

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-300-308

**ANALYSIS OF SPEED REGIME LNG-TANKERS IN THE NORTHERN SEA ROUTE
IN PERIOD OF WINTER NAVIGATION 2017-18****E. O. Ol'khovik**Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The issues of using the geographical information system of the Northern sea route to monitor the movement of tankers intended for the transportation of liquid natural gas in waters of Arctic seas are considered. The examples confirming of begin the actual realization of the Complex project plan about development of Northern sea route are given. Particular attention is paid to the description of marine Arctic transport projects for the transportation of hydrocarbons by large-tonnage tankers and gas tankers. The list of the most significant transitions that were performed in the water area of the Northern sea route by large-tonnage tankers from winter 2017 to 2018 is given. Based on the above list of implemented transport projects and analysis of the prospects for commercial use of the Northern sea route, a list of trends in the use of large-tonnage tankers in the waters of the Arctic seas has been formed. It is noted that the presented work is a continuation of the research on the development and use of geographical information systems for the analysis of the parameters of the movement of ships in the waters of the Northern sea route and the characteristics of marine Arctic transport flows in General in different navigation periods, in which the author was directly involved since 2016. An analytical review of scientific publications on the use of geographical information systems in the regulation of the movement of tankers, which were used for the export of hydrocarbons from offshore fields in the Gulf of Mexico, is presented. A comparative evaluation of the criteria used in the regulation of the movement of ships in the non-freezing seas and in the waters of the Northern sea route is carried out. The necessity of collecting and analyzing the actual data on the characteristics of the movement of large-tonnage tankers used for the transportation of liquefied natural gas in the waters of the Northern sea route in an experimental mode and during the first regular passage is substantiated. The paper presents the actual data and their analysis about speed regimes of five Yamalmax class tankers while performing their independent navigation in the waters of the Northern sea route in the period from November 2017 to March 2018. The direction of further use of the received data is defined.

Keywords: Northern sea route, speed modes, monitoring, geographic information system, large-capacity tankers, track, Yamalmax.

For citation:

Ol'khovik, Evgeniy O. "Analysis of speed regime LNG-tankers in the Northern sea route in period of winter navigation 2017-18." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.2 (2018): 300–308. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-300-308.

УДК 528.47**АНАЛИЗ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ СПГ-ТАНКЕРОВ
В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ
В ПЕРИОД ЗИМНЕЙ НАВИГАЦИИ 2017 – 2018 ГГ.****Е. О. Ольховик**ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Рассмотрены вопросы использования географической информационной системы Северного морского пути для мониторинга движения танкеров, предназначенных для транспортировки сжиженного природного газа в акватории арктических морей. Приведены примеры, подтверждающие начало фактической реализации документа «Комплексный проект плана развития Северного морского пути». Особое внимание уделяется описанию морских арктических транспортных проектов по транспортировке углеводородного сырья крупнотоннажными танкерами и танкерами-газовозами. Приведен перечень наибо-

лее значимых переходов, которые были выполнены в акватории Северного морского пути крупнотоннажными танкерами в зимний период с 2017 по 2018 гг. На основании приведенного перечня реализованных транспортных проектов и анализа перспектив коммерческого использования Северного морского пути выявлена тенденция круглогодичного использования крупнотоннажных танкеров в акватории арктических морей. Представленная работа является продолжением исследований, посвященных разработке и использованию географических информационных систем, для анализа параметров движения морских судов в акватории Северного морского пути и характеристик морских арктических транспортных потоков в целом в разные навигационные периоды, в которых автор принимал непосредственное участие, начиная с 2016 г. Приводится аналитический обзор научных публикаций, посвященных использованию географических информационных систем при регулировании движения танкеров, с целью вывоза углеводородов с шельфовых месторождений Мексиканского залива. Выполнена сравнительная оценка критериев, применяемых при регулировании движения морских судов в незамерзающих морях и в акватории Северного морского пути. Обосновывается необходимость сбора и анализа фактических данных о характеристиках движения крупнотоннажных танкеров, используемых для перевозки сжиженного природного газа в акватории Северного морского пути в экспериментальном режиме и при выполнении первых регулярных штатных рейсов. Приведены фактические данные и анализ скоростных режимов пяти однотипных танкеров класса Yamalmax при выполнении ими самостоятельного плавания в акватории Северного морского пути в период с ноября 2017 г. по март 2018 г. Определено направление дальнейшего использования полученных данных.

