

15. Cochrane, Norman A., Y. Li, and G. D. Melvin. "Quantification of a multibeam sonar for fisheries assessment applications." *The Journal of the Acoustical Society of America* 114.2 (2003): 745–758. DOI: 10.1121/1.1587151.
16. *Instruction Manual. EM Series Multibeam Echo Sounders. Datagram Formats*. Report No. 850-160692/N. — Kongsberg Maritime AS, 2010.
17. Hammerstad E. *EM Technical Note: Backscattering and Seabed Image Reflectivity*. Horten, Norway: Kongsberg Maritime AS, 2000.
18. Lyons, Anthony P., and Douglas A. Abraham. "Statistical characterization of high-frequency shallow-water seafloor backscatter." *The Journal of the Acoustical Society of America* 106.3 (1999): 1307–1315.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колосков Евгений Николаевич — аспирант.
Научный руководитель:
Фирсов Юрий Георгиевич —
кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
evgenklskv@mail.ru
Корнипаев Борис Александрович — аспирант.
Научный руководитель:
Фирсов Юрий Георгиевич —
кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
kornipaevboris@hotmail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Koloskov Evgeniy Nikolayevich — postgraduate.
Supervisor:
Firsov Jury Georgievich —
PhD, associate professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
evgenklskv@mail.ru
Kornipaev Boris Aleksandrovich — postgraduate.
Supervisor:
Firsov Jurij Georgievich —
PhD, associate professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
kornipaevboris@hotmail.ru

Статья поступила в редакцию 20 октября 2016 г.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-105-112
УДК 528.47

И. Ю. Королев

ОЦЕНКА ДОПУСТИМОГО ОТКЛОНЕНИЯ ПУТИ СУДНА ОТ ОБСЛЕДОВАННОЙ ПОЛОСЫ

Статья посвящена проблеме разработке количественных показателей и методик оценки безопасного плавания по высокоширотным трассам Северного морского пути (СМП). В ней рассмотрены навигационные особенности арктического мореплавания. Приведены сравнительные статистические данные об интенсивности судоходства в периоды летне-осенней и зимне-весенней навигации в восточном и западном секторах Арктики. Отмечены основные тенденции и перспективы СМП, связанные с увеличением интенсивности арктического судоходства и увеличением доли крупнотоннажных судов. Приведен обзор методов оценки вероятности навигационных аварий, связанных с недостаточной гидрографической изученностью рельефа дна. Отмечается, что в условиях мелководья и недостаточной изученности рельефа дна движение судов в акватории СМП организовано по рекомендованным маршрутам, а движение крупнотоннажных судов — по полосам, в пределах которых выполнено площадное обследование. Поставлен вопрос о допустимом отклонении пути судна от рекомендованной полосы движения. Перечислены условия, при которых решение этого вопроса приобретает важное практическое значение. Для оценки допустимого отклонения пути судна от обследованной полосы предложено использовать метод статистического прогнозирования временных трендов, адаптированный к задачам проектирования арктических водных путей с учетом геоморфологических особенностей шельфа арктических морей. В работе определены необходимые критерии и приведены основные расчетные формулы, позволяющие оценить величину допустимого отклонения пути судна вправо и влево от обследованной полосы в зависимости от её ширины, характера рельефа дна и уровня доверительной вероятности. Приведены основные

результаты анализа полученных формул. Дана общая оценка разработанного метода и определены направления его совершенствования.

Ключевые слова: Северный морской путь, площадное обследование, отклонение пути судна, минимальные глубины, доверительный интервал

Введение

В соответствии с Федеральным законом от 28 июля 2012 г. № 132-ФЗ [1, ст. 5.1] к акватории Северного морского пути (СМП) относится «...водное пространство, прилегающее к северному побережью Российской Федерации, охватывающее внутренние морские воды, территориальное море, прилежащую зону и исключительную экономическую зону Российской Федерации и ограниченное с востока линией разграничения морских пространств с Соединенными Штатами Америки и параллелью мыса Дежнева в Беринговом проливе, с запада меридианом мыса Желания до архипелага Новая Земля, восточной береговой линией архипелага Новая Земля и западными границами проливов Маточкин Шар, Карские Ворота, Югорский Шар». СМП проходит через Карское море, море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря, связанные проливами архипелагов Северная Земля и Новосибирские острова. Арктические моря в основном мелководны, что подтверждается данными, приведенными в работах [2], [3]. Мелководье и тяжёлые ледовые условия являются основными отличительными особенностями навигации в арктических морях.

