

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-486-496

RESEARCH THE EFFECT OF SHALLOW WATER ON THE CHANGE OF VESSELS SPEED AT NORTHERN SEA ROUTE

E. O. Ol'khovikAdmiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

Perennial navigation in western part of the Northern Sea Route is actively developing due to the use of large-capacity tankers with high ice class Arc7, which has a draft of 10-12 m. Tankers carry out the export of liquefied natural gas from the port of Sabetta and oil from the Novyi Port. Traditional routes in the Kara Sea suggest that White Island should be bypassed from the north side, where there are navigational hazards in the form of shallow depths, which reduce the ship's shunting qualities. The existing literary data on the reduction of the speed of Arctic vessels in shallow water refer to a single calculation vessel, under certain conditions, when, in practice, a constrained sediment, as a navigational hazard, affects the entire transport stream, i.e. on a group of ships. The purpose of this work is to study and compare the actual data on the change in the speed of vessels in shallow water when moving in the composition of the existing traffic flow, since the speed of the vessel is the main factor determining safety on the one hand and commercial attractiveness on the other hand. To carry out the research, a geoinformation system was used, which allows forming various information layers and comparing them. For the area of the water area of the Northern Sea Route, to the north of the White Island, separate layers were created with the coordinates of the location of the vessels, their speed, course and precipitation (in ballast and cargo state). Data were divided into separate arrays for the navigation period (in summer — 4 months from July to October, in winter — 8 months from November to June and December) and depending on the ice class of the vessel. In total, more than 2000 positions of vessels for the period of 2013-17 were selected for analysis. It has been found that ships with maximum draft of 12 m and ice class Arc7 have the greatest reduction in speed during the summer season of 10 %, in ice conditions such decrease is insignificant, due to the fact that the greatest impact on the vessel render ice field. For vessels with an ice class Arc4,5 reduction rate is practically independent of the navigation period, because pure water vessel with a draft of up to 8 meters has enough depth, while for winter navigation conditions the vessel moves in icebreaking and the maximum speed determined by the speed of the icebreaker.

Keywords: Northern Sea Route, shallow water, constrained navigation, maritime traffic flows, geoinformation system, ship speed.

For citation:

Ol'khovik, Evgeniy O. "Research the effect of shallow water on the change of vessels speed at Northern Sea Route." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.3 (2018): 486–496. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-486-496.

УДК 528.47

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЛКОВОДЬЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ СУДОВ В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

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

Круглогодичное судоходство в западной части Северного морского пути активно развивается за счет использования крупнотоннажных танкеров высокого ледового класса Arc7 с осадкой в 10 – 12 м. Танкеры осуществляют вывоз сжиженного природного газа из порта Сабетта и нефти из Нового порта. Традиционные маршруты в Карском море предполагают обход острова Белый с северной стороны, где имеются навигационные опасности в виде малых глубин, которые снижают маневренные качества

судна. Существующие данные по снижению скорости арктических судов на мелководье относятся к одиночному расчетному судну при известных условиях, тогда как на практике стесненная осадка, такая как навигационная опасность, оказывает влияние на весь транспортный поток, т. е. на группу судов. Целью данной работы является исследование и сравнение фактических данных по изменению скорости судов на мелководье при движении в составе сложившегося транспортного потока, поскольку скорость движения судна является основным фактором, определяющим безопасность, с одной стороны, и коммерческую привлекательность — с другой. Для проведения исследований использовалась геоинформационная система, позволяющая формировать различные информационные слои и проводить их сравнение. Для участка акватории Северного морского пути, который находится севернее острова Белый, были сформированы отдельные слои с данными о координатах местоположения судов, их скорости, курса и осадки (в балласте и грузовом состоянии). Данные были разделены на отдельные массивы по периоду навигации (летняя — четыре месяца с июля по октябрь, зимняя — восемь месяцев с ноября по июнь и декабрь) и в зависимости от ледового класса судна. Всего для анализа было отобрано более чем 2000 позиций судов за период 2013 – 2017 гг.

Было установлено, что суда с максимальной осадкой 12 м и ледовым классом Arc7 имеют наибольшее снижение скорости в период летней навигации в размере 10 %, в ледовых условиях такое снижение несущественно, по причине того, что наибольшее влияние на судно оказывают ледовые поля. Для судов с ледовым классом Arc4,5 снижение скорости практически не зависит от периода навигации, поскольку на чистой воде судно с осадкой до 8 м имеет достаточный запас глубин, а при зимней навигации судно движется в условиях ледокольной проводки и максимальная скорость определяется скоростью ледокола.

Ключевые слова: Северный морской путь, мелководье, стесненная навигация, морские транспортные потоки, геоинформационная система, скорость движения судна.

Для цитирования:

Ольховик Е. О. Исследование влияния мелководья на изменение скоростных режимов судов в акватории Северного морского пути / Е. О. Ольховик // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 3. — С. 486–496. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-486-496.