Ключевые слова: Северный морской путь, скоростные режимы, мониторинг, географическая информационная система, крупнотоннажные танкеры, линии пути, СПГ-танкер.

Для цитирования:

Ольховик Е. О. Анализ скоростных режимов СПГ-танкеров в акватории Северного морского пути в период зимней навигации 2017 – 2018 гг. / Е. О. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 2. — С. 300–308. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-2-300-308.

Введение (Introduction)

В настоящее время в Арктике, в соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации [1] и Комплексным проектом плана развития Северного морского пути [2], [3], активно реализуются проекты транспортировки углеводородного сырья крупнотоннажными нефтяными танкерами и танкерами-газовозами. В данный момент запущены проекты «Ямал СПГ» и «Новый порт», а их перечень будет пополняться в ближайшие годы новыми проектами: «Арктик СПГ-2», «ВостокУголь».

В летнюю навигацию 2010 г. танкер «СКФ Балтика», имеющий типоразмер Aframax и ледовый класс Arc5, совершил экспериментальный рейс по маршруту Мурманск – Нингбо (Китай). Общая продолжительность перехода составила 22 дня, из которых около восьми суток судно находилось в акватории Северного морского пути (СМП).

В 2011 г. танкер «Владимир Тихонов», имеющий типоразмер Suezmax и ледовый класс Arc4, прошел СМП за семь суток, следуя из Мурманска в порт Маптапхут (Тайланд). В марте 2017 г. танкер-газовоз «Кристоф де Маржери», имеющий типоразмер Yamalmax и ледовый класс Arc7, совершил тестовый проход по подходному каналу к порту Сабетта. В летнюю навигацию газовоз совершил первый коммерческий рейс с партией сжиженного природного газа (СПГ) из Норвегии в Южную Корею, преодолев СМП за шесть с половиной суток. По данным Администрации СМП (АСМП) [4], в 2017 г. был зафиксирован положительный результат по грузоперевозкам, объем которых достиг почти 10 млн т.

В акватории СМП в течение последних нескольких лет отмечается следующее:

- увеличение общего числа нефтяных танкеров и танкеров-газовозов;
- увеличение доли танкеров, имеющих большую осадку;
- увеличение доли транспортных судов, имеющих высокий ледовый класс;
- переход арктических портов Обской Губы из тестового режима эксплуатации в режим штатной работы;
- увеличение продолжительности навигации.

Данная работа является продолжением исследований [5] – [9], посвященных использованию геоинформационных систем (ГИС) для анализа параметров движения морских судов в акватории СМП и характеристик арктического морского транспортного потока в целом в разные навигационные периоды.

Использование ГИС для исследования параметров морских транспортных потоков применялось при регулировании движения основных групп судов, состоящих из 30 – 50 танкеров класса Aframax и Suezmax, при освоении шельфовых месторождений в Мексиканском заливе [10]. В качестве главных опасностей рассматривались аварии, связанные с возможными столкновениями танкеров.

В отличие от Мексиканского залива и большинства других акваторий Мирового океана, при регулировании движения крупнотоннажных судов в акватории СМП наряду с возможными столкновениями танкеров, опасность представляют навалы танкеров на ледоколы, а также аварии, связанные со столкновением судна со льдом, ледовым сжатием, касанием грунта или посадкой на мель. Исследованию влияния навигационно-гидрографических, гидрометеорологических и ледовых условий на безопасность мореплавания в акватории СМП посвящено значительное количество работ [11] – [14]. При этом, как правило, рассматривается воздействие негативных факторов на одиночное судно, а не на поток судов. В работе [15] предпринята попытка учесть совместное влияние льда и мелководья на морской транспортный поток.

