

ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-97-105

INFORMATION MODEL OF MARITIME TRANSPORT FLOWS OF THE NORTH SEA ROUTE

E. O. Olhovik, A. B. Afonin, A. L. Tezиков

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

The questions of research and development of the information model of transport streams in the Northern Sea Route (NSR) are considered. The proposed model is designed to control vessels in water area of NSR in order to obtain reliable operational information on maritime traffic flows necessary for carrying out activities aimed at reducing navigation and environmental risks in polar waters. An analytical review of scientific publications devoted to navigation-hydrographic, hydrometeorological and information security of navigation is given. It is noted that for NSR the most developed are issues related to the conditions of a single vessel sailing in difficult climatic conditions, as well as the implementation of certain maritime transport projects in fixed directions (Dudinka port and Obskaya Guba ports). The necessity of developing a model of transport flows of NSR as a whole is substantiated. In the framework of the Agreement on Creative Cooperation of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping and Federal State Institution the Northern Sea Route Administration, signed in November 2017, is developing an integrated geographic information navigation system of NSR, which allows, upon request, to receive objective information on the status and parameters of the traffic flow, background information and information on changing shipping conditions in the water area of NSR ways and in its separate parts relating to the time intervals specified by the range from one day to several years, we count s from 2013. Examples of answers to some queries in graphical or tabular form are given. The ways of improving the technology of updating the database of the information system are outlined. A program has been developed to use the database to study the patterns of sea transport flows in the water area of NSR, as well as to solve a set of practical problems aimed at reducing the risks of polar navigation in the conditions of its development.

Keywords: Northern Sea Route, traffic flows, navigation and environmental risks, geoinformation system, information models.

For citation:

Olhovik, Evgeniy O., Andrej B. Afonin, and Aleksandr L. Tezиков. "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.

УДК 528.47

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

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

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

Рассмотрены вопросы разработки информационной модели транспортных потоков Северного морского пути. Модель предназначена для контроля за судами, находящимися в акватории Северного морского пути, для получения достоверной оперативной информации о морских транспортных потоках, необходимой для проведения мероприятий, направленных на снижение навигационных и экологических рисков в полярных водах. Приводится аналитический обзор научных публикаций, посвященных навигационно-гидрографическому, гидрометеорологическому и информационному обеспечению безопасности судоходства. Отмечается, что для Северного морского пути наиболее разработанными являются вопросы, связанные с условиями плавания одиночного судна в сложных природно-климатических условиях,

а также используемые при реализации отдельных морских транспортных проектов на фиксированных направлениях (порт Дудинка и порты Обской губы). Обосновывается необходимость разработки модели транспортных потоков Северного морского пути в целом. В рамках соглашения о творческом сотрудничестве ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» с Администрацией Северного морского пути, подписанного в ноябре 2017 г., разрабатывается целостная географическая информационная навигационная система Северного морского пути, которая позволяет по запросам получать оперативную объективную информацию о состоянии и параметрах транспортного потока, справочную информацию и информацию об изменении условий судоходства в акватории Северного морского пути и в отдельных его частях, относящихся к интервалам времени, заданных диапазоном от одних суток до нескольких лет, отсчитываемых от 2013 г. Приведены примеры ответов на некоторые запросы в графическом или табличном виде. Намечены пути усовершенствования технологии обновления базы данных информационной системы. Разработана программа использования базы данных для исследования закономерностей морских транспортных потоков в акватории Северного морского пути, а также решения комплекса практических задач, направленных на снижение рисков полярного судоходства в условиях его развития.

Ключевые слова: Северный морской путь, транспортные потоки, навигационные и экологические риски, геоинформационная система, информационные модели.

Для цитирования:

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.

Введение (Introduction)

Одним из сдерживающих факторов развития Северного морского пути (СМП) служат навигационные и экологические риски. Экологические риски, как правило, являются следствием навигационных аварий, поэтому они носят определяющий характер. Навигационные риски связаны с вероятностью аварий, обусловленных посадкой судов на мель, касанием грунта, ледовыми повреждениями, штормами и волнением моря, с навалами судов друг на друга и на причальные сооружения.

