

DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-394-402

RESEARCH OF NAVIGATIONAL AND HYDROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF FLAW POLYNYAS OF THE EASTERN SECTOR OF THE NORTHERN SEA ROUTE

K. Ya. Isaurova

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

The possibility of using the areas of flaw polynyas in the Eastern sector of the Northern Sea Route in planning and choosing the routes for navigation of transport ships is considered in the paper. It is noted that shipping in the Arctic seas is associated with an increased level of risk, shallow seas and difficult hydrometeorological conditions, and is also characterized by insufficient or completely absent hydrographic knowledge of the bottom topography. The main data characterizing the increase in the number of issued permits for ships navigation in the water area of the Northern Sea Route, and the percentage of ships depending on the ice class are given. It is noted that in the cold season, the main navigable straits of the Northern Sea Route are covered with fast ice. Due to circulation and under-ice currents, flaw polynyas, which can be used when planning navigation routes, are formed. The main flaw polynyas of the Eastern Sector of the Northern Sea Route are presented; data on their width, length and range of depths are provided. It is noted that the flaw polynyas of the East Siberian and Chukchi seas are deeper than the polynyas of the Laptev Sea. The ships classification depending on the draft is presented in the paper; an analysis of the characteristic routes for each category of ships is performed. An analysis of the data received from the automatic identification system of vessels has revealed that the choice of route is seasonal and directly depends on the ice conditions of the water area. The relevance of the topic is due to the need to increase the duration of navigation in the Eastern sector of the Northern Sea Route, in order to achieve targets for the volume of cargo transportation. This can be achieved by choosing the route of the transport vessel along the areas of ice polynyas, which are a strip of open water and young ice.

Keywords: Northern Sea Route, coast ice, flaw polynya, easiest way, Eastern sector, year-round navigation.

For citation:

Isaurova, Kristina Ya. "Research of navigational and hydrographic characteristics of flaw polynyas of the eastern sector of the Northern Sea Route." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 14.3 (2022): 394–402. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-394-402.

УДК 528.47

ИССЛЕДОВАНИЕ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАПРИПАЙНЫХ ПОЛЫНЕЙ ВОСТОЧНОГО СЕКТОРА СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

К. Я. Исаурова

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

В работе исследована возможность использования районов заприпайных полыней Восточного сектора Северного морского пути при планировании и выборе маршрутов плавания транспортных судов. Подчеркивается, что судоходство в арктических морях связано с повышенным уровнем риска, мелководностью морей и сложными гидрометеорологическими условиями, а также характеризуется недостаточной или полностью отсутствующей гидрографической изученностью рельефа дна. Приведены основные данные, характеризующие увеличение количества выдаваемых разрешений на плавание судов в акватории Северного морского пути, и процентное соотношение судов в зависимости от их ледового класса. Отмечается, что в холодное время года основные судоходные проливы Северного морского пути покрываются припаем. Ввиду циркуляции и подледных течений образуются заприпайные полыни, которые могут использоваться при планировании маршрутов плавания. Перечислены заприпайные полыни Восточного сектора Северного

морского пути, содержатся данные по их ширине, длине и диапазону глубин. Отмечается, что заприпайные полыньи Восточно-Сибирского и Чукотского морей являются более глубоководными, чем полыньи моря Лаптевых. В работе приведена классификация судов в зависимости от их осадки, выполнен анализ характерных маршрутов движения для каждой категории судов. Анализ данных, полученных от автоматической идентификационной системы судов, позволил выявить, что выбор пути следования носит сезонный характер и напрямую зависит от ледовых условий акватории. Актуальность темы обусловлена необходимостью увеличения сроков навигации в восточном секторе Северного морского пути для реализации целевых показателей по объемам грузоперевозок, что может быть достигнуто путем выбора маршрута следования транспортного судна по районам заприпайных полыней, представляющих собой полосу открытой воды и молодых льдов.

Ключевые слова: Северный морской путь, припай, заприпайная полынья, выбор маршрута, восточный сектор, круглогодичная навигация.

Для цитирования:

Исаулова К. Я. Исследование навигационно-гидрографических характеристик заприпайных полыней восточного сектора Северного морского пути / К. Я. Исаулова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 3. — С. 394–402. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-394-402.