Целью настоящей работы является сбор и анализ фактических данных о характеристиках движения танкеров, предназначенных для перевозки СПГ в акватории СМП, в период с декабря 2017 г. по март 2018 г. Объектом исследования являются маршруты и скоростные режимы СПГ-танкеров.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Мониторинг движения судов в акватории СМП обеспечивается средствами спутниковой автоматизированной идентификационной системы (АИС) и ежедневными сообщениями с судов о своем местоположении, регламент которых установлен «Правилами плавания в акватории СМП» [4, п. 20]. Данные мониторинга используются для контроля за соблюдением района и времени нахождения в акватории каждого судна в соответствии с разрешением, полученным капитаном судна перед входом в акваторию СМП. Из всех судов, работающих в акватории СМП в период с ноября 2017 г. по январь 2018 г., было отобрано пять однотипных танкеров, предназначенных для перевозки СПГ: «Борис Вилькицкий» (Boris Vilkitsky, IMO 9768368), «Кристоф де Маржерии» (CChristophe de Margerie, IMO 9737187), «Эдуард Толь» (Eduard Toll, IMO 9750696), «Федор Литке» (Fedor Litke, IMO 9768370) и «Владимир Русанов» (Vladimir Rusanov, IMO 9750701). Танкер «Владимир Русанов» проходил в отмеченный период ходовые испытания, поэтому данные о его движении использовались лишь частично.

Танкеры имеют следующие характеристики: длина — 299 м, ширина — 50 м, максимальная осадка — около 12 м, максимальная скорость — 19,5 уз, дедвейт — 100 тыс. т. Ледовый класс Arc7 позволяет судам такого типа выполнять самостоятельное плавание во льдах толщиной до 2,1 м без ледокольной проводки.

Маршруты движения танкеров наносились на электронную морскую карту по поступающей информации с них информации, которая содержала следующие данные: время, географические координаты, скорость и курс судна на момент передачи информации. Период обновления данных в среднем составил 1 ч, общее количество записей о маршруте движения каждого судна составил около 500 записей.

Полученные данные использовались для оценки и сравнения скоростного режима движения судов на отдельных участках акватории СМП.

Результаты (Results)

На рис. 1 цветными пунктирными линиями отмечены пути движения СПГ-танкеров: «Борис Вилькицкий», «Эдуард Толь» и «Федор Литке», совершивших самостоятельно транзитное плавание в акватории СМП в период с декабря 2017 по январь 2018 г.

Танкер «Борис Вилькицкий» пересек 180 меридиан 14.11.2017, транзитом прошел весь СМП за 12 сут и вышел через пролив Карские Ворота 24.11.2017.

Танкер «Эдуард Толь» пересек 180 меридиан 26.12.2017, прибыл на рейд порта Сабетта 14.01.2018, покинул его 17.01.2018 и вышел из акватории СМП через пролив Карские Ворота 19.01.2018. Общее время перехода составило 24 дня, из них восемь дней танкер находился в заливе Обская Губа.

Танкер «Федор Литке» пересек 180 меридиан 10.12.2017, подошел к заливу Обская Губа 22.12.2017, прибыл на рейд порта Сабетта 24.12.2017, покинул порт 28.12.2017, вышел из акватории СМП через пролив Карские Ворота 31.12.2017. Общее время перехода составило 21 день, из них шесть дней находился в заливе Обская Губа.

Все танкеры двигались до п. Сабетта без груза с осадкой 10,3 – 11 м. Обращает на себя внимание тот факт, что в восточном секторе СМП путь танкера «Борис Вилькицкий» прошел севернее Новосибирских островов, тогда как маршрут двух других танкеров проходил через пролив Санникова. На остальных участках пути танкеров отклонялись друг от друга незначительно.