Введение (Introduction)

Успешное освоение Арктической зоны Российской Федерации во многом зависит от реализации проектов на континентальном шельфе [1] и в прибрежной зоне. Организация транспортных процессов на Северном морском пути (СМП) и в шельфовой зоне осуществляется на 30 – 50 % в условиях мелководных участков трасс в период летней навигации и до 80 % в период зимней навигации [2]. Круглогодичное судоходство осуществляется в западной зоне СМП (юго-западная часть Карского моря) за счет вывоза углеводородов из Обской губы и грузоперевозок в порт Дудинка. При этом многолетний опыт навигации выявил основные варианты маршрутов, которые имеют достаточное гидрографическое обеспечение и прогнозируемую ледовую обстановку в зависимости от сезона.

Стандартной трассой для крупнотоннажных судов является маршрут пролив Карские ворота – остров Белый – залив Обская губа (Енисейский залив), для судов с низким ледовым классом (Arc4) используется маршрут мыс Желания – остров Белый – залив Обская губа (Енисейский залив). При выборе любой из стандартных судоходных трасс маршрут проходит на расстоянии в несколько десятков миль от северного побережья острова Белый, где находится мелководье с глубинами от 11 до 30 м. Лоция Карского моря (Л.: ГО УМС РККА и ГУ Главсевморпути при СНК СССР, 1935 – 1936 (картотип ГО УМС РККА)) достаточно подробно описывает большинство навигационных опасностей. Согласно руководству [3], следует остерегаться «банок» с глубинами 11 – 12 м, лежащих к NNW от острова Белый, они особенно опасны при сильном волнении со стороны чистого ото льда моря при ветре от N и W вследствие крупной и крутой волны на мелководье. МППСС-72 рассматривает мелководье («стесненную осадку») как фактор, значительно снижающий маневренные качества судна, такие как поворотливость судна, длина тормозного пути и снижение мощности главного двигателя. В работах [4], [5] рассмотрены вопросы оптимизации главных размерений танкеров, отмечено, что условия мелководья оказывают влияние на скоростные режимы движения танкера и его эффективность.

Исследования проф. А. Д. Гофмана, выполненные в ЛИВТ (ныне ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»), показали, что ухудшение поворотливости на мелководье носит закономерный характер из-за изменения гидродинамического взаимодействия судна с водой при малых глубинах. В работе [6] авторы провели анализ аварийных случаев с крупнотоннажными судами (длиной до 300 м) на мелководье, выявив кратное увеличение радиуса циркуляции и снижение относительной скорости поворота на мелководье по сравнению с радиусом циркуляции на глубокой воде.

В работах [2], [7] – [9] ФГУП «Крыловский государственный научный центр» отдельно рассмотрены вопросы влияния мелководья на ледовую ходкость и управляемость судов, при этом большинство выводов было сделано либо на основе модельных испытаний в ледовом бассейне, либо по результатам испытаний отдельных судов и ледоколов. Фактических данных об изменении скорости движения судов в Карском море на малых глубинах не приводится.

В серии работ [10], [11] авторы предложили гибридную модель для учета влияния ледовой обстановки на скорость транзитного перехода СМП, при этом в качестве расчетного судна взяли аналог РанаМах с ледовым усилением Arc7, осадкой в 14 м и скоростью 14 уз. Такой подход является классическим, но имеет недостатки, поскольку на практике всегда существует взаимодействие группы судов в акватории, одиночное расчетное судно — это, скорее, идеальные условия. Также в расчетную модель не были заложены такие навигационные опасности, как мелководье.

Целью настоящей работы является исследование фактических данных о скоростных режимах грузовых судов севернее острова Белый при их движении по стандартным трассам в западной части СМП. Предметом исследования является влияние малых глубин как навигационных опасностей на морские транспортные потоки. Объектами исследования служат крупнотоннажные суда ледового класса (Arc7, Arc4,5).

Данная статья является продолжением цикла исследований, посвященных созданию и разработке геоинформационной системы (ГИС) СМП в ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова для анализа морских транспортных потоков. Результаты исследования будут полезны для уточнения возможной коммерческой скорости судов ледового класса при проектировании и развитии новых грузопотоков в акватории СМП.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Для выполнения исследования был выбран участок акватории севернее острова Белый, ограниченный пространством между 69°Е, 72°Е долготой и 72°N, 75°N широтой. Согласно Лоции и морским картам, на этом участке присутствуют глубины от 10 до 20 м. Исследуемый участок был оформлен в виде отдельного слоя ГИС.