Введение (Introduction)

Развитие Северного морского пути (СМП) является одним из наиболее перспективных проектов в области транзитных грузоперевозок. В настоящее время действуют программы и указы, реализация которых обеспечивает стимулирование развития грузопотока и международного транзитного судоходства, строительство и модернизацию инфраструктуры морских портов, развитие навигационно-гидрографического обеспечения и строительство ледокольного флота. Реализуется ряд мероприятий, целью которых является превращение СМП в конкурентоспособную транспортную магистраль [1]. Выполнение предусмотренных мероприятий должно осуществляться на базе следующих нормативных документов: «План развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 года»¹, «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года»², Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»³.

В работах [2]–[4] отмечается, что судоходство в арктических морях характеризуется повышенным уровнем риска. К основным опасностям относятся низкие температуры, тяжелые ледовые условия, возможность обледенения верхних выступающих конструкций судна, а также быстро изменяющиеся гидрометеорологические условия. В работах [5]–[7] содержатся данные о недостаточной или полностью отсутствующей гидрографической изученности рельефа дна и мелководности арктических морей.

На акватории СМП ежегодно отмечается увеличение объемов перевозимых грузов. Так, в 2021 г. объем грузоперевозок по трассам СМП составил 28,2 млн т, в 2020 г. целевой показатель федерального проекта «Северный морской путь» был превышен более чем на 13 %. К основным потребителям трасс СМП относятся компании, деятельность которых связана с переработкой и добычей природных ископаемых. Использование трасс СМП для транспортировки грузов из Европы в Азию в период благоприятных ледовых условий способно сократить время перевозки в два раза по сравнению с использованием Суэцкого канала.

В период 2013–2021 гг. количество выданных разрешений на плавание судов в акватории СМП увеличилось в 2 раза. Соответствующие данные приведены на рис. 1. Более 45 % выданных разрешений относятся к судам, не имеющим ледового класса, 28 % — к судам ледового усиления

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2019 года № 3120-р «План развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 года».

² Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года».

³ Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

с возможностью плавания в арктических льдах (Arc 7 — Arc 4), 25 % — к судам ледового усиления с возможностью плавания в неарктических льдах (Ice1 – Ice3), более 1 % приходится на ледоколы.

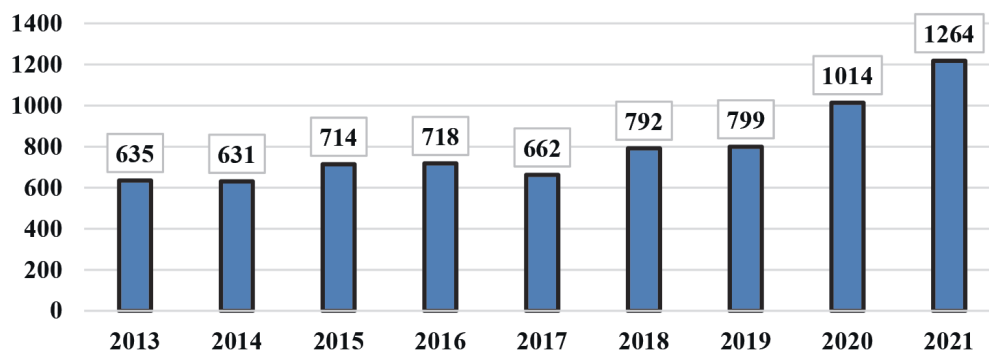


Рис. 1. Количество разрешений, выданных судам Администрацией СМП

Для реализации целевых показателей по объемам грузоперевозок необходимо продлить период навигации в восточном секторе СМП, обеспечив в перспективе круглогодичную навигацию на всей акватории [8]. В работах [9], [10] отмечается, что наиболее сложным участком при обеспечении круглогодичной навигации является Восточно-Сибирское море. Суровые гидрометеорологические условия наблюдаются в районе архипелагов, разделяющих моря Арктики. В районе Новосибирских островов в период летней навигации чаще всего отмечаются неблагоприятные ледовые условия. С октября по май основные судоходные проливы СМП покрываются припаем, за исключением проливов Карские Ворота и Лонга. Припай представляет собой одну из форм неподвижного ледяного покрова, расположенного у берега и распространяющегося в сторону моря на несколько десятков миль [11]. В арктических морях за счет циркуляции и подлёдных течений образуются заприпайные полыньи [12], которые могут использоваться для судоходства.