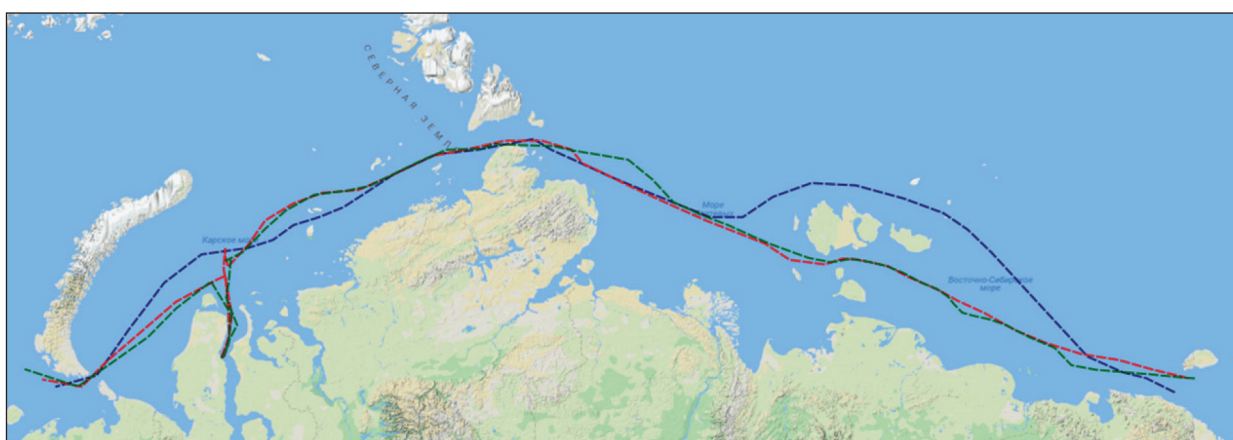


Рис. 1. Маршруты СПГ-танкеров в период ноябрь 2017 г. – январь 2018 г.:

- «Борис Вилькицкий»;
- «Эдуард Толь»;
- «Федор Литке»

На рис. 2 стрелками показано направление движения судов. Цвет стрелок обозначает градуированный интервал скоростей в соответствии с палитрой обозначений, приведенной в правом верхнем углу рисунка. В нижней части рисунка пунктирной линией показано генеральное направление движения судов. В прямоугольниках приведены средние значения скорости, которые имели танкеры на соответствующих участках пути.

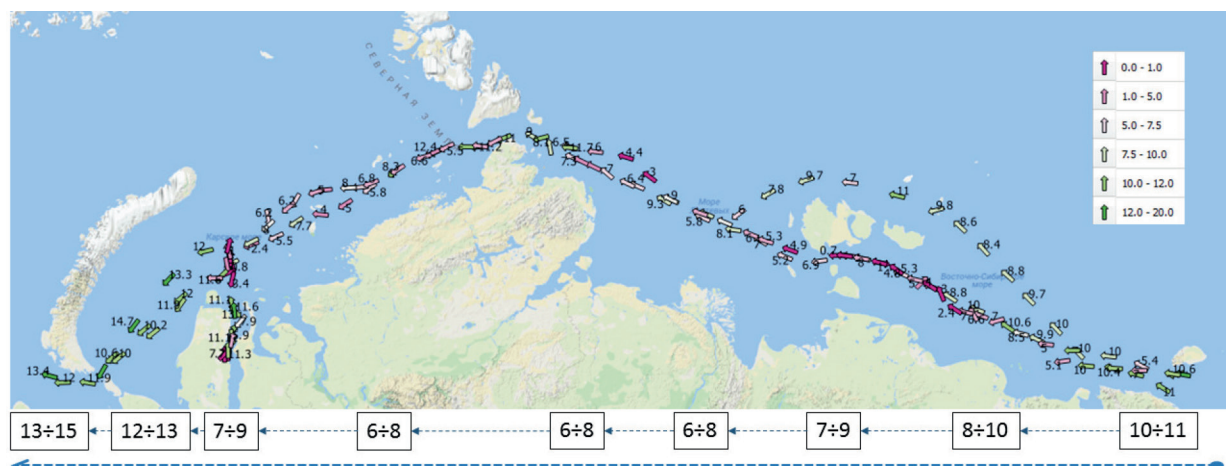


Рис. 2. Скорость СПГ-танкеров в акватории СМП

Наибольшая скорость танкеров в акватории СМП составляла до 15,5 уз, при входе и выходе из акватории СМП скорость — до 17,5 уз на чистой воде, при максимальной заявленной скорости по паспорту в 19,5 уз. Скорость в Чукотском море до пролива Лонга составляла от 11 уз до 12,5 уз. Скорость в Восточно-Сибирском море была уменьшена до 8 – 10 уз. В проливе Санникова средняя скорость танкеров «Фёдор Литке» и «Эдуард Толь» уменьшилась до 4 – 6 уз. В отдельных точках скорость судов падала до нуля. Танкер «Борис Вилькицкий» прошел севернее Новосибирских островов со средней скоростью в 8 – 10 уз. В море Лаптевых, в проливе Вилькицкого и в восточной части Карского моря суда шли со средней скоростью 6 – 8 уз. При подходе к заливу Обская Губа скорость была снижена до 2 – 3 уз. Далее танкер «Борис Вилькицкий» проследовал к проливу Карские Ворота со скоростью в 12 – 14 уз.