Данный участок акватории Карского моря используют для прохода до 95 % судов, находящихся в акватории СМП. Основными направлениями движения, которые проходят суда через этот участок, являются: Обская губа (порт Сабетта, Новый порт, мыс Каменный и др.), Енисейский залив, Восточная часть СМП (через пролив Вилькицкого). Движение судов по этим маршрутам осуществляется круглогодично, со входом в акваторию СМП через пролив Карские ворота и мыс Желания. В период летней навигации отдельные суда обходят этот участок по маршруту мыс Желания – пролив Вилькицкого, однако для такого перехода требуется высокий ледовый класс судна или проводка ледокола, поскольку северная часть Карского моря круглогодично покрыта льдом.

Для сбора информации были использованы данные с АИС и Администрации СМП о координатах местоположения судов, их скорости, курса и осадки (в балласте и грузовом состоянии). Данные были разделены на отдельные массивы по периоду навигации (летняя — четыре месяца с июля по октябрь, зимняя — восемь месяцев с ноября по июнь).

Методика отбора данных для исследований скоростных режимов включала два этапа. На первом этапе были сформированы отдельные группы судов в зависимости от их ледового

класса, всего было выделено три группы: суда с классом Arc7, суда с классом Arc4,5 и остальные суда (только грузовые). К судам *первой группы* были отнесены танкеры YamalMax проекта Ямал-СПГ, нефтеналивные танкеры, обслуживающие Новопортовское месторождение-терминал Ворота Арктики, суда ГМК «Норильский никель», все они имеют разрешения на круглогодичное навигацию, их осадка составляет от 8 до 12 м. Во *вторую группу* вошли суда, осуществляющие перевозку генеральных грузов и имеющие ограничения по районам и сезону плавания, их осадка составляет от 6 до 8,5 м. *Третья группа* — это грузовой флот, осуществляющий плавание только в период летней навигации (были отобраны суда с осадкой более 4,5 м). Для исследования скоростных режимов все данные вводились в ГИС в виде отдельных информационных слоев, количество судов по группам и их распределение более подробно было представлено нами в работе [12].

На втором этапе были определены средние скорости всех групп судов при входе(выходе) в акваторию СМП на безопасных(больших) глубинах, это участки прохода через пролив Карские ворота, мыс Желания, Обская губа и Енисейский залив. Эти данные необходимы для последующего сравнения со скоростями движения судов на мелководье. Исследуемые скорости были оформлены в виде отдельных ГИС-слоев, при этом дополнительно были разделены по признаку «летняя» и «зимняя» навигация, средние значения скоростей групп судов приведены в следующей таблице:

Средняя скорость групп исследуемых судов на безопасных глубинах при входе / выходе в акваторию СМП)

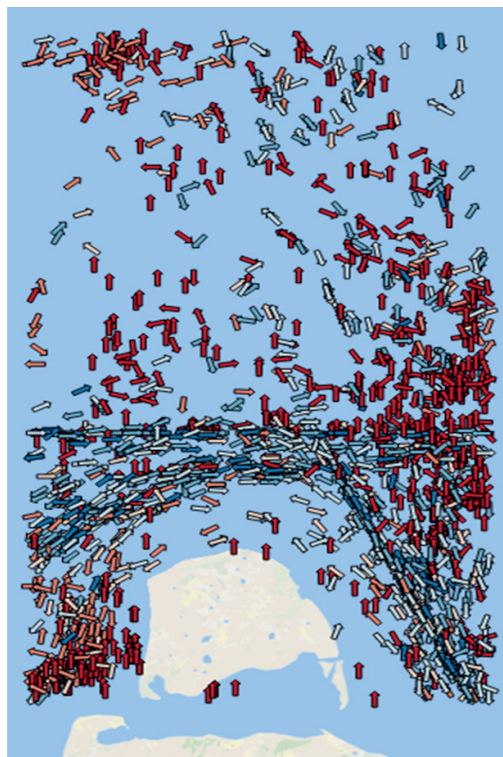
№ п/п.	Группа судов	Средняя скорость, уз (летняя навигация)	Средняя скорость, уз (зимняя навигация)
1	Суда* ледового класса Arc 7	12 – 14	9,5 – 11,5
2	Суда** ледового класса Arc 4,5	11 – 3	9 – 11 (под ледакольной проводкой)
3	Прочие суда (без ЛУ)	8 – 10	–

*Использовались данные о скорости следующих судов: CHRIS. DE MARGERIE (IMO 9737187), FEDOR LITKE (IMO 9768370), BORIS VILKITSKY (IMO 9768368), EDUARD TOLL (IMO 9750696), VLADIMIR RUSANOV (IMO 9750701), SHTURMAN SHCHERBININ (IMO 9759927), SHTURMAN OVTSYN (IMO 9752101), SHTURMAN MALYGIN (IMO 9752096), SHTURMAN ALBANOV (IMO 9752084), SHTURMAN KOSHELEV (IMO 9759939), SHTURMAN SKURATOV (IMO 9759915), MONCHEGORSK (IMO 9404015), TALNAKH (IMO 9404039), NORILSKIY NICKEL (IMO 9330836), NADEZHDA (IMO 9404041) и др.