Целью настоящей работы является исследование навигационно-гидрографических характеристик заприпайных полыней, определяемых благоприятными ледовыми условиями для судоходства.

Методы и материалы (Methods and Materials)

При проведении исследования в качестве источников информации использовались:

- морские навигационные карты масштаба 1:500000 (Адмиралтейский номер: 11135, 11137, 11138, 11142, 11143, 11144, 11146, 11147, 11149);
- обзорные ледовые карты Северного Ледовитого океана, размещенные на сайте Арктического и Антарктического научно-исследовательского института;
- официальные данные, размещенные на сайте Администрации Северного морского пути;
- данные, полученные от судовых автоматизированных идентификационных систем, размещенные на морском портале Scanex Maritime. Информация включает данные о местонахождении судов, передаваемые с интервалом не более 10 мин, что позволяет выявить и сформировать основные маршруты их движения.

Результаты (Results)

С октября акватория СМП покрывается ниласом и молодым льдом. К середине ноября, когда толщина молодого льда достигает 10–30 см, вдоль архипелага Северная Земля, Новосибирских островов и побережья материка образуется припай. С ноября по май за припаем образуются заприпайные полыньи. Повторяемость полыней моря Лаптевых высока в течение всего периода осенне-зимней навигации (варьируется в интервале 57–100 %). Все полыньи в разные месяцы относятся к стационарным или устойчивым. Наиболее устойчивые полыньи расположены в южной и восточной

части моря с повторяемостью в пределах 65–70 %. Повторяемость заприпайных полыней Восточно-Сибирского моря ниже, чем моря Лаптевых, и составляет 41–89 %. На повторяемость и формирование полыней в Чукотском море прямое воздействие оказывает циклон Алеутской депрессии [13]. В восточном секторе СМП формируется двенадцать заприпайных полыней, расположенных в море Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском морях. На рис. 2 цифрами обозначены названия заприпайных полыней.

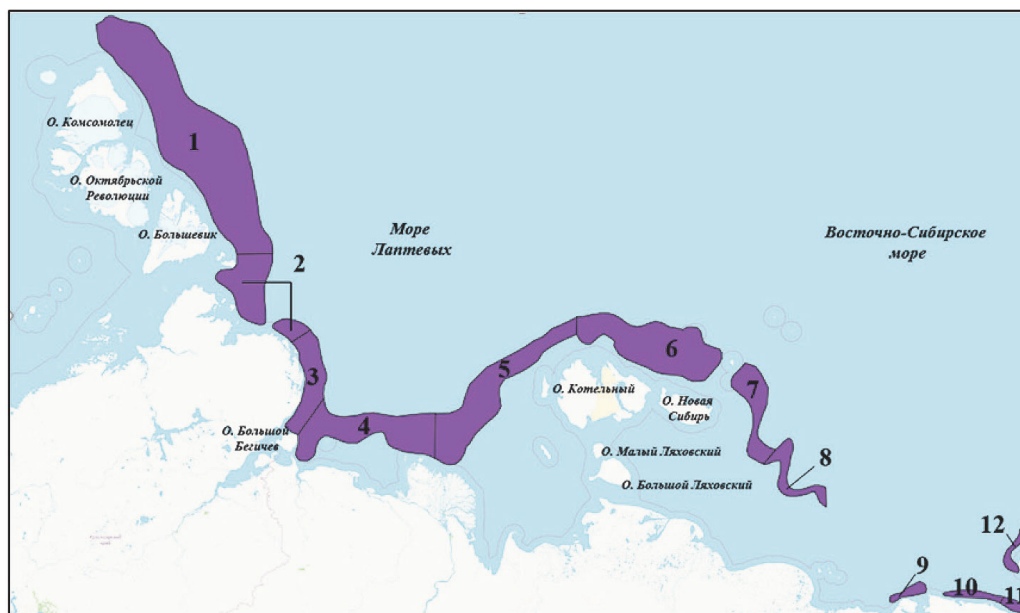


Рис. 2. Полыни восточного сектора Северного морского пути:

- 1 — Восточная Североземельская; 2 — Северо-восточная Таймырская;
3 — Восточная Таймырская; 4 — Анабаро-Ленская; 5 — Западная Новосибирская;
6 — Северная Новосибирская; 7 — Восточная Новосибирская (запад);
8 — Восточная Новосибирская (восток); 9 — Айонская; 10 — Западная Чукотская;
11 — Восточная Чукотская; 12 — Северная Врангелевская

В табл. 1 приведен диапазон глубин в районе заприпайных полыней, полученный путем анализа картографических материалов, а также длина и ширина полыни.