Танкеры «Фёдор Литке» и «Эдуард Толь» после захода в порт Сабетта с грузом СПГ направились в сторону пролива Карские Ворота. Средняя скорость судов с грузом на участке маршрута от залива Обская Губа до пролива Карские Ворота была на 2–3 уз меньше, чем скорость танкера «Борис Вилькицкий», прошедшего этот же путь в балласте.

На рис. 3 цветными пунктирными линиями отмечены пути следующих СПГ-танкеров: «Борис Вилькицкий» (синяя пунктирная линия), «Эдуард Толь» (зеленая пунктирная линия), «Федор Литке» (красная пунктирная линия) и «Кристоф де Маржери» (желтая пунктирная линия), совершивших самостоятельно плавание в феврале – марте 2018 г. из Баренцева моря через пролив Карские Ворота до порта Сабетта, расположенного на левом берегу залива Обская Губа, и обратно.

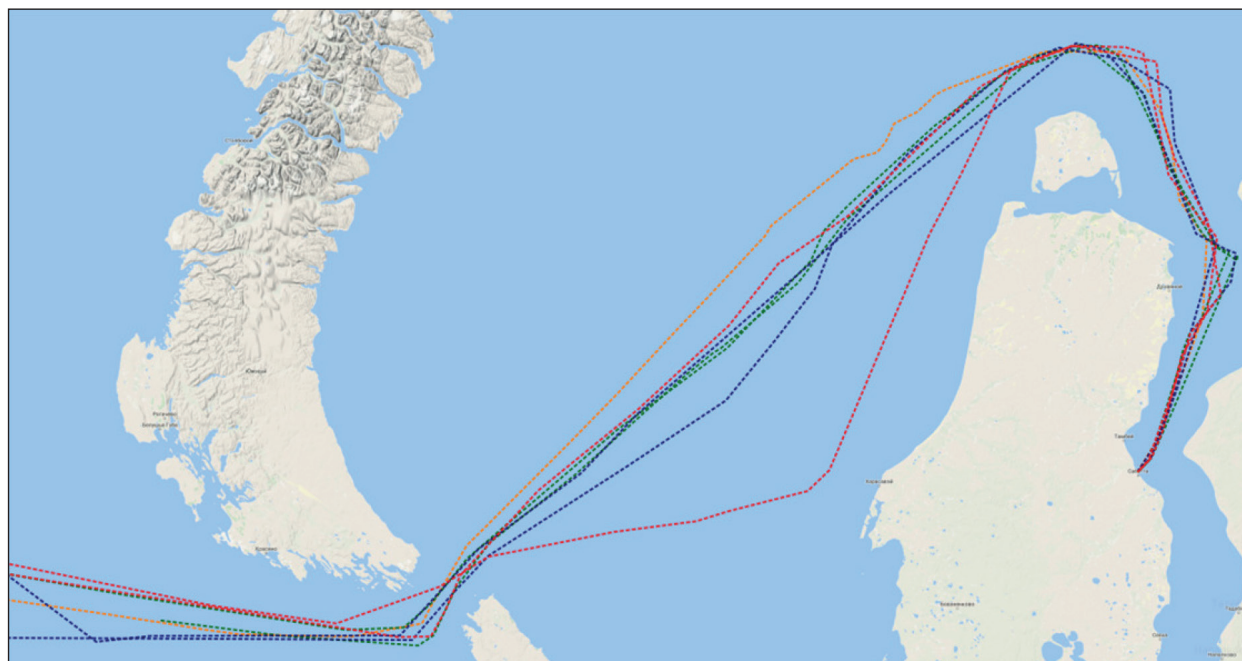


Рис. 3. Линии пути танкеров на участке маршрута Карские Ворота – Обская Губа (п. Сабетта) (февраль – март 2018 г.):

- «Борис Вилькицкий»;
- «Эдуард Толь»;
- «Федор Литке»;
- «Кристоф де Маржери»

В порт Сабетта танкеры шли без груза, имея осадку 10,3 – 11 м. На обратном пути, с грузом, они имели осадку 12 м. Средняя скорость на переходе Баренцево море – пролив Карские Ворота в обоих направлениях практически не зависела от наличия груза: скорость в балласте — 13,5 уз, с грузом — 13,2 уз.