Статистика аварийности мирового флота [1], [2] показывает, что аварийность увеличивается при возрастании интенсивности судоходства, при росте тоннажа судов, в мелководных районах с недостаточной гидрографической изученностью, при несоответствии конструкции судов ледовым условиям, при нарушении правил маневрирования в сложных гидрометеорологических условиях, при буксировках, движении в караванах и при других обстоятельствах.

Вместе с тем, по данным ЦНИИМФ [3], фактическая навигационная аварийность на трассах СМП по состоянию на 2006 г. в несколько раз меньше аварийности неарктических морей.

На трассах СМП, начиная с 2012 г., изменяются условия и режим судоходства. В первую очередь, отмечается [4] – [6] следующее:

- изменение интенсивности судоходства;
- увеличение тоннажа и осадки судов;
- развитие сети маршрутов, на которых реализуется круглогодичная или продленная навигация;
- ввод в строй транспортных судов, способных совершать самостоятельное плавание в тяжелых льдах;
- плавание судов с предельно малым запасом воды под килем.

Характер изменения условий соответствует тенденции увеличения риска навигационных аварий на СМП. С учетом экологической уязвимости арктических морей особую актуальность приобретает вопрос о пределах риска навигационных аварий и об обосновании мероприятий по повышению навигационной безопасности арктического судоходства и экологической безопасности арктических морей. Решению этой задачи посвящены многочисленные работы, в которых рассматриваются отдельные маршруты и районы СМП, отдельные типы судов и виды морских операций, а также принимаются усилия по разработке моделей морской транспортной системы СМП.

Все разрабатываемые навигационные модели морских транспортных систем условно можно подразделить на модели трех уровней:

- *1-й уровень* — микромодели, в которых учитываются навигационные риски одного конкретного судна;
- *2-й уровень* — мезомодели, в которых навигационные риски относятся к группе судов, работающих на отдельных направлениях, в районах или на объектах;
- *3-й уровень* — макромодели, предназначенные для исследования транспортных потоков в акватории СМП в целом.

Навигационные модели морских транспортных систем предназначены для исследования взаимодействия отдельных судов, их групп и всего флота с окружающей средой и определения пределов их безопасной эксплуатации.

Принципиальная структура моделей предполагает наличие в ней трех формализованных частей:

- модели транспортных средств и параметров их движения;
- модели навигационных опасностей;
- модели взаимодействия транспортных средств с потенциальными источниками навигационных опасностей.

Оценка навигационных рисков в моделях относится либо к транспортным средствам, что особенно характерно для микромоделей, либо к району плавания и навигационному периоду, что более характерно для макромоделей.

В теоретическом плане для СМП наиболее разработанными являются вопросы, связанные со сложными условиями плавания одиночного судна. Исследованию причин аварийности судов, связанных со столкновениями с другими судами, с посадками на мель и касаниями грунта, с тяжелыми ледовыми условиями и другими факторами посвящены работы В. А. Логиновского [7], С. Н. Некрасова [8], В. А. Михальского [9], П. Е. Бураковского [10], К. Е. Сазонова [11]. Географическая привязка навигационных рисков, как правило, не производится, параметры транспортных потоков не учитываются.

Влияние навигационно-гидрографических и гидрометеорологических факторов на безопасность судоходства на отдельных направлениях и районах арктических морей всесторонне исследуется при проектировании и эксплуатации новых путей движения судов. В процессе исследований определяются наиболее опасные в навигационном отношении участки исследуемой акватории и разрабатываются рекомендации по снижению на этих участках риска навигационных аварий. Наиболее значимыми примерами исследований последних лет служат работы по формированию высокоширотных трасс СМП, маршрутов крупнотоннажных морских судов в Карском море (порт Дудинка и порты Обской губы) [11] – [13].

СМП представляет собой сложную транспортную систему, в которой с различной интенсивностью происходят разномасштабные процессы, связанные с изменениями плотности и динамических характеристик морских транспортных потоков. Исследованию этих процессов должно предшествовать формирование информационной системы, объединяющей модели всех уровней.