Таблица 1

**Характеристики заприпайных полыней арктических морей
восточного сектора Северного морского пути**

Полыня	Диапазон глубин, м	Ширина, км	Длина, км
Заприпайные полыни моря Лаптевых			
Восточная Североземельская	34,0–2478,0	130	470
Северо-восточная Таймырская	12,6–294,0	100	210
Восточная Таймырская	8,4–49,5	55	185
Анабаро-Ленская	6,6–46,5	150	335
Западная Новосибирская	10,8–48,5	135	460
Заприпайные полыни Восточно-Сибирского моря			
Северная Новосибирская	14,8–43,0	115	340
Восточная Новосибирская (запад)	14,6–37,5	75	250
Восточная Новосибирская (восток)	18,0–25,5	60	250
Айонская	10,0–37,5	35	130
Заприпайные полыни Чукотского моря			
Западная Чукотская	14,2–44,5	25	200
Восточная Чукотская	21,4–45,0	35	520
Северная Врангелевская	15,0–36,5	45	200

В период с октября по май море Лаптевых покрыто льдами. Вдоль берега устанавливается припай, в западной, южной и восточной частях формируются заприпайные полыньи. Восточная Североземельская, Северо-восточная Таймырская и Восточная Таймырская полыньи расположены на востоке архипелага Северная Земля и вдоль восточной части п-ва Таймыр. Анабаро-Ленская и Западная Новосибирская полыньи простираются через море Лаптевых — от о-ва Большой Бегичев до северо-западной части о-ва Котельный.

Глубины заприпайных полыней, расположенные с восточной стороны архипелага Северная Земля, уменьшаются с севера на юг, достигая минимального значения 10,0 м в районе Восточной Таймырской полыньи. Восточная Североземельская полынья является глубоководной, вдоль нее проходят изобаты 200–2200 м, минимальная глубина 34,0 м отмечается с северо-западной стороны. Глубины в районе Северо-восточной Таймырской полыньи в среднем составляют 40–45 м, минимальные значения отмечаются в районе о-ва Малый Таймыр, центральная часть является глубоководной (проходят изобаты в 100 и 200 м).

Полыньи моря Лаптевых, простирающиеся в южной части, характеризуются меньшими глубинами полыней западной части. В центральной части Восточной Таймырской полыньи проходит рекомендованный маршрут с курсом $183^{\circ}-3^{\circ}$, на котором глубины превышают 35,0 м. Минимальные глубины расположены вдоль восточной стороны п-ва Таймыр. В районе Анабаро-Ленской заприпайной полыньи средняя глубина не превышает 23,0 м. Северо-западная часть полыньи и район дельты р. Лена мелководны, минимальная глубина составляет 6,6 м. В центральной части отмечается увеличение глубин в направлении с запада на восток. В районе полыньи обнаружено значительное количество опасных глубин и банок.

Среднее значение глубин в восточной и западной части Западной Новосибирской полыньи составляет 25 м, в центральной части — 39,0 м. Минимальные глубины расположены в юго-западной части полыньи в районе дельты р. Лена. Минимальная обнаруженная глубина равна 10,8 м. Заприпайные полыньи, расположенные вдоль архипелага Северная Земля, имеют практически неизменную ширину, равную 75 км. Максимальная ширина в районе пролива Шокальского равна 135 км. Средняя ширина заприпайных полыней, простирающихся от о-ва Большой Бегичев до о-ва Котельный, не превышает 75 км. Наблюдается увеличение ширины полыньи севернее дельты р. Лена и ее сужение в восточной части моря Лаптевых.

В Восточно-Сибирском море формируются четыре полыньи: Северная Новосибирская, Западная Новосибирская (на западе), Восточная Новосибирская (на востоке) и Айонская. Северная Новосибирская полынья расположена севернее о-вов Котельный и Новая Сибирь. Восточные Новосибирские полыньи простираются с северо-запада на юго-восток от 76° до 73° параллели с. ш. Айонская полынья расположена в восточной части Восточно-Сибирского моря, севернее о-ва Айон.