**Использовались данные о скорости следующих судов: POLAR KING (IMO 8711320), ICE EAGLE (IMO 9171175), ICE CONDOR (IMO 9171187), ARCTICA-1 (IMO 9228980), ARCTICA-2 (IMO 9243801), IOHANN MAHMASTAL (IMO 8603406), INDIGA (IMO 7421942), Иван Рябов (IMO 7942348) и др.

Для исследования было отобрано порядка 2500 позиций судов в заданном районе — севернее острова Белый за период с 2013 по 2018 гг. Весь массив данных был введен в ГИС СМП, скорости судов были ранжированы в соответствии с цветовой легендой на рис. 1, направление стрелок на схеме соответствовало зафиксированному курсу движения судна.

Полный массив данных (см. рис. 1) сложно поддается анализу ввиду их большого количества, разнородности судов, периода навигации. Визуально можно выделить только отдельные локальные участки стоянки судов, где скорость равна нулю, на остальных участках диапазон скоростей различается во всем диапазоне. Выявить какие-либо отдельные маршруты с высокой или низкой скоростью на мелководье не представляется возможным. Также необходимо учитывать наличие льда, который оказывает существенное влияние на скорость. Для этого все данные были разделены по сезонам навигация (цветовая легенда соответствует рис. 1): рис. 2, а — летняя навигация, рис. 2, б — зимняя.



0 – 2,5	2,5 – 5,0	5,0 – 7,5
7,5 – 10,0	10,0 – 12,5	12,5 – 15,0

Рис. 1. Сформированный набор данных: положений судов, их узловых скоростей и направлений движения

а)

б)

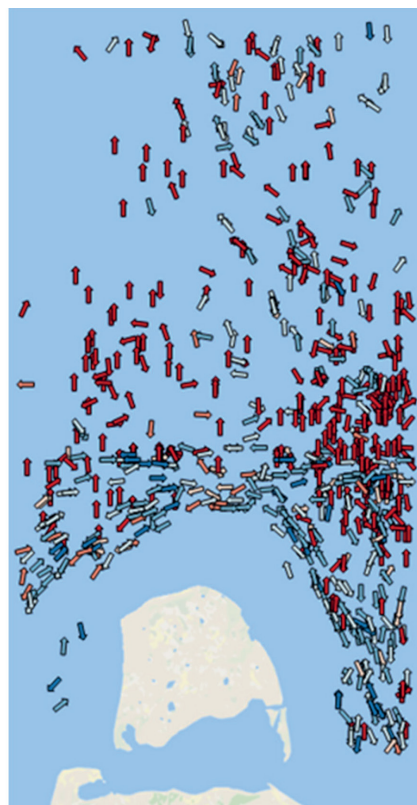
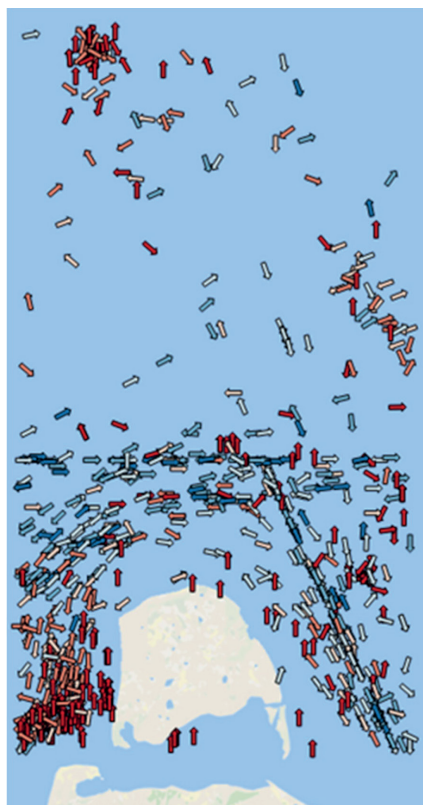


Рис. 2. Распределение скорости судов в зависимости от периода навигации:
а — летняя навигация; б — зимняя навигация

Результаты (Results)

Полученные исходные данные: рис. 1 и 2 и данные таблицы, на последующих этапах подвергались более детальному анализу в зависимости от ледового класса судна, его осадки и периода навигации (летняя, зимняя). Анализируя плотность расположения судов на рис. 2, было выявлено, что в период зимней навигации расположение судов менее плотное и количество судов с минимальной скоростью (стоянка, дрейф или ожидание ледокола) увеличено по сравнению с летней навигацией, что объясняется следующими факторами:

- движением части судов вторым потоком со стороны мыса Желания;
- выбором маршрута судна с более легкими ледовыми условиями;
- ожиданием судном ледокола на расстоянии от рекомендованных маршрутов;
- ожиданием улучшения ледовой обстановки;
- проводкой групп судов ледоколами.