В ближайшей перспективе в акватории СМП ожидается существенное увеличение интенсивности судоходства, в том числе крупнотоннажных судов с большой осадкой [4] – [7] в режиме круглогодичной навигации по всей трассе СМП. Такой рост в настоящее время отмечен в Карском море. По данным Администрации Северного морского пути [8] число судов, работавших в Карском море в 2015 г., увеличилось в летнюю навигацию на 24 %, в зимнюю — на 242 % по сравнению с 2013 г. При этом количество судов, получивших разрешение для работы в восточном секторе акватории СМП за тот же период в летнюю навигацию, сократилось в 2 раза, а в зимнюю навигацию увеличилось в 5 раз. В 2015 г. примерно 80 % всех судов, работающих на акватории СМП, находилось в Карском море.

Интенсивность судоходства в восточном секторе Арктики, к которому относятся моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское, в 3 – 4 раза ниже интенсивности судоходства в Карском море. Судоходство в зимне-весенний период здесь практически приостанавливается. В 2013 г. для работы в восточном секторе в зимний период разрешение получили шесть судов, в 2015 г. — 32 судна, в том числе шесть ледоколов. Среди этих судов в основном суда, имеющие осадку не более 6 м.

Арктические моря восточного сектора характеризуются сложными навигационными условиями как по глубинам, так и по ледовой обстановке. Очевидно, что в условиях мелководья увеличение осадки судов ведет к росту вероятности касания грунта и посадки на мель.

Объем статистических данных об авариях судов в акватории СМП не позволяет дать их апостериорную оценку. В таких случаях для оценки вероятности Международная морская организация (ИМО) рекомендует [9] использовать экспертные оценки, а также физические, аналитические модели и имитационное моделирование. Среди работ, посвященных оценке вероятности посадки судна на мель, следует выделить работы [3], [10] – [13]. Метод уровней множеств, который предложено использовать в работе [10], относится к универсальным методам, основанным на мнениях экспертов. При этом вопрос о количестве экспертов и их квалификации остается во многих случаях открытым. Принимаемое решение и оценки носят субъективный характер. Процедура оценки кажется сложной и трудоемкой.

Достаточно продуктивным представляется подход к решению задачи об оценке вероятности посадки судна на мель, основанный на теории геометрических вероятностей [3], [11] – [13]. При таком подходе точность оценок зависит от ряда исходных допущений. Подводный рельеф представляется в виде плоскости с наложенными на неё локальными поднятиями, имеющими форму усе-

ченных сферических сегментов. Размеры сегментов могут быть произвольными, но для каждого из них соотношение высоты и диаметра принимаются постоянными.

Постановка задачи исследования

Плавание судов в акватории СМП организовано по рекомендованным маршрутам, для каждого из которых установлена рекомендованная предельная осадка судна. Для крупнотоннажных судов с осадкой до 15 м рекомендованные маршруты представляют собой полосы шириной 2 км, в пределах которых выполнено площадное обследование [14]. Эти маршруты начали использоваться с 2013 г. При этом возникает вопрос о допустимом отклонении пути судна от рекомендованной полосы движения. Задача представляет не только научное, но и практическое значение, так как при плавании в ледовых условиях или проведении аварийно-спасательных мероприятий выход судна за пределы обследованной полосы становится неизбежным.

Величина допустимого отклонения в общем случае зависит от ряда факторов, к которым относятся:

- величина отклонения;
- ширина обследованной полосы;
- глубины и характер рельефа в обследованной полосе;
- гидрографическая изученность окружающего полосу рельефа дна;
- осадка судна.

Разработка и обоснование оценки допустимого отклонения пути судна

Введем систему координат: ось OX совпадает с направлением полосы обследования; ось OY перпендикулярна направлению полосы (рис. 1).