Средняя глубина Северной Новосибирской полыньи составляет 26,0 м, максимальная — 40,0 м. Восточные Новосибирские полыньи характеризуются малой гидрографической изученностью и практически полностью представляют собой «белые пятна» [14]. В западной части полыньи промер выполнен галсами через 1 км, средняя глубина составляет 24,0 м, минимальная — 14,8 м. В восточной части сведения о глубинах практически отсутствуют, минимальная обнаруженная глубина равна 18,0 м, средняя — 22,0 м. В южной части Айонской заприпайной полыньи проходит 20-метровая изобата. Глубины изменяются в интервале 10–32 м, минимальная глубина отмечается на банке.

Северная Новосибирская полынья имеет максимальную ширину развития севернее о-ва Новая Сибирь, составляющую 130 км, и среднюю ширину, равную 85 км. Максимальная ширина Восточных Новосибирских полыней, которая отмечается в северо-западной части, составляет 75 км. Айонская полынья имеет наименьшую площадь среди полыней Восточно-Сибирского моря. Ее длина составляет 130 км, максимальная ширина в восточной части равна 40 км.

В Чукотском море развиваются три полыньи: Западная и Восточная Чукотская, а также Северная Врангелевская. Западная и Восточная Чукотская полыньи простираются вдоль берегов Чукот-

ского автономного округа, Северная Врангелевская полынья расположена с северо-западной стороны о-ва Врангеля. Полыньи Чукотского моря характеризуются глубинами в диапазоне 27–30 м, минимальная глубина, составляющая 14,2 м, расположена у берегов Чукотского автономного округа. Средние глубины Врангелевской полыньи составляют 30 м, минимальная — 15,0 м отмечается в южной ее части. Чукотская полынья простирается на сотни километров от Чаунской губы до Берингова пролива. Западная часть Чукотской полыньи, ввиду своей малой ширины, называется *прогалиной* [15], ее восточная часть имеет ширину около 35 км, Северная Врангелевская полынья достигает в ширину 45 км, в длину 200 км.

Обсуждение результатов (Discussion)

В зависимости от осадки все суда, осуществляющие судоходство на акватории СМП, условно можно разделить на три категории (табл. 2).

Таблица 2

Категории судов в зависимости от осадки

Категория	Осадка, м
Первая	$d > 9$
Вторая	$6 \leq d \leq 9$
Третья	$d < 6$

К первой категории относятся крупнотоннажные суда с осадкой более 9 м. Вторая категория характеризуется осадкой судов 6–9 м. К третьей категории относятся суда с осадкой менее 6 м.

Транспортные суда при движении с запада на восток и обратно в районе архипелага Северная Земля и о-ва Врангеля имеют устойчивые маршруты движения, двигаясь по проливу Вилькицкого и проливу Лонга соответственно. В зависимости от периода навигации и осадки судов в районе Новосибирских островов существует три варианта движения: пролив Дмитрия Лаптева, пролив Санникова или альтернативная высокоширотная трасса севернее Новосибирских островов.

В период с июля по октябрь большинство судов третьей категории (70 % от общего количества судов с осадкой до 6 м) используют для прохода пролив Дмитрия Лаптева, остальные — пролив Санникова. Такое распределение обусловлено обеспечением нужд северного завоза и доставкой грузов по рекам в арктические порты. В ноябре интенсивность судоходства снижается и полностью прекращается в декабре. В этот период суда с осадкой до 6 м используют высокоширотную альтернативную трассу, расположенную к северу от Новосибирских островов, частично проходящую по заприпайным полыньям. Суда второй категории в период с июля по октябрь используют исключительно пролив Санникова. В октябре более 85 % судов проходят по проливу Санникова, остальные — через пролив Дмитрия Лаптева и севернее Новосибирских островов. В ноябре все маршруты судов проходят исключительно севернее Новосибирских островов, в районе развития заприпайных полыней.

Крупнотоннажные суда с осадкой более 9 м для прохода в районе Новосибирских островов используют два варианта маршрута: пролив Санникова и альтернативную высокоширотную трассу, часть которой проходит по заприпайным полыньям. В период с июля по октябрь более 70 % всех крупнотоннажных судов используют высокоширотную альтернативную трассу, в ноябре маршруты проходят исключительно по ней.