Движение в Карском и Баренцевом морях каждый танкер выполнял по собственному маршруту. Параметры движения танкеров на маршруте Баренцево море – Обская Губа (п. Сабетта) иллюстрируются схемой, показанной на рис. 4. Направление движения судов показано стрелками, скорость соответствует цветовой палитре, которая была использована на рис. 2. В заливе Обская Губа на подходах к порту Сабетта средняя скорость танкеров составляла 9 уз. Пути движения всех судов на этом участке сливаются практически в одну линию. На выходе из Обской Губы скорость судов увеличивалась до 10 – 11 уз. Линии пути всех танкеров слегка расходятся. В точке, расположенной к северу от полуострова Ямал, все пути сходятся в одну точку. На переходе от Обской Губы до пролива Карские Ворота скорость судов менялась от 6,9 до 16 уз. Максимальную скорость, равную 16 уз, имел танкер «Федор Литке», находясь на траверсе поселка Харасавэй, расположенного на западном берегу полуострова Ямал. Линии пути танкеров на этом участке друг от друга расходятся на значительное расстояние, захватывая обширную часть акватории Карского моря.

Линии пути движения танкеров сходятся узкую полосу при входе в пролив Карские Ворота со стороны Карского моря. В проливе Карские Ворота скорость судов находилась в диапазоне от 10,9 до 14,3 уз. При выходе из пролива Карские Ворота в Баренцево море скорость танкеров увеличивалась до 18 – 19 уз. Линии пути танкеров в Баренцевом море расходятся в зависимости от пункта назначения.