Поиск подходов к формированию такой системы активно ведётся в настоящее время. Примерами служат следующие работы. В цикле работ [14] – [16] обоснован междисциплинарный подход к проектированию и анализу работы морских транспортных систем в Арктике с использованием геоинформационных систем (ГИС). Предложена методика построения стохастических моделей локальных транспортных систем, которые могут быть отнесены, в соответствии с предложенной ранее классификацией, к мезомоделям. В работе [17] предложены пути перехода от частных к общим моделям морских транспортных систем на основе интеллектуальной ГИС. К таким исследованиям также относится работа [18], в которой для планирования судоходных маршрутов Северо-Западного прохода Арктики, используется многослойная 3D ГИС-модель. В публикации [19] разработан метод формализации оценки безопасности акватории СМП, в основе которого ис-

пользуется модель взаимодействия транспортных средств с потенциальными источниками навигационных опасностей. Таким образом, в настоящее время сформировано представление о необходимости построения целостной ГИС СМП.

Целью настоящей работы является обоснование состава элементов ГИС, структуры информационной модели морских транспортных потоков СМП, а также иллюстрация решения задач, полученных с использованием ГИС.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Информационной основой ГИС служат ежедневные данные о судах и их координатах, поступающие в Администрацию СМП. В качестве дополнительной информации используется название судна, его ледовый класс и осадка. Таким образом, в базе данных (БД) ГИС формируются ежедневные слои, показывающие местонахождения судов. Сопоставление ежедневных слоёв позволяет выявить основные транспортные потоки и оценить их параметры, в том числе плотность потока, его скорость и интенсивность. Средства ГИС позволяют формировать запросы к БД по значениям параметров движения отдельных групп судов.

Пример ответа на запрос о расположении судов в акватории СМП на фиксированный временной отрезок представлен на рис. 1. Каждое судно на схеме обозначено стрелкой, направление которой соответствует направлению движения судна за прошедшие сутки. Цифрой обозначена средняя скорость за последние сутки. Цвет стрелки означает осадку судна. Соответствие цвета стрелки и осадки установлено палитрой цветов, расположенной в верхнем левом углу схемы.