Рассматривая изменение скорости всех групп судов в пределах одного месяца года на выбранном участке мелководья по сравнению со скоростями движения на безопасной глубине (см. таблицу), было выявлено, что снижение скорости составляет до 17,5 % в период летней навигации и до 12,5 % в период зимней навигации, причем эта разница постепенно сокращается. Так, если в 2013 г. скорость на мелководье в среднем снижалась на 20 %, то уже по данным зимней навигации 2017 – 2018 гг. это снижение наблюдалось в пределах 9,5 %. Возможно, это связано с существенным накоплением опыта судоводителей, более легкими ледовыми условиями и появлением новых крупнотоннажных судов класса YamalMax, скорость которых в ледовых условиях существенно выше.

При последующих итерациях расчеты были отдельно выполнены для групп судов с ледовым классом Arc7 — рис. 3 и Arc4,5 — рис. 4. При этом средняя скорость судов Arc7 в зимнюю навигацию составила 10,0 уз (средние данные по 148 позициям — рис. 3, б), средняя скорость судов Arc7 в летнюю навигацию — 11,6 уз (средние данные по 67 позициям — см. рис. 3, а), средняя скорость судов Arc4,5 в зимнюю навигацию — 9,6 уз (средние данные по 132 позициям — см. рис. 4, б), средняя скорость судов Arc4,5 в летнюю навигацию — 11,2 уз (средние данные по 96 позициям — рис. 4, а).

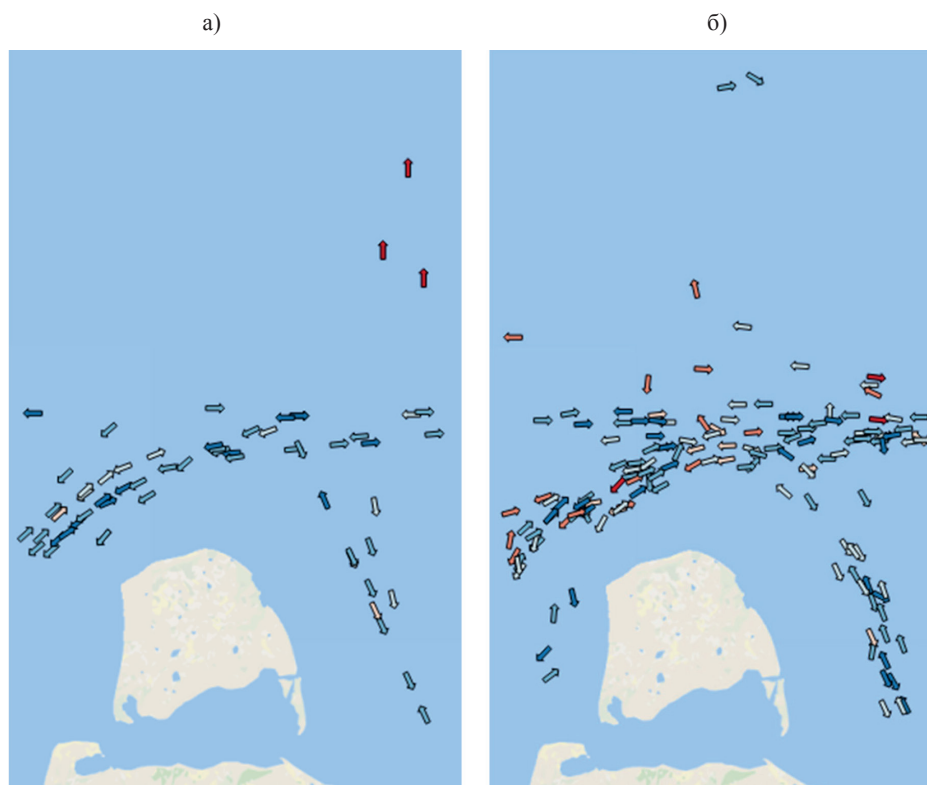


Рис. 3. Распределение скорости судов ледового класса Arc7 с осадкой 9,5 – 12 м в зависимости от периода навигации: а — летняя навигация; б — зимняя навигация