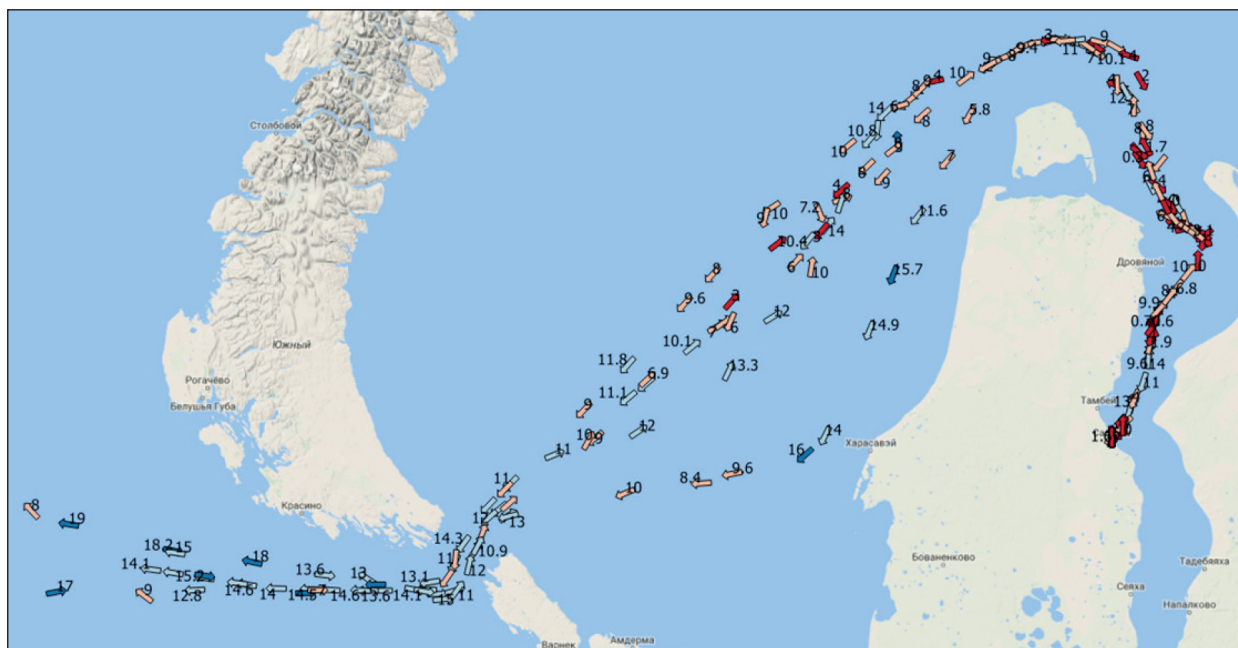


Рис. 4. Скорость и направление движения танкеров на маршруте Карские Ворота — Обская Губа (п. Сабетта)

Обсуждение (Discussion)

Опыт использования ГИС для мониторинга местоположения и скорости движения судов на различных участках акватории СМП показал, что информационная система позволяет с высокой точностью и оперативностью получать необходимую информацию. В результате сравнения полученных результатов с методикой в работе [16] была подтверждена возможность качественного и количественного описания транспортных процессов в Арктике с использованием геоинформационных систем.

Рейсы, выполненные новыми СПГ-танкерами в период с ноября 2017 г. по март 2018 г., позволили получить фактическое подтверждение целесообразности использования крупнотоннажных танкеров для работы на трассах СМП в режиме продленной навигации в период ноябрь-январь. Средняя скорость СПГ-танкеров при самостоятельном плавании в ледовых условиях начала

зимней навигации 2018 г. оставляла 9 уз, что соответствует менее 50 % от уровня максимальной скорости танкеров данного проекта. Анализ скоростных режимов движения танкеров показал отсутствие явной зависимости изменения скорости от наличия или отсутствия груза, аналогичная ситуация относится и к осадке танкера.

Глубины и гидрографическая изученность рельефа дна Карского моря обеспечили безопасное плавание танкеров в широкой полосе движения, расположенной в центральной части акватории между проливом Карские Ворота и полуостровом Ямал. Глубины и гидрографическая изученность рельефа на участке маршрута между портом Сабетта и точкой, расположенной к северу от полуострова Ямал, где все линии пути движения танкеров сливаются практически в одну линию, не позволяют судам отклоняться от этой линии на значительное расстояние.

Выводы (Summary)

1. Получены уникальные данные о скоростных режимах движения первых судов из новой серии СПГ-танкеров, выполнивших первые рейсы регулярных транзитных маршрутов и маршрутов экспорта природного сжиженного газа из акватории Обской Губы, что в ближайшие годы станет одной из тенденций развития СМП.

2. Данные о маршрутах СПГ-танкеров были оформлены в отдельные слои ГИС СМП и будут положены в основу статистического ряда будущих наблюдений, относящихся к параметрам самостоятельного плавания судов в ледовых условиях круглогодичной навигации, а также плавания судов под проводкой ледоколов.

3. В дальнейшем планируется проводить регулярный сбор статистических данных для всех групп судов, которые будут выполнять плавание в акватории СМП в различные периоды навигации. Представленные данные могут быть использованы для выработки рекомендаций по совершенствованию организации судоходства в арктических морях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.
2. Справка о Комплексном проекте развития Северного морского пути до 2030 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://government.ru/orders/selection/405/18405/> (дата обращения: 14.03.2018).
3. Олерский В. Комплексный проект развития Северного морского пути / В. Олерский // Транспортная стратегия – XXI век. — 2015. — № 29 (2). — С. 8–9.
4. Официальный сайт Администрации Северного морского пути [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.nsrf.ru/glavnaya/novosti/n19.html> (дата обращения: 26.02.2018).
5. 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.
6. Афонин А. Б. Разработка методов оценки проходных глубин на трассах Северного морского пути в зависимости от подробности съёмки рельефа дна / А. Б. Афонин, Е. О. Ольховик, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 4 (38). — С. 62–68. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-62-68.
7. Afonin A. Methods development for assessing sea depth on the northern sea route depending on the recording of hydrographical relief details / A. Afonin, A. Tezиков, E. Olhovich // Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, POAC. — 2017.
8. Программа для ЭВМ № 2016618040. Расчет предельной осадки судна на трассах Северного морского пути с учётом гидрографической изученности / А. Л. Тезиков, А. Б. Афонин, Е. О. Ольховик; зарегистрирована в ФИПС 20.07.2016.
9. Афонин А. Б. Концепция развития судоходных трасс акватории Северного морского пути / А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 1. — С. 81–87. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-1-81-87.