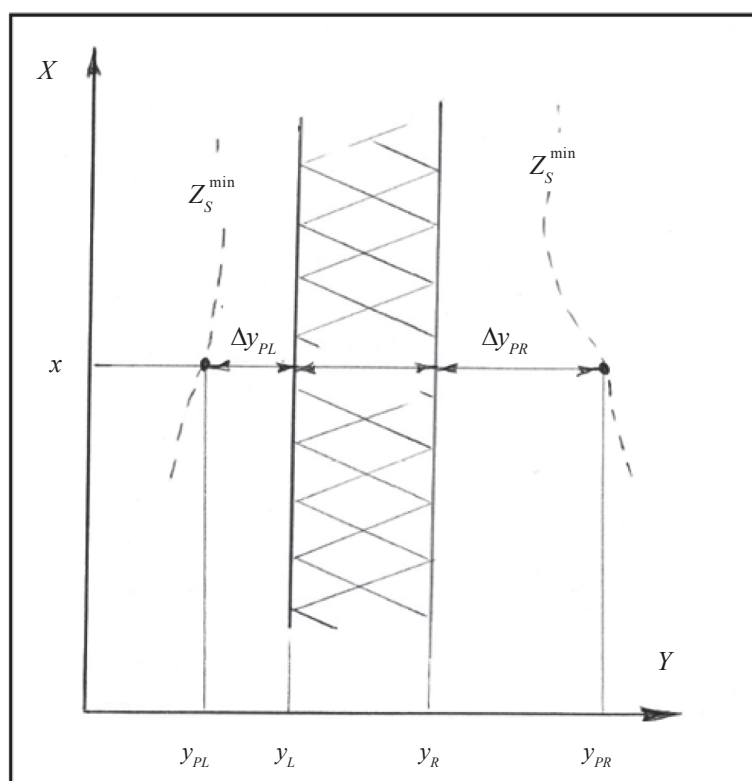


Рис. 1. Схема взаимного расположения обследованной полосы и точек допустимого отклонения

В полосе $y_L \leq y \leq y_R$, где y_L, y_R — соответственно ординаты левой и правой границ полосы. На всей её протяженности выполнена площадная съёмка рельефа дна, в результате которой измерены глубины, которые могут быть заданы в виде

$$Z_S = Z_S(x, y_L \leq y \leq y_R). \quad (1)$$

Проходные глубины в полосе $y_L \leq y \leq y_R$ связаны с минимальной глубиной, которая была обнаружена в процессе съемки. Поэтому значение минимальной глубины является важной характеристикой маршрута движения судна. Для минимальной глубины используем следующее обозначение:

$$Z_S^{\min} = \min\{Z_S(x, y_L \leq y \leq y_R)\}. \quad (2)$$

Задача оценки допустимого отклонения пути судна Δy_{PR} справа от полосы $y_L \leq y \leq y_R$ и Δy_{PL} слева от нее сводится к определению такого максимального отклонения от обследованной полосы, на котором глубина с высокой степенью уверенности не представляла бы опасность для мореплавания, т. е. не была бы меньше, чем $Z_S^{\min}$ (рис. 2).

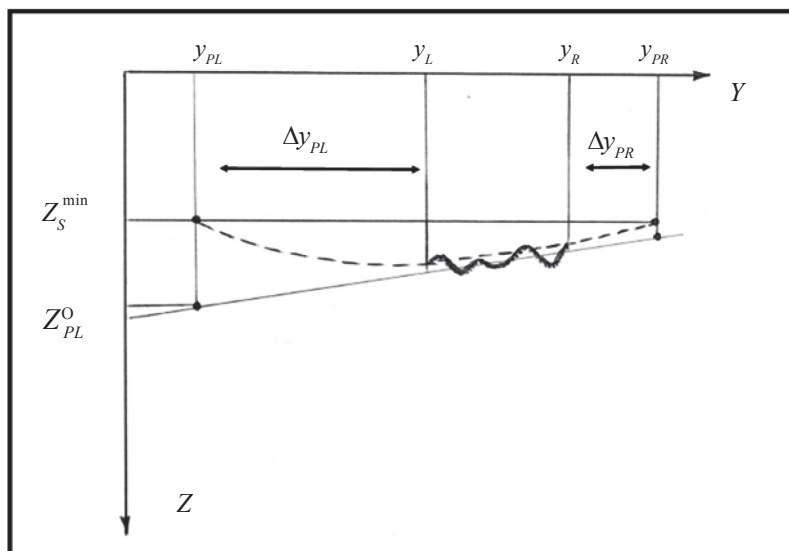


Рис. 2. Глубины и точки боковых отклонений

Отклонения Δy_{PR} и Δy_{PL} определяются разностями ординат:

$$\left. \begin{aligned} \Delta y_{PR} &= y_{PR} - y_R \\ \Delta y_{PL} &= y_L - y_{PL} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где y_{PR} и y_{PL} — соответственно ординаты точек допустимого отклонения пути судна справа и слева от обследованной полосы.