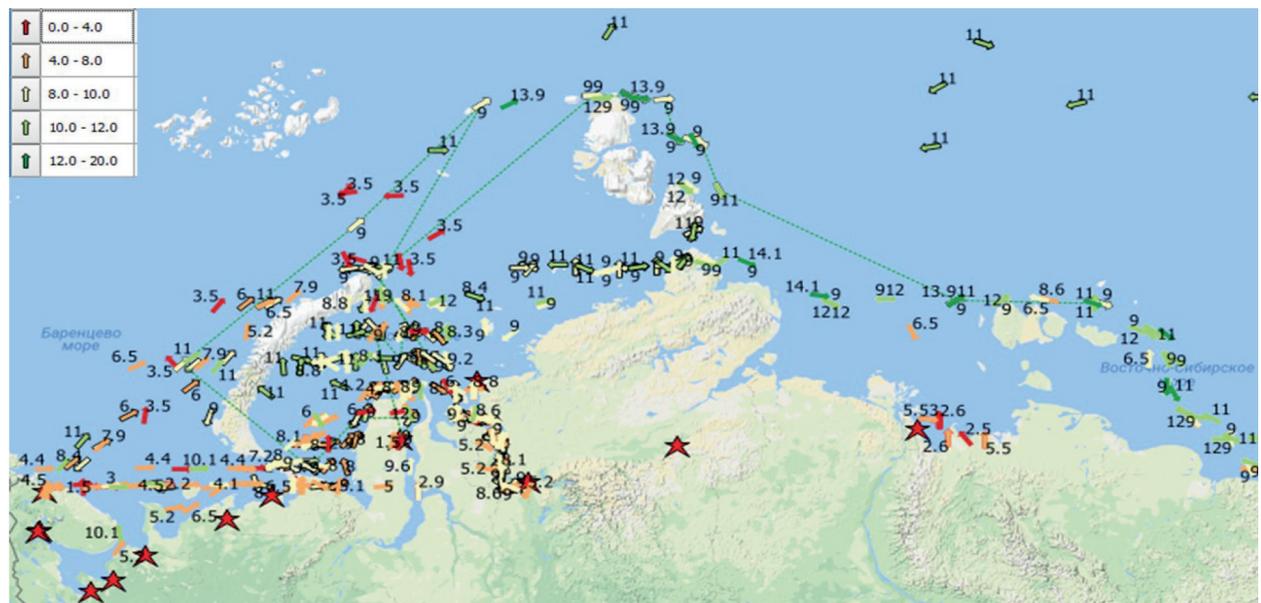


Рис. 1. Пример информационного слоя ГИС СМП на фиксированную дату

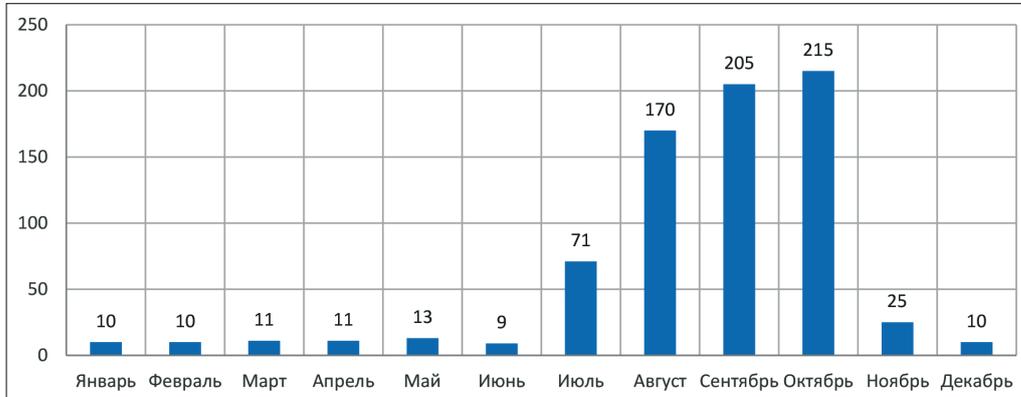
По дополнительному запросу на фиксированную дату можно получить значение плотности потока на выбранном участке акватории (плотность потока равна отношению количества судов к площади выделенного района), данные о количестве судов, которые в течение последних суток не имели хода, количестве ледоколов, количестве судов с заданной осадкой и другую информацию.

При необходимости на экране можно проследить маршруты движения одного судна, группы судов или всех судов, относящиеся к заданному интервалу времени. Могут использоваться разные виды запросов, в том числе запросы по годам, навигационным периодам, датам, районам, направлениям и др.

Результаты (Results)

Результаты запросов позволяют формировать различные статистические данные. В качестве примера на рис. 2 приведены данные о распределении количества судов в акватории СМП по месяцам 2013 г. (рис. 2, а) и 2014 г. (рис. 2, б).

а)



б)

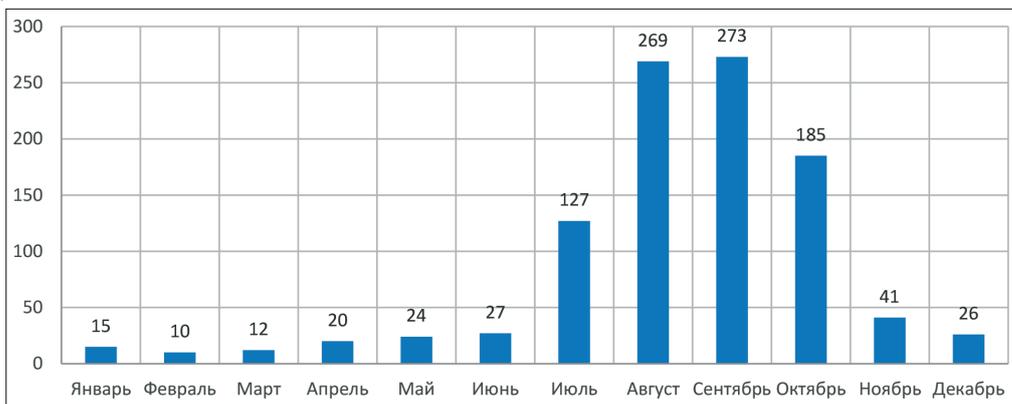


Рис. 2. Распределение количества судов в акватории СМП по месяцам 2013 г. (а); 2014 г. (б)

