минимальные значения глубин Z_i^{\min} , обнаруженные на данном участке. Глубины Z_i^{\min} приведены в метрах. В пятой графе приводятся значения допустимых отклонений $\Delta B_i^{0,95}$ от границ обследованной полосы. В шестой графе приводится суммарная ширина полосы движения судна, в пределах которой глубины менее $Z_{cr} = 13,0$ м встречаются с вероятностью, не превышающей 0,05.

Обсуждение результатов (Discussion)

Несмотря на то, что ширина обследованных полос не превышает 2 км, ширина безопасной полосы движения может существенно превышать это значение. Данное превышение для отдельных обследованных участков маршрута, приведенных на рисунке, достигает одиннадцатикратного значения. Расширение допустимой полосы движения судов зависит от осадки судна, которая связана со значением Z_{cr} . Для судов с малой осадкой ширина полосы движения может быть увеличена. Для судов с большой осадкой ширина полосы движения должна быть уменьшена. Приведенные в таблице данные получены при значении доверительной вероятности 0,95. При доверительной вероятности, значение которой превышает уровень 0,95, ширина полосы движения уменьшается. Увеличение уровня доверительной вероятности до значения 0,999 требует уменьшения допустимой ширины полосы не менее чем два раза. Уменьшение уровня доверительной вероятности менее чем 0,95 позволяет расширить границы допустимой полосы движения. При уменьшении уровня доверительной вероятности до 0,90 ширина полосы может быть увеличена на четверть. Приведенные в таблице данные позволяют провести сравнительную оценку отдельных участков обследованного маршрута.

На рисунке (с. 300) приведены результаты этой оценки. Участки, отмеченные красным цветом, имеют допустимую ширину движения судов наименьшего значения. Для обеспечения безопасного плавания крупнотоннажных судов с большой осадкой на этих участках требуется расширение полосы обследования в первую очередь. На участках, отмеченных зеленым цветом, ширина допустимой полосы движения имеет наибольшую величину. На этих участках расширение полосы обследования может быть отложено.

Приведенные оценки относятся к условиям чистой воды, когда фактическая полоса движения судов на рекомендованном маршруте зависит от способности удержания судна на запланированной линии пути. Ширина фактической полосы движения судов в арктических морях, как правило, не превышает 20 км [4]. При наличии льда удержание судна на маршруте затрудняется. Во льдах суда вынуждены маневрировать и отклоняться от запланированной линии пути на значительные расстояния. Таким образом, при планировании площадного обследования высокоширотных трасс следует учитывать значения фактических отклонений движения судов от рекомендованного маршрута.

Заключение (Conclusion)

Предложенная методика может быть использована в качестве основы для обоснования этапов и порядка выполнения гидрографических работ в акватории СМП при планировании и развитии сети высокоширотных маршрутов для крупнотоннажных судов с большой осадкой.

В дальнейшем предполагается выполнение исследований, направленных на оценку фактических отклонений движения судов от рекомендованных маршрутов в разные периоды навигации. Это позволит более обоснованно определять требуемые параметры полос площадного обследования дна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Администрации Северного морского пути <http://www.nsra.ru/ru/glavnaya/novosti/n19.html> (дата обращения: 26.02.2019).
2. *Ольховик Е. О.* Информационная модель морских транспортных потоков Северного морского пути / Е. О. Ольховик, А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 97–105. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-97-105
3. *Ольховик Е. О.* Исследование изменения структуры транспортного флота в акватории Северного морского пути / Е. О. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 6. — С. 1225–1233. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1225-1233.
4. *Ольховик Е. О.* Исследование плотности транспортных потоков 2018 года в акватории Северного морского пути / Е. О. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 5. — С. 975–982. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-975-982.
5. *Ol'khovik E.* Geoinformation system use for transportations planning in water area of Northern Sea Route / E. Ol'khovik // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — IOP Publishing, 2018. — Vol. 194. — Is. 7. — Pp. 072010. DOI: 10.1088/1755-1315/194/7/072010.
6. Морской портал Сканэкс [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.scanex.ru/cloud/maritime/> (дата обращения: 25.02.2019).
7. *Ng M.W.* Vessel speed optimisation in container shipping: A new look / M.W. Ng // Journal of the Operational Research Society. — 2018. — Pp. 1–7. DOI: 10.1080/01605682.2018.1447253.
8. *Тезиков А. Л.* Гидрографическая изученность акватории Северного морского пути / А. Л. Тезиков, А. Б. Афонин, Е. О. Ольховик // Транспорт Российской Федерации. — 2018. — № 2 (75). — С. 19–21.
9. *Иванов Р. В.* Характеристика ледовых условий работы гидрографических судов в Карском море / Р. В. Иванов, Д. А. Полубелов, А. А. Соболева // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 6. — С. 1211–1224. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1211-1224.
10. *Миронов Е. У.* Модели и методы расчета и прогноза ледовых и океанографических условий в арктических морях / Е. У. Миронов [и др.] // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2010. — № 2 (85). — С. 16–28.
11. *Афонин А. Б.* Комплексная оценка безопасности плавания в акватории Северного морского пути / А. Б. Афонин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 6. — С. 1132–1142. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1132-1142.
12. ФГУП «Гидрографическое предприятие» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.hydro-state.ru/> (дата обращения: 14.03.2019).
13. *Бураковский Е. П.* К вопросу об оценке рисков посадки судна на мель / Е. П. Бураковский, П. Е. Бураковский, В. А. Дмитриевский // Известия КГТУ. — 2013. — № 29. — С. 159–164.
14. *Клюев В.В.* Количественная оценка показателя стесненности акватории Северного морского пути / В.В. Клюев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О.Макарова. — 2016. — № 5 (39). — С. 109–117. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-109-117.
15. *Клюев В. В.* Формализация оценки безопасности акватории Северного морского пути / В. В. Клюев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 4 (38). — С. 69–74. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-69-74.