Методы регрессионного анализа [15], [16] позволяют определить наклон дна в пределах полосы $y_L \leq y \leq y_R$ по направлению OY для фиксированных профилей при $x = \text{const}$. С учетом того, что углы наклона рельефа дна на шельфе арктических морей и в зоне высокоширотной трассы, в частности, малы и, как правило, не превышают 0,001 [17], для описания профилей используем линейное уравнение регрессии:

$$Z^0 = a + b(y - y_L). \quad (4)$$

Допустим, что глубины в интервале $y_L \leq y \leq y_R$, разбитом на n частей, подчинены нормальному закону распределения. Тогда коэффициенты a и b с использованием метода наименьших квадратов могут быть вычислены по формулам [15]:

$$\left. \begin{aligned} b &= \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \cdot (Z_{Si} - \bar{Z}_S)}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}; \\ a &= Z - b(y = y_L), \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где $\bar{y}$ — среднее значение измеренного параметра.

Выражение (4) предлагается использовать для оценки глубин Z_{PR}^o и Z_{PL}^o соответственно в точках допустимого отклонения y_{PR} и y_{PL} .

Измеренные на интервале $y_L \leq y \leq y_R$ глубины Z_S отклоняются от линейного уравнения регрессии (4), а кроме того, коэффициенты уравнения (4) сами имеют некоторые погрешности. В этой связи оценка глубин в точках допустимого отклонения должна учитывать неопределенность, связанную не только с наклоном дна, но и с возможностью её отклонения от него в некотором доверительном интервале. При этом размеры доверительного интервала должны изменяться в зависимости от величины отклонения.

Коэффициенты (5) уравнения регрессии (4) рассчитываются по ограниченной выборке, поэтому при оценке границ доверительного интервала рекомендуется [15] использовать t -статистику Стьюдента, связанную с вероятностной оценкой допустимого отклонения P .

Доверительные интервалы глубин в точках отклонения вправо и влево от полосы в этом случае определяются с помощью выражения

$$Z_{PR(PL)} = Z_{PR(PL)}^o \pm t_p \cdot \Delta Z_{PR(PL)}, \quad (6)$$

в котором средние квадратические ошибки ΔZ_{PR} и ΔZ_{PL} вычисляются по формуле

$$\Delta Z_{PR(PL)} = \Delta Z_S^o \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(y_{PR(PL)} - \bar{y})^2}{\sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (7)$$

где Z_S^o — среднее квадратическое отклонение измеренных глубин от линии регрессии (4).

При оценке допустимого отклонения в учет принимаются только наименьшие допустимые глубины, поэтому в правой части уравнения (6) оставим только знак «минус». Подставив в формулу (6) значение минимальной глубины (2), с учётом выражения (4) получим

$$Z_S^{\min} = a + b(y_{PR(PL)} - y_L) - t_p \cdot \Delta Z_S^o \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(y_{PR(PL)} - \bar{y})^2}{\sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (8)$$

Для определения допустимого отклонения пути судна от обследованной полосы следует решить уравнение (8) относительно неизвестной $y_{PR(PL)}$.

С учетом того, что уравнение (4) в общем случае представляет собой наклонную прямую линию, допустимые отклонения маршрута вправо и влево от обследованной полосы отличаются между собой. Допустимое отклонение уменьшается в сторону уменьшения глубин и увеличивается в противоположную сторону.

Оценка допустимого отклонения уменьшается при возрастании её уровня доверительной вероятности, что определяется значением коэффициента t_p . Так, при изменении вероятности от 0,68 до 0,95 коэффициент t_p возрастает примерно в два раза, что влечет за собой такое же уменьшение оценки допустимого отклонения. Оценка допустимого отклонения маршрута увеличивается на участках с выровненным рельефом, когда измеренные глубины мало отличаются от профиля (4).

Выводы

1. Перспективы развития Северного морского пути напрямую связаны с развитием сети безопасных рекомендованных маршрутов движения судов, в том числе сети маршрутов, предназначенных для плавания крупнотоннажных судов.