Графики позволяют наглядно оценить соотношение количества судов, работающих в период летне-осенней навигации (июль – ноябрь), с количеством судов, работающих в зимне-весеннюю навигацию (ноябрь – декабрь, январь – июнь), а также отметить увеличение общего количества судов в 2014 г. по сравнению с 2013 г.

На рис. 3 представлено распределение средней скорости движения всех судов в акватории СМП по месяцам 2014 г. с учётом и без учёта времени, когда судно не имело хода, находилось в порту для разгрузки-погрузки.

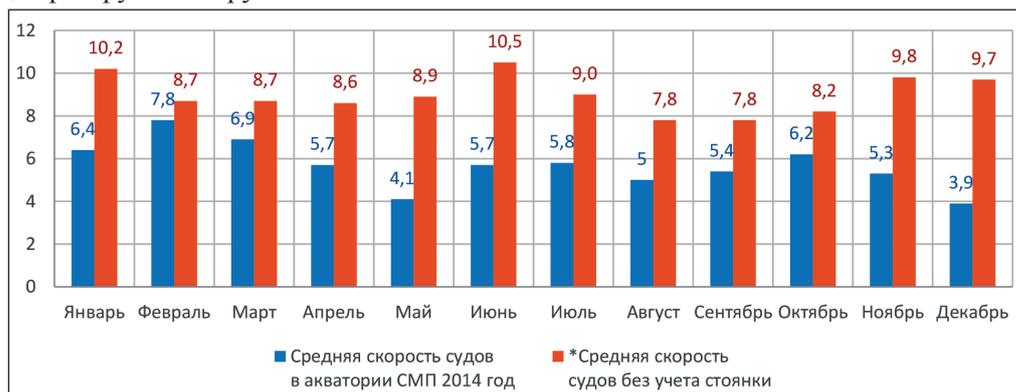


Рис. 3. Распределение средней скорости судов в акватории СМП по месяцам за 2014 г.

На рис. 4 представлено распределение общего количества судов в западной (Карское море) и восточной (море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря) части акватории СМП по месяцам 2014 г.