Анализ картографических материалов акватории СМП показал, что заприпайные полыньи моря Лаптевых имеют большую площадь по сравнению с полыньями Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Они превышают более чем в 2 и 6,5 раз площади заприпайных полыней Восточно-Сибирского и Чукотского морей соответственно, а также покрывают около 20 % от общей площади моря Лаптевых. Выбор маршрута движения судна в акватории СМП имеет сезонный характер

и зависит от ледовых условий. В период летне-осенней навигации каждая категория судов имеет устойчивый маршрут движения. С октября по декабрь, когда акватория морей Восточного сектора СМП покрывается ниласом и молодым льдом, маршруты судов изменяются.

Выводы (Summary)

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Глубины заприпайных полыней моря Лаптевых могут быть использованы для прохода судов второй и третьей категории с осадкой до 9 м. Заприпайные полыни Восточно-Сибирского и Чукотского морей более глубоководны и в период осенне-зимней навигации могут использоваться судами с осадкой более 9 м.

2. Зимняя навигация в Восточном секторе носит эпизодический характер, что обусловлено сложными гидрометеорологическими условиями и отсутствием достаточного количества мощных ледоколов.

3. Использование районов образования заприпайных полыней для прокладки маршрута движения судна позволит продлить период навигации в холодное время года и сократить общее время перехода. Основная сложность использования заприпайных полыней заключается в возможности изменения их ширины в период развития. В отдельные годы с ноября по май может наблюдаться слабое развитие заприпайных полыней или их полное отсутствие.

4. Полученные данные могут быть использованы при планировании и выборе маршрутов движения судов в акватории СМП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трегуб М. А. Перспективы развития Северного морского пути. Северный морской транзитный коридор / М. А. Трегуб, К. А. Ярошенко-Соколовская // Системный анализ и логистика. — 2021. — № 1 (27). — С. 44–48. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-1-44-48.

2. Шаронов А. Ю. Задачи гидрометеорологического обеспечения круглогодичной навигации в Восточно-Сибирском море / А. Ю. Шаронов, В. А. Шматков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 170–182. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-170-182.

3. Холопцев А. В. Анализ изменений ледовых условий на Северном морском пути в конце XX — начале XXI века / А. В. Холопцев, С. А. Подпорин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 1. — С. 71–84. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-71-84.

4. Першин Н. В. Рациональное построение маршрутов плавания с учетом гидрометеорологических условий / Н. В. Першин // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. — 2018. — № 52. — С. 61–66.

5. Тезиков А. Л. Исследование факторов, влияющих на продолжительность навигации в акватории Северного морского пути / А. Л. Тезиков, Е. О. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 4. — С. 734–744. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-734-744.

6. Решетняк С. В. История развития навигационно-гидрографического обеспечения в акватории Северного морского пути. Ч. 2: Комплексная система НГО акватории СМП в конце XX — начале XXI в. (1990 г. — настоящее время) / С. В. Решетняк // Морской вестник. — 2019. — № 1 (69). — С. 117–123.

7. Решетняк С. В. Гидрографическая изученность подводного рельефа арктических морей России / С. В. Решетняк // Геодезия и картография. — 2006. — № 4. — С. 57–60.

8. Гурлев И. В. Интеллектуализация транспортной системы Северного морского пути / И. В. Гурлев, А. А. Макоско, И. Г. Малыгин, В. Ю. Каминский // Морские интеллектуальные технологии. — 2021. — № 3–1 (53). — С. 228–235. DOI: 10.37220/MIT.2021.53.3.026.

9. Lee S. W. Economic Possibilities of Shipping through Northern Sea Route / S. W. Lee, J. M. Song // The Asian Journal of Shipping and Logistics. — 2014. — Vol. 30. — Is. 3. — Pp. 415–430.

10. Ольховик Е. О. Влияние льда на формирование судоходных маршрутов в акватории Северного морского пути / Е. О. Ольховик, Е. В. Андреева, А. Л. Тезиков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2019. — № 2. — С. 26–36. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-2-26-36.