2. Движение и маневрирование крупнотоннажных судов исключительно в пределах обследованных полос, имеющих ограниченную ширину в условиях ледового плавания, проведение спасательных операций при наличии также других обстоятельств не представляется возможным,

так как неизбежно связано с выходом судна за установленные пределы. В этой связи обоснование допустимого безопасного отклонения пути судна от рекомендованного маршрута в условиях арктической навигации имеет важное практическое значение.

3. Разработанный метод позволяет дать количественную оценку допустимого отклонения пути крупнотоннажного судна от рекомендованного высокоширотного маршрута, представляющего собой полосу, в пределах которого выполнено площадное обследование рельефа дна при заданном уровне доверительной вероятности и установленном значении проходной глубины.

4. Метод может быть использован при проектировании и эксплуатации судоходных трасс в акваториях с недостаточной гидрографической изученностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 132-ФЗ от 28.07.2012. О внесении в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути.

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

3. Афонин А. Б. Разработка методов оценки проходных глубин на трассах Северного морского пути в зависимости от подробности съемки 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.

4. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом РФ 18.09.2008 № ПР-1969).

5. Смирнов А. А. Перспективы развития Северного морского пути (к 55-летию атомного ледокольного флота России) / А. А. Смирнов, С. А. Головинский // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 4 (16). — С. 108–114.

6. Zhao H. Study on Economic Evaluation of Northern Sea Route: Taking Voyage of Yong Sheng as an Example / H. Zhao, H. Hu // Transportation Research Board 95th Annual Meeting. — 2016. — № 16-6420.

7. Збаращенко В. С. Арктическая контейнерная линия Мурманск – Петропавловск – Мурманск / В. С. Збаращенко // Вторая международная конф. «Транспорт и логистика в Арктике – 2016». — 2016. — С. 61–67.

8. Администрация Северного морского пути [Электронный ресурс]: офиц. сайт. — Режим доступа: <http://asmp.morflot.ru/> (дата обращения: 23.06.16).

9. International Maritime organization (IMO). Maritime Safety Committee // Formal Safety Assessment, Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process/ MSC/ Circ. 1023-MEPC/Circ. 392. — May 2007.

10. 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.

11. Тезиков А. Л. Оценка плотности распределения вероятности локальных поднятий дна в междугалсовом пространстве / А. Л. Тезиков, С. В. Решетняк // Навигация и гидрография. — 2006. — № 23. — С. 111–115.

12. Решетняк С. В. Метод численной оценки параметров локальных поднятий поверхности морского дна при выполнении морского промера / С. В. Решетняк, А. Л. Тезиков, В. Ю. Бахмутов // Навигация и гидрография. — 2006. — № 23. — С. 116–119.

13. Решетняк С. В. Ранжирование трасс Севморпути по критерию гидрографической обеспеченности / С. В. Решетняк, А. Б. Афонин, А. Л. Тезиков // Эксплуатация морского транспорта. — 2008. — № 3. — С. 55–57.

14. ФГУП «Гидрографическое предприятие» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. — Режим доступа: <http://www.hydro-state.ru/> (дата обращения – 23.06.2016).

15. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. — Издат. дом «Вильямс», 2007. — 912 с.

16. Дуброва Т. А. Статистические методы прогнозирования в экономике / Т. А. Дуброва. — М.: Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2003. — 50 с.

17. Алексеев С. П. Арктический шельф России — новые представления о рельефе дна бассейна / С. П. Алексеев, И. С. Грамберг, А. А. Комарицын, Г. Д. Нарышкин // Навигация и гидрография. — 2001. — № 12. — С. 9–13.

EVALUATION OF THE TOLERANCE PATH OF THE VESSEL FROM THE SURVEYED STRIP

The main trends and prospects of the NSR associated with the increase in the intensity of arctic-delivery of navigation and to increase the share of large vessels. An overview of the methods estimating the probability of navigational accidents associated with a lack of hydrographic knowledge of the bottom topography. It is argued that in shallow water conditions and a lack of knowledge of the bottom topography and the movement of suing in the waters of the NSR is organized according to the recommended routes and the movement of large vessels - of the bands within which the areal survey. The question of the permissible deviation of the path of the vessel from the recommended lane. Lists the conditions under which the solution of this question has an important practical value. To estimate the permissible deviation of the path of the vessel from the surveyed strip line but to use the method of statistical forecasting of temporal trends, adapted to the task of designing the Arctic waterways taking into account geomorphological features of the shelf of the Arctic seas. The study also identified the necessary criteria and the basic calculation formulas to assess the value of the permissible deviation of the path of the ship to the right and to the left from the surveyed strips depending on its width, character of the bottom relief and of the confidence level. The main results of the analysis of the obtained formulas. In conclusion, the article gives a General assessment of the developed method and the directions of its improvement.