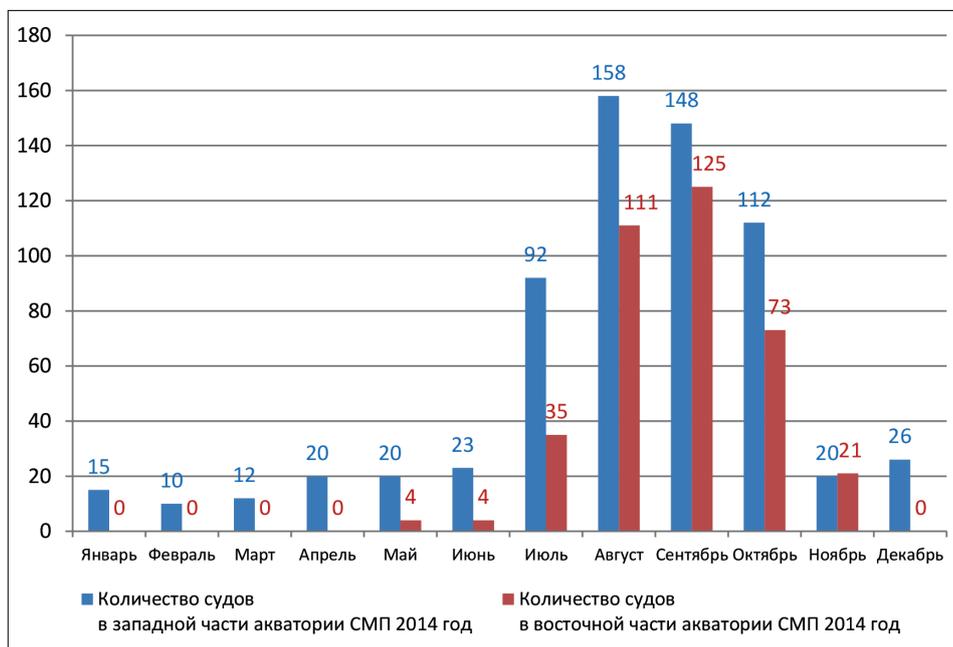


Рис. 4. Распределение судов в западной и восточной части СМП, 2014 г.

В таблице приведены данные о количестве судов, получивших разрешение на работу в акватории СМП с 2013 по 2017 г. Суда разделены на две группы: суда неарктического класса и суда арктического класса. К судам арктического класса отнесены суда с категориями ледового усиления Arc4 и выше.

Количество судов, получивших разрешение для работы в акватории СМП

Год	Всего судов	Суда неарктического класса	Суда арктического класса
2013	635	432	203
2014	631	442	189
2015	715	488	227
2016	718	457	261
2017	662	456	206

Приведенные данные показывают, что количество выданных разрешений в 2013, 2014 и 2017 гг. было примерно одинаковым. В 2015 и 2016 гг. количество выданных разрешений увеличилось примерно на 10 %. Количество выданных разрешений напрямую не связано с интенсивностью транспортных потоков на СМП. С 2013 по 2017 г. произошло перераспределение судовых потоков, что повлекло за собой существенный рост плотности и интенсивности судоходства в Карском море и общее снижение показателей в восточной части акватории СМП.

Обсуждение (Discussion)

Следует отметить трудоемкость формирования БД ГИС, связанную с анализом большого количества информации о судах, работающих в акватории СМП. В перспективе планируется разработать и внедрить технологию автоматизированного ввода данных, что позволит повысить оперативность формирования и ежесуточного обновления БД ГИС.

Результаты запросов к БД ГИС позволяют анализировать текущее состояние и динамику транспортной системы СМП с учетом того, что информация о положении судов обновляется в БД не чаще чем раз в сутки. Эта информация с учётом наложения дополнительных слоёв, в том числе ледовой и гидрометеорологической обстановки, поля глубин, закрытых для плавания районов и т. д., может быть использована для оценки рисков навигационных аварий на микро-, мезо- и макроуровнях.

ГИС позволяет исследовать плотность и динамику транспортных потоков во всей акватории СМП в разные навигационные периоды, что позволяет в транспортном потоке выделить отдельные группы судов, в том числе по осадке и по назначению.

Выводы (Summary)

1. Впервые сформулирована и обоснована структура состава элементов ГИС СМП в виде отдельных информационных слоёв, предназначенных для исследования транспортных потоков в акватории СМП в целом.

2. Предложена информационная модель морских транспортных потоков СМП как инструмент, позволяющий наглядно и информативно сформировать оперативные данные о движении судов и получить обобщенную информацию в течение заданного временного периода.