11. Marchenko N. Russian Arctic Seas: Navigational conditions and accidents / N. Marchenko. — Springer, 2012. — 296 p.

12. Номенклатура морских льдов. Условные обозначения для ледовых карт. — Гидрометеиздат, 1974. — 80 с.

13. Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики. — М.: WWF России, 2011. — 64 с.

14. Андреева Е. В. «Белые пятна» на картах акватории Северного морского пути / Е. В. Андреева // Сборник трудов IX Межвузовской научно-практической конференции аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России». — СПб: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2018. — С. 443–447.

15. Захаров В. Ф. Роль заприпайных полыней в гидрохимическом и ледовом режиме моря Лаптевых / В. Ф. Захаров // Океанология. — 1966. — № 24. — С. 168–179.

REFERENCES

1. Tregub, Margarita A., and Kseniia A. Iaroshenko-Sokolovskaia. “Prospects for the development of the Northern Sea Route. Northern Sea Transit Corridor.” *Sistemnyj analiz i logistika* 1(27) (2021): 44–48. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-1-44-48.

2. Sharonov, Andrei Yu., and Vladimir A. Shmatkov. “The problem of hydrometeorological maintenance of year-round navigation in the East Siberian Sea.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.1 (2018): 170–182. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-170-182.

3. Kholoptsev, Aleksandr V., and Sergey A. Podporin. “Analysis of ice situation changes on the Northern Sea Route in the late XX – early XXI century.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.1 (2020): 71–84. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-1-71-84.

4. Pershin, N. V. “Rational creation of navigation routes taking into account hydrometeorological conditions.” *Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* 52 (2018): 61–66.

5. Tezиков, Aleksandr L., and Evgeniy O. Ol'khovik. “Studying the factors affecting the duration of navigation in the Northern Sea Route water area.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.4 (2020): 734–744. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-4-734-744.

6. Reshetnyak, Sergei V. “The history of the development of navigation and hydrographic support in the waters of the Northern Sea Route. Part 2: Integrated NGO system in the NSR water area at the end of the XX – beginning of the XXI century (1990 – present).” *Morskoy Vestnik* 1(69) (2019): 117–123.

7. Reshetnyak, S.V. “Hydrographic study of the arctic seas underwater relief of Russia.” *Geodesy and Cartography* 4 (2006): 57–60.

8. Gurlev, Igor V., Alexander A. Makosko, Igor G. Malygin, and Valery Yu. Kaminsky. “Intellectualization of the transport system of the Northern Sea Route.” *Marine intelligent technologies* 3–1(53) (2021): 228–235. DOI: 10.37220/MIT.2021.53.3.026.

9. Lee, Sung-Woo, and Ju-Mi. Song. “Economic Possibilities of Shipping through Northern Sea Route.” *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 30.3 (2014): 415–430.

10. Olkhovik, Evgeniy Olegovich, Ekaterina Valerievna Andreeva, and Aleksandr Lvovich Tezиков. “Ice influence on forming shipping routes in the water area of the northern sea route.” *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine engineering and technologies* 2 (2019): 26–36. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-2-26-36.

11. Marchenko, N. *Russian Arctic Seas: Navigational conditions and accidents*. Springer, 2012.

12. *Nomenklatura morskikh l'dov. Uslovnye oboznacheniya dlya ledovykh kart*. Gidrometeoizdat, 1974.

13. *Atlas biologicheskogo raznoobraziya morej i poberezhij rossijskoj Arktiki*. M.: WWF Rossii, 2011.

14. Andreeva, Ekaterina A. ““White spots” on the maps of the Northern Sea Route.” *Sbornik trudov IX Mezhevuzovskoj nauchno-prakticheskoy konferencii aspirantov, studentov i kursantov «Sovremennye tendencii i perspektivy razvitiya vodnogo transporta Rossii»*. SPb.: Izd-vo GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2018. 443–447.

15. Zakharov, V. F. “Rol' zapripainykh polynei v gidrokhimicheskom i ledovom rezhime morya Laptevnykh.” *Okeanologiya* 24 (1966): 168–179.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Исаулова Кристина Яновна — аспирант
Научный руководитель:
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: isaulovakya@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Isaulova, Kristina Ya. — Postgraduate
Supervisor:
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: isaulovakya@gumrf.ru

*Статья поступила в редакцию 2 февраля 2022 г.
Received: February 2, 2022.*