Keywords: Northern sea route, areal survey, the deviation of the path of the vessel, the minimum depth, the confidence interval

REFERENCES

1. Russian Federation. Federal law № 132-FZ. 28 July 2012. O vnesenii v otdelnye zakonodatelnye akty Rossijskoj Federacii v chasti gosudarstvennogo regulirovanija torgovogo moreplavaniya v akvatorii Severnogo morskogo puti.
2. Reshetnyak, S. V. "Hydrographic study of the Arctic sees underwater relief of Russia." *Geodesy and cartography* 4 (2006): 57–60.
3. Afonin, A. B, E. O. Ol'hovik, and A. L. 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.
4. Russian Federation. Osnovy gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v Arktike na period do 2020 goda i dal'nejshuju perspektivu. Approved by the by the President of Russian Federation 18 September 2008.
5. Smirnov, A. A. and S. A. Golovinsky. "55th Anniversary of the Russian Nuclear Icebreaker Fleet and Development of the Northern Sea Route." *Arctic: ecology and economy* 4(16) (2014): 108–114.
6. Zhao, Hui, and Hao Hu. "Study on Economic Evaluation of Northern Sea Route: Taking Voyage of Yong Sheng as an Example." *Transportation Research Board 95th Annual Meeting*. No. 16-6420. 2016.
7. Zbarashhenko, V. S. "Arkticheskaja kontejnernaja linija Murmansk – Petropavlovsk – Murmansk." *Vtoraja mezhdunarodnaja konferencija «Transport i logistika v Arktike – 2016»*. M., 2016: 61–67.
8. The Northern sea route Administration. Web. 23 June 2016 <<http://asmp.morflot.ru/>>.
9. International Maritime organization (IMO). Maritime Safety Committee// Formal Safety Assessment, Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process MSC/ Circ. 1023-MEPC/Circ. 392. May 2007.
10. 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 admiral S. O. Makarova* 1(20) (2013): 89–96.
11. Tezikov, L. A., Reshetnyak, S. V. "Esimat of Density of Distribution for Local Bottom Rises Probabilities in the Survey Line Spacing." *Navigation and Hydrography* 23 (2006): 111–115.

12. Reshetnyak, S. V., A. L. Tezikov, and V. Y. Bakhmutov. "Method of Numerical Evaluation of Parameters for the Local Sea Bottom Rises When Conducting the Sea Survey." *Navigation and Hydrography* 23 (2006): 116–119.
13. Reshetnyak, S. V., A. B. Afonin, and A. L. Tezikov. "Ranging of routes of north sea-route on the criterion of hydrographical support." *Jekspluatacija morskogo transporta* 3 (2008): 55–57.
14. FGUP «Gidrograficheskoe predpriyatie». Web. 23 June 2016 <<http://www.hydro-state.ru/>>.
15. Drejper, N., and G. Smit. *Prikladnoj regressionnyj analiz*. Izdatelskij dom «Viljams», 2007.
16. Dubrova, T. A. *Statisticheskie metody prognozirovaniya v jekonomike*. M.: Moskovskij mezhdunarodnyj institut jekonometriki, informatiki, finansov i prava, 2003.
17. Alekseyev, S. P., I. S. Gramberg, A. A. Komaritsyn, and G. D. Naryshkin. "Arctic shelf of Russia — new forms of presentation of the bottom relief." *Navigation and Hydrography* 12 (2001): 9–13.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Королев Иван Юрьевич — аспирант.
Научный руководитель:
Тезиков Александр Львович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
i.korolev@fertoing.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Korolev Ivan Jurevich — postgraduate.
Supervisor:
Tezikov Aleksandr L'vovich —
Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
i.korolev@fertoing.ru

Статья поступила в редакцию 10 октября 2016 г.