3. Результаты работы могут быть использованы при проектировании средств навигационного ограждения в акватории СМП, планировании спасательных операций, оценке рисков навигационных аварий и решении других задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кацман Ф. М.* Аварийность морского флота и проблемы безопасности судоходства / Ф. М. Кацман, А. А. Ершов // Транспорт Российской Федерации. — 2006. — № 5 (5). — С. 82–84.
2. *Фисенко А. И.* Риски организации судоходства в Арктике по Северному морскому пути / А. И. Фисенко // Транспортное дело России. — 2015. — № 6. — С. 260–262.
3. Проблемы Северного морского пути / Совет по изучению производительных сил РАН; Центральный науч.-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота (ЦНИИМФ). — М.: Наука, 2006. — 581 с.
4. *Комков Н. И.* Направления модернизации арктической транспортной системы / Н. И. Комков, В. С. Селин, В. С. Цукерман // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). — 2014. — № 20. — С. 4–11.
5. *Лебедев Г. В.* Перспективы развития арктической морской транспортной системы / Г. В. Лебедев, Г. Е. Румянцев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2014. — № 3 (25). — С. 179–189.
6. *Олерский В. А.* Комплексный проект развития Северного морского пути / В. А. Олерский // Транспортная стратегия – XXI век. — 2015. — № 29 (2). — С. 8–9.
7. *Логиновский В. А.* Моделирование оценки вероятности посадки судна на грунт с помощью нечетких чисел / В. А. Логиновский, А. А. Струков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 1 (20). — С. 89–96.
8. *Некрасов С. Н.* Оценка и прогнозирование опасных навигационных ситуаций / С. Н. Некрасов, И. В. Капустин, М. С. Старов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 2. — С. 98–100.
9. *Михальский В. А.* Оценка навигационной безопасности плавания вблизи точечных опасностей / В. А. Михальский, М. В. Тюлькин // Навигация и гидрография. — 2006. — № 23. — С. 17–26.
10. *Бураковский Е. П.* К вопросу об оценке рисков посадки судна на мель / Е. П. Бураковский, П. Е. Бураковский, В. А. Дмитровский // Известия КГТУ. — 2013. — № 29. — С. 159–164.
11. *Сазонов К. Е.* Влияние мелководья на ледовые качества судна / К. Е. Сазонов, А. В. Рыжков // Мир транспорта. — 2013. — Т. 11. — № 4 (48). — С. 40–47.
12. *Спирин А. Н.* Круглогодичная навигация на порт Сабетта / А. М. Спирин, Д. А. Чачин, А. А. Смирнов // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 3 (19). — С. 88–95.

13. Рукша В. В. Структура и динамика грузоперевозок по Северному морскому пути: история, настоящее и перспективы / В. В. Рукша, М. С. Белкин, А. А. Смирнов, В. Г. Арутюнян // Арктика: экология и экономика. — 2015. — № 4 (20). — С. 104–110.

14. Кондратенко А. А. Моделирование систем арктического морского транспорта: основы междисциплинарного подхода и опыт практических работ / А. А. Кондратенко, А. Б. Крестьянцев, О. В. Таровик, А. Г. Топаж // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 1 (25). — С. 86–101.

15. Топаж А. Г. Программный комплекс имитационного моделирования для проектирования и анализа морских транспортных систем / А. Г. Топаж, О. В. Таровик, А. В. Косоротов, А. А. Бахарев // Сб. тр. конф. «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем-ИКМ МТМТС-2015». — СПб., 2015. — С. 143–147.

16. Tsvetkov M. An Intelligent GIS-Based Approach to Vessel-Route Planning in the Arctic Seas / M. Tsvetkov, D. Rubanov // Information Fusion and Intelligent Geographic Information Systems (IF&IGIS'17). — Springer, Cham, 2018. — Pp. 71–86. DOI: 10.1007/978-3-319-59539-9_6.

17. Осипов В. Ю. Моделирование морских транспортных систем на основе интеллектуальных геоинформационных систем / В. Ю. Осипов // Междунар. науч.-практ. конф. «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» – «ИКМ МТМТС». — 2011. — С. 88–92.

18. Chang K. Y. Route planning and cost analysis for travelling through the Arctic Northeast Passage using public 3D GIS / K. Y. Chang, S. S. He, C. C. Chou, S. L. Kao, A. S. Chiou // International Journal of Geographical Information Science. — 2015. — Vol. 29. — Is. 8. — Pp. 1375–1393. DOI: 10.1080/13658816.2015.1030672.

19. 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.

REFERENCES

1. Katsman, F. M., and A. A. Ershov. “Avariinost’ morskogo flota i problemy bezopasnosti sudokhodstva.” *Transport Rossiiskoi Federatsii* 5(5) (2006): 82–84.