10. Eleftherios T. I. An Interactive Multiobjective Model for the Strategic Maritime Transportation of Petroleum Products: Risk Analysis and Routing / T. I. Eleftherios // *Safety Science*. — 2001. — Vol. 39. — Is. 1-2. — Pp. 19–29. DOI: 10.1016/S0925-7535(01)00022-4.

11. Миронов Е. У. Модели и методы расчета и прогноза ледовых и океанографических условий в арктических морях / Е. У. Миронов, И. М. Ашик, В. И. Дымов [и др.] // *Проблемы Арктики и Антарктики*. — 2010. — № 2 (85). — С. 16–28.

12. Думанская И. О. Ледовые условия морей европейской части России / И. О. Думанская. — М.; Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2014. — 605 с.

13. Афонин А. Б. Исследование факторов, влияющих на навигационную аварийность в условиях мелководья / А. Б. Афонин, И. Ю. Королев, А. Л. Тезиков // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2017. — Т. 9. — № 4. — С. 735–743. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-8-4-735-743.

14. 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.

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. Eguíluz V. M. A quantitative assessment of Arctic shipping in 2010–2014 / V. M. Eguíluz, J. Fernández-Gracia, X. Irigoien, C. M. Duarte // *Scientific reports*. — 2016. — Vol. 6. — Pp. 30682. DOI: 10.1038/srep30682.

REFERENCES

1. Transportnaya strategiya RF na period do 2030 goda. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 22 noyabrya 2008 g. № 1734-r.

2. Spravka o Kompleksnom proekte razvitiya Severnogo morskogo puti do 2030 goda. Web. 14 March 2018 <<http://government.ru/orders/selection/405/18405/>>.

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

4. Federal State Budgetary Institution The Northern Sea Route Administration. Web. 26 Feb. 2018 <<http://www.nsra.ru/en/glavnaya/novosti/n19.html>>.

5. 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.

6. Afonin, Andrej Borisovich, Evgenij Olegovich Ol'hovik, and Aleksandr L'vovich Tezikov. “Development of the assessment methods of anadromous depths on the Northern sea route depending on the detail of survey of the bottom relief.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(38) (2016): 62–68. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-62-68.

7. Afonin, A., A. Tezikov, and E. Olhovik. “Methods development for assessing sea depth on the northern sea route depending on the recording of hydrographical relief details.” *Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, POAC*. 2017.

8. Tezikov, A.L., A. B. Afonin, and E.O. Ol'khovik. Computer program № 2016618040. Raschet predel'noi osadki sudna na trassakh Severnogo morskogo puti s uchetom gidrograficheskoi izuchennosti. Registered 20 July 2016.

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

10. Eleftherios, T.Iakovou. “An Interactive Multiobjective Model for the Strategic Maritime Transportation of Petroleum Products: Risk Analysis and Routing.” *Safety Science* 39.1-2 (2001): 19–29. DOI: 10.1016/S0925-7535(01)00022-4.

11. 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.

12. Dumanskaya, I.O. *Ledovye usloviya morei evropeiskoi chasti Rossii*. M.; Obninsk: IG-SOTsIN, 2014.

13. Afonin, Andrej B., Ivan Ju. Korolev, and Aleksandr L. Tezikov. "A study of the factors influencing navigational accidents in shallow water." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.4 (2017): 735–743. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-8-4-735-743.

14. Sazonov, Cyril E., and Alexander V. Ryzhkov. "Shallow water impact on ice performance of the ships." *Mir transporta* 11.4(48) (2013): 40–47.

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. Eguíluz, Victor M., Juan Fernández-Gracia, Xabier Irigoien, and Carlos M. Duarte. "A quantitative assessment of Arctic shipping in 2010–2014." *Scientific reports* 6 (2016): 30682. DOI: 10.1038/srep30682.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

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

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ol'khovik, 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

Статья поступила в редакцию 15 марта 2018 г.

Received: March 15, 2018.