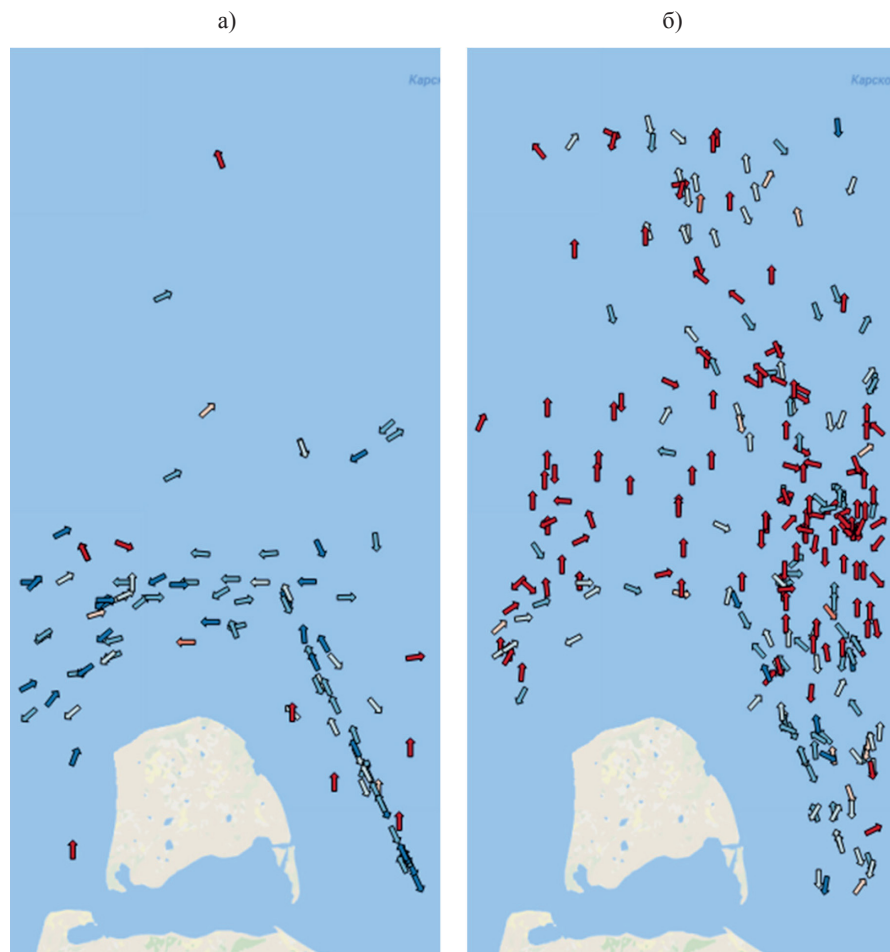


Рис. 4. Распределение скорости судов ледового класса Arc4,5 с осадкой от 5 до 8,5 м в зависимости от периода навигации:
а — летняя навигация; б — зимняя навигация

Отдельно были выделены маршруты движения пролив Карские Ворота – Обская губа. На рис. 5 показано изменение скорости при обходе о. Белый для всех групп грузовых судов с разделением на летнюю и зимнюю навигацию за период 2013 – 2017 гг.

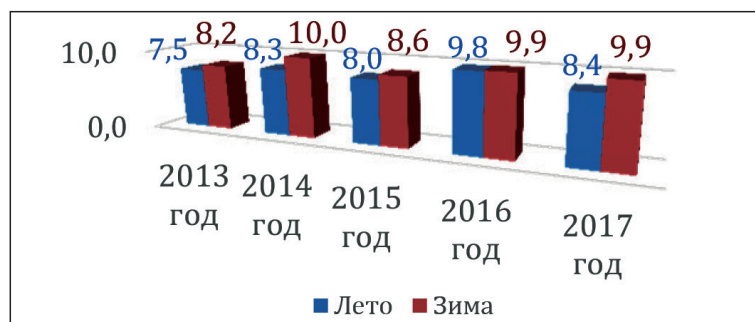


Рис. 5. Средние скорости при переходе из Карского моря в район пролива Обская губа (обход острова Белый) в 2013 – 2017 гг.

Обсуждение (Discussion)

Следует отметить, что начиная с 2012 г. количество крупнотоннажных судов ледового класса Arc7 с осадкой более 10 м увеличилось в два раза (с 12 судов в 2012 г. до 24 в 2018 г.) и будет ра-

сти в ближайшие годы, в соответствии с прогнозом, до 40 судов после 2020 г. В 2017 г. в акватории СМП использовалось примерно 100 судов с ледовым классом Arc4,5 и, скорее всего, их количество не будет увеличиваться нарастающим темпом, поскольку в основной массе это суда для перевозки генеральных грузов, объем которых резко не изменяется из года в год.

Поскольку период зимней навигации составляет большую часть года, снижение скорости на мелководье необходимо рассматривать совместно с ледовыми условиями плавания, где само понятие «ледовая скорость» имеет неоднозначную трактовку [13] и зависит как от конструктивных особенностей движительной установки [13], [14], так и от большого количества других факторов.

В период зимней навигации плотность судов в акватории СМП более разреженная, поскольку по направлению залива Обская губа – Енисейский залив суда движутся в два потока, первый — через пролив Карские ворота, второй — через мыс Желания.