16. Афонин А. Б. Исследование влияния подробности гидрографической съемки на оценку проходных глубин / А. Б. Афонин, И. Ю. Королев, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 5. — С. 1007–1016. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1007-1016.

17. Королёв И. Ю. Оценка допустимого отклонения пути судна от обследованной полосы / И. Ю. Королёв // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 6 (40). — С. 105–112. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-105-112.

18. Королев И. Ю. Исследование влияния подробности промера на оценку гарантированных глубин в акватории Северного морского пути: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук; специальность: 05.22.17 — водные пути сообщения и гидрография / И. Ю. Королев. — СПб.: ФГБУ ВО ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2018. — 115 с.

REFERENCES

1. Federal State Budgetary Institution “The Northern Sea Route Administration”. Web. 26 Feb. 2019 <<http://www.nsra.ru/ru/glavnaya/novosti/n19.html>>.

2. Olhovik, Evgeniy O., Andrej B. Afonin, and Aleksandr L. Tezikov. “Information model of maritime transport flows of the North sea route.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.1 (2018): 97–105. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-97-105.

3. Ol'khovik, Evgeniy O. “Research of changes in the transport fleet structure in the water area of the Northern Sea Route.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 10.6 (2018): 1225–1233. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1225-1233.

4. Ol'khovik, Evgeniy O. “Research of the density of transports flows on the Northern Sea Route in 2018 year.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.5 (2018): 975–982. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-975-982.

5. Ol'khovik, E. “Geoinformation system use for transportations planning in water area of Northern Sea Route.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 194. No. 7. IOP Publishing, 2018. 072010. DOI: 10.1088/1755-1315/194/7/072010

6. Morskoj portal Skaneks. Web. 25 Feb. 2019 <<http://www.scanex.ru/cloud/maritime/>>.

7. Ng, Man Wo. “Vessel speed optimisation in container shipping: A new look.” *Journal of the Operational Research Society* (2018): 1–7. DOI: 10.1080/01605682.2018.1447253.

8. Tezиков, А. Л., А. Б. Афонин, and Ye. O. Olkhovik. “The state of hydrographic exploration of the Northern Sea Route water area.” *Transport of Russian Federation* 2(75) (2018): 19–21.

9. Ivanov, Roman V., Denis A. Polubelov, and Anastasiya A. Soboleva. “Ice condition features of hydrographic vessels for work in Kara sea.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.6 (2018): 1211–1224. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1211-1224.

10. Mironov, E. U., I. M. Ashik, V. I. Dymov, M. Yu. Kulakov, and S. V. Klyachkin. “Modeli i metody rascheta i prognoza ledovykh i okeanograficheskikh uslovii v arkticheskikh moryakh.” *Problemy Arktiki i Antarktiki* 2(85) (2010): 16–28.

11. Afonin, Andrej B. “A comprehensive assessment of the safety of navigation in the water area of the Northern sea route.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 10.6 (2018): 1132–1142. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1132-1142.

12. Federal State Unitary Hydrographic Department. Web. 14 March 2019 <<http://www.hydro-state.ru/>>.

13. Burakovskii, E. P., P. E. Burakovskii, and V. A. Dmitrovskii. “K voprosu ob otsenke riskov posadki sudna na mel'.” *Izvestiya KGTU* 29 (2013): 159–164.

14. Kljuev, Vitaly Vladimirovich. “Quantitative assessment of constraint of the Northern sea route.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 5(39) (2016): 109–117. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-109-117.

15. Kljuev, Vitaly Vladimirovich. “Formalization of the assessment of safety of routes of the northern sea route.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(38) (2016): 69–74. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-69-74.

16. Afonin, Andrej B., Ivan Yu. Korolev, and Aleksandr L. Tezиков. “Research of influence of the detail of hydrographic surveys on assessment of depths through passage.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.5 (2017): 1007–1016. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1007-1016.

17. Korolev, Ivan Jurevich. "Evaluation of the tolerance path of the vessel from the surveyed strip." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 6(40) (2016): 105–112. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-105-112.

18. Korolev, I.Yu. Issledovanie vliyaniya podrobnosti promera na otsenku garantirovannykh glubin v akvatorii Severnogo morskogo puti. PhD diss. SPb.: FGBU VO GUMRF imeni admirala S.O. Makarova, 2018.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

e-mail: olhovikeo@gumrf.ru

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

e-mail: andrey.afonin.gma@yandex.ru,

kaf_gm@gumrf.ru

Тезиков Александр Львович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С.О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7

e-mail: altezikov@yandex.ru,

TezikovAL@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olhovik, Evgeniy O. —
PhD, associate professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation

e-mail: olhovikeo@gumrf.ru

Afonin, Andrej B. —
PhD, associate professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation

e-mail: andrey.afonin.gma@yandex.ru,

kaf_gm@gumrf.ru

Tezikov, Aleksandr L. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation

e-mail: altezikov@yandex.ru,

TezikovAL@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 20 марта 2019 г.

Received: March 20, 2019.