2. Fisenko, A. “Risks of shipping for Northern sea route.” *Transport business of Russia* 6 (2015): 260–262.

3. *Problemy Severnogo morskogo puti*. Sovet po izucheniyu proizvodstvennykh sil RAN; Tsentral’nyi nauch.-issledovatel’skii i proektно-konstruktorskii institut morskogo flota (TsNIIMF). M.: Nauka, 2006.

4. Komkov, N.I., V.S. Selin, and V.A. Cukerman. “Direction of modernization of the arctic marine transportation system.” *MIR (Modernization. Innovation. Research)* 20 (2014): 4–11.

5. Lebedev, G.V., and G.E. Rumyantsev. “The prospects of Arctic marine transportation system’s development.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 3(25) (2014): 179–189.

6. Olerskii, V. “Kompleksnyi proekt razvitiya Severnogo morskogo puti.” *Transportnaya strategiya - XXI vek* 29(2) (2015): 8–9.

7. Loginovskij, V. A., and A. A. Strukov. “Modeling of the probability assessment of grounding the vessel by fuzzy numbers.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 1(20) (2013): 89–96.

8. Nekrasov, S. N., I. V. Kapustin, and M. S. Starov. “Assessment and prediction of dangerous navigational situations.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O.Makarova* 2 (2013): 98–100.

9. Mihal’skii, V.A., and M.V. Tyul’kin. “Otsenka navigatsionnoi bezopasnosti plavaniya vblizi tochechnykh opasnostei.” *Navigatsiya i gidrografiya* 23 (2006): 17–26.

10. 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.

11. Sazonov, Cyril E., and Alexander V. Ryzhkov. “Shallow water impact on ice performance of the ships.” *World of transport* 11.4(48) (2013): 40–47.

12. Spirin, A.N., D.A. Chachin, and A.A. Smirnov. “Year-round navigation in the port of Sabetta.” *Arctic: Ecology and Economics* 3(19) (2015): 88–95.

13. Ruksha, V. V., M. S. Belkin, A. A. Smirnov, and V. G. Arutyunyan. "Structure and dynamics of cargo transportation along the Northern Sea Route: the history, present and prospects." *Arctic: ecology and economy* 4(20) (2015): 104–110.
14. Kondratenko, Aleksandr Alekseevich, Andrej Borisovich Krestyantsev, Oleg Vladimirovich Tarovik, and Aleksandr Grigor'evich Topaj. "Arctic Marine Transport System Simulation: Multidisciplinary Approach Fundamentals and Practical Experience." *Arctic: ecology and economy* 1(25) (2017): 86–101.
15. Topazh, A.G., O.V. Tarovik, A.V. Kosorotov, and A.A. Bakharev. "Programmnyi kompleks imitatsionnogo modelirovaniya dlya proektirovaniya i analiza morskikh transportnykh system." *V sbornike trudov konferentsii «Imitatsionnoe i kompleksnoe modelirovanie morskoi tekhniki i morskikh transportnykh sistem-IKM MT-MTS-2015»*. SPb., 2015: 143–147.
16. Tsvetkov, Misha, and Dmitriy Rubanov. "An Intelligent GIS-Based Approach to Vessel-Route Planning in the Arctic Seas." *Information Fusion and Intelligent Geographic Information Systems (IF&IGIS'17)*. Springer, Cham, 2018: 71–86. DOI: 10.1007/978-3-319-59539-9_6.
17. Osipov, V.Yu. "Modelirovanie morskikh transportnykh sistemna osnove intellektual'nykh geoinformatsionnykh system." *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Imitatsionnoe i kompleksnoe modelirovanie morskoi tekhniki i morskikh transportnykh sistem» – «IKM MTMTS»*. 2011: 88–92.
18. Chang, K.Y., S.S. He, C.C. Chou, S.L. Kao, and A.S. Chiou. "Route planning and cost analysis for traveling through the Arctic Northeast Passage using public 3D GIS." *International Journal of Geographical Information Science* 29.8 (2015): 1375–1393. DOI: 10.1080/13658816.2015.1030672.
19. 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.

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 15 января 2018 г.
 Received: January 15, 2018.