Для судов класса Arc7, имеющих наибольшую осадку, маршруты движения севернее острова Белый достаточно плотные (см. рис. 3) и не имеют сильной зависимости от периода навигации. Появление в 2017 – 2018 гг. пять судов проекта Ямал-СПГ, имеющих возможность самостоятельного движения во льду толщиной 2,1 м, резко увеличивает среднюю скорость движения, при паспортной скорости в 19,5 уз они свободно движутся на мелководье в условиях льда со скоростью в 10 – 12 уз.

Для судов ледового класса Arc4,5 ситуация кардинально меняется, в летний период их небольшая осадка (до 8 м) позволяет достаточно уверенно двигаться на мелководье с небольшим снижением скорости, поскольку имеется запас глубин. В период зимней навигации такие суда идут в сопровождении ледокола, их плотность значительно разряжается по сравнению с летним периодом, а скорость во многом зависит от скорости ледокола, которая заведомо выше. Это подтверждается результатами исследования [15], где авторы приводят набор фактических данных по скоростям ледокольных проводок судов с осадкой до 8 м, в том числе и в стесненных условиях. Явное снижение скорости судов ледового класса Arc4,5 происходит севернее 75°N широты, где расположена зона наибольшего распространения айсбергов, столкновение с которыми на большой скорости весьма опасно.

Сопоставляя полученные результаты с данными работы [16], где авторы предложили систему для оценки рисков плавания в полярных водах можно сделать вывод о том, что суда класса Arc4,5 вынуждены в тяжелых ледовых условиях использовать практически всю мощность судовой энергетической установки, при этом снижение скорости на мелководье не будет являться более важной задачей по сравнению с преодолением ледовых полей. Для судов класса Arc7 риски, связанные с мелководьем, будут, наоборот, более существенными по сравнению с ледовыми условиями.

Сравнение результатов гибридного моделирования [10], [11] с фактическими данными прохода нескольких судов класса YamalMax [17] в период зимней навигации 2017 – 2018 гг. и имеющих осадку в 12 м показало, что расхождение результатов моделирования и фактических данных составляет более 1,5 сут и его основной причиной является снижение скорости в районе мелководья Новосибирских островов, на остальных участках модельный и скоростной режимы совпадали.

Отдельные локальные участки севернее о. Белый крупнотоннажные суда с осадкой до 12 м, очевидно, избегают при выборе прохода. Данное обстоятельство может быть связано с наличием «опасных изобат» и сложного рельефа дна, что совпадает с работой [18].

Выводы (Summary)

1. В данной работе для исследования скоростных режимов судов в условиях стесненной осадки (мелководья) впервые был использован новый подход, который заключался в анализе движения группы судов — морского транспортного потока, тогда как в большинстве известных работ использовалось только одно расчетное судно.

2. Исследование более чем 2000 позиций судов за период 2013 – 2017 гг. показало, что снижение скорости на мелководье в среднем составляет 10 – 20 %, при этом суда с максимальной осадкой 12 м и ледовым классом Arc7 имеют наибольшее снижение скорости в период летней навигации, в ледовых условиях такое снижение несущественно по причине того, что наибольшее силовое влияние на судно оказывают преодолеваемые ледовые поля.

3. Для судов с ледовым классом Arc4,5 снижение скорости практически не зависит от периода навигации, поскольку на чистой воде судно с осадкой до 7 – 8 м имеет достаточный запас глубин, а при зимней навигации оно движется в условиях ледокольной проводки и максимальная скорость определяется скоростью ледокола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. Утв. 20.02.2013 г. (с изм. и доп.).
2. 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.
3. Руководство для сквозного плавания судов по Северному морскому пути. — СПб: Изд-во ГУНИО МО РФ, 1995. — 415 с.
4. Кочнев Ю. А. Оптимизация элементов танкера на ранней стадии проектирования / Ю. А. Кочнев // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. — 2010. — № 4 (83). — С. 166–173.
5. Роннов Е. П. Обоснование основных характеристик архитектурно-конструктивного типа нефтеналивного судна / Е. П. Роннов, Ю. А. Кочнев // Речной транспорт (XXI век). — 2014. — № 5 (70). — С. 30–32.
6. Богомья В. И. Анализ некоторых эксплуатационных свойств современных крупнотоннажных судов, методов и систем их обеспечения при плавании в стесненных условиях / В. И. Богомья, В. С. Давыдов, Р. В. Кожухаренко // Водный транспорт. — 2014. — № 3 (21). — С. 23–31.
7. Сазонов К. Е. Ледовая управляемость судов / К. Е. Сазонов. — СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2006. — 252 с.
8. Апполонов Е. М. Исследование ледовой ходкости ледокола «Санкт-Петербург» в Карском море / Е. М. Апполонов [и др.] // Судостроение. — 2011. — № 4. — С. 9–12.
9. Сазонов К. Е. Ледовая ходкость крупнотоннажных судов / К. Е. Сазонов, А. А. Добродеев. — СПб.: Крыловский государственный научный центр, 2017. — 122 с.
10. Matsuzawa T. NSR Transit Simulations by the Vessel Performance Simulator “Vesta” Part 1 Speed Reduction and Fuel Oil Consumption in the Summer Transit Along NSR / T. Matsuzawa, N. Sogihara, M. Tsujimoto, S. Uto // Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering Under Arctic Conditions. — 2015.
11. Uto S. NSR Transit Simulations by the Vessel Performance Simulator “VESTA” Part 2 Simple Resistance Formulae of Ships in Floe Ice / S. Uto, H. Shimoda, D. Wako, T. Matsuzawa // Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering Under Arctic Conditions. — 2015.
12. 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.
13. Шацбергер Э. М. Классификационные документы, ледовый паспорт и ходкость судов, удовлетворяющие основным требованиям эффективности ледокольных проводок / Э. М. Шацбергер // Эксплуатация морского транспорта. — 2012. — № 2. — С. 32–37.
14. Андреев А. А. Использование конструктивных возможностей азиподов на танкерах усиленного ледового класса при плавании в Арктике / А. А. Андреев, М. Ю. Андреева // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 3 (31). — С. 1–14. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-1-14.
15. Goerlandt F. An analysis of ship escort and convoy operations in ice conditions / F. Goerlandt, J. Montewka, W. Zhang, P. Kujala // Safety science. — 2017. — Vol. 95. — Pp. 198–209. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.01.004.
16. Fu S. Towards a probabilistic model for predicting ship besetting in ice in Arctic waters / S. Fu, D. Zhang, J. Montewka, X. Yan, E. Zio // Reliability Engineering & System Safety. — 2016. — Vol. 155. — Pp. 124–136. DOI:

10.1016/j.ress.2016.06.010.

17. 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.

18. 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.

REFERENCES

1. Strategiya razvitiya Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii i obespecheniya natsional'noi bezopasnosti na period do 2020 goda.

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

3. *Rukovodstvo dlya skvoznogo plavaniya sudov po Severnomu morskому puti*. SPb: Izd. GUNIO MO RF, 1995.

4. Kochnev U.A. "Optimization elements of tanker on initial design stage." *Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva* 4(83) (2010): 166–173.

5. Ronnov, E.P., and Yu.A. Kochnev. "Obosnovanie osnovnykh kharakteristik arkhitekturno-konstruktivnogo tipa neftenalivnogo sudna." *Rechnoi transport (XXI vek)* 5(70) (2014): 30–32.

6. Bohomya, V., V. Davydov, and R. Kozhuharenko. "Analysis system properties of large vessels in critical conditions." *Vodnyi transport* 3(21) (2014): 23–31.

7. Sazonov, K.E. *Ledovaya upravlyaemost' sudov*. SPb.: TsNII im. akad. A. N. Krylova, 2006.

8. Appolonov, E.M., V.A. Belyashov, K.E. Sazonov, D.S. Skryabin, and E.V. Igoshin. "Investigation of ice performance of "SaintPetersburg" icebreaker in Kara sea." *Shipbuilding* 4 (2011): 9–12.

9. Sazonov, K.E., and A.A. Dobrodeev. *Ledovaya khodkost' krupnotonnazhnykh sudov*. SPb.: Krylovskii gosudarstvennyi nauchnyi tsentr, 2017.

10. Matsuzawa, T., N. Sogihara, M. Tsujimoto, and S. Uto. "NSR Transit Simulations by the Vessel Performance Simulator "Vesta" Part 1 Speed Reduction and Fuel Oil Consumption in the Summer Transit Along NSR." *Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering Under Arctic Conditions*. 2015.

11. Uto, S., H. Shimoda, D. Wako, and T. Matsuzawa. "NSR Transit Simulations by the Vessel Performance Simulator "VESTA" Part 2 Simple Resistance Formulae of Ships in Floe Ice." *Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering Under Arctic Conditions*. 2015.

12. 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.

13. Shatsberger, E.M. "Classification documents, ice passport and the ice capability of the vessels, which satisfy the basic requirements of the effectiveness of ice-breaker installations." *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 2 (2012): 32–37.

14. Andreev, A.A., and M.Yu. Andreeva. "Additional potential of the azipod for ice-classed tankers operating in the Arctic." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(31) (2015): 1–14. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-1-14.

15. Goerlandt, Floris, J. Montewka, W. Zhang, and P. Kujala. "An analysis of ship escort and convoy operations in ice conditions." *Safety science* 95 (2017): 198–209. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.01.004.

16. Fu, Shanshan, D. Zhang, J. Montewka, X. Yan, and E. Zio. "Towards a probabilistic model for predicting ship besetting in ice in Arctic waters." *Reliability Engineering & System Safety* 155 (2016): 124–136. DOI: 10.1016/j.ress.2016.06.010.

17. 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.

18. 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.

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 2 мая 2018 г.

Received: May 2, 2018.