

ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-735-743

A STUDY OF THE FACTORS INFLUENCING NAVIGATIONAL ACCIDENTS IN SHALLOW WATER

A. B. Afonin, I. Ju. Korolev, A. L. Tezиков

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

The article developed common approaches to assessing the impact of landing of the vessel on the rocks and touch the ground in shallow water conditions of the Arctic shelf. The importance of this task to the waters of the Northern sea route, associated with the growth of Maritime cargo turnover, increased tonnage, the development of new ways, including a shallow one. Analytical review of scientific publications devoted to this issue. A brief description of the two main areas that are used to solve the problem of preventing landings ashore and touch the ground. Developed by air classification with local uplifts of the bottom. As a classification of signs is proposed to use horizontal dimensions elevations relative to the distance between the tacks of hydrographic surveys, their navigational hazards and the probability of detecting the uplift while performing hydrographic works. Introduced and proved the concept of "small bottom" and its main characteristics consists in the fact that they may not be discovered in the process of performing hydrographic surveys and is not marked on the navigation map, to provide a source of navigational hazards. A brief description of the principles of mapping of the bottom topography on nautical maps used in their construction in cartographic production, and also the list associated with the production technology assumptions and the forced distortion of the elements of the bottom topography. Highlighted the discrepancy between the threat to a vessel with a given draught of isobaths with standard digitized isobaths and the magnitude of allowable offset the standard isobaths and distortion in the process of cartographic generalization display items load cards. The technique of an estimation of the probability of missing local uplifts of the bottom when performing hydrographic surveys. A criterion that allows local uplift of the bottom attributed to the dangerous navigation of underwater obstacles. Available analytical dependences, allowing to estimate the number missed in the process of shooting the elevations of the bottom for a given probability of detection. Practical importance of the problem being solved for navigation in shallow waters of the Arctic shelf, as well as the scientific novelty of the proposed solutions. Identified key areas for future research.

Keywords: Northern sea route, a shallow, air crash, grounding, probability, hydrographic surveying, marine navigation map.

For citation:

Afonin, Andrej B., Ivan Ju. Korolev, and Aleksandr L. Tezиков. "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: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-735-743.

УДК 528.47

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НАВИГАЦИОННУЮ АВАРИЙНОСТЬ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОВОДЬЯ

А. Б. Афонин, И. Ю. Королёв, А. Л. Тезиков

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

В статье разрабатываются общие подходы к оценке влияния посадки судна на мель и касания грунта в условиях мелководья арктического шельфа. Отмечается важность этой задачи для акватории Северного морского пути, связанная с ростом морского грузооборота, увеличением тоннажа судов, освоением новых путей, в том числе мелководных. Приводится аналитический обзор научных публикаций,

посвящённых этой проблематике. Дается краткая характеристика двух основных направлений, используемых для решения задачи предупреждения посадок на мель и касания грунта. Разработана навигационная классификация локальных поднятий дна. В качестве классификационных признаков предложено использовать горизонтальные размеры поднятий по отношению к междугалсовому расстоянию гидрографической съёмки, степень их навигационной опасности и вероятность обнаружения поднятия при выполнении гидрографических работ. Введено и обосновано понятие «малые формы рельефа дна» и их основные особенности, состоящие в том, что они могут быть не обнаружены в процессе выполнения гидрографической съёмки и не нанесены на навигационную морскую карту, но при этом представлять собой источник навигационной опасности. Дается краткое описание принципов отображения рельефа дна на навигационных морских картах, используемых при их построении в картографическом производстве, а также перечень связанных с технологией производства допущений и вынужденных искажений элементов рельефа дна. Особое внимание обращено на несовпадение опасных для судна с заданной осадкой изобат со стандартно оцифрованными изобатами, а также на величину допустимого смещения стандартных изобат и искажений, вносимых в процессе генерализации картографического отображения элементов нагрузки карт. Приведена методика оценки вероятности пропуска локальных поднятий дна при выполнении гидрографической съёмки. Установлен критерий, который позволяет локальные поднятия дна отнести к множеству опасных в навигационном отношении подводных препятствий. Предлагаются аналитические зависимости, позволяющие производить оценку количества пропущенных в процессе съёмки поднятий дна при заданной вероятности их обнаружения. Отмечается практическая важность решаемой задачи для плавания судов на мелководье арктического шельфа, а также научная новизна предложенных решений. Определены основные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: Северный морской путь, мелководье, навигационная авария, посадка на мель, вероятность, гидрографическая съёмка, навигационная морская карта.

Для цитирования:

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

Введение

На трассах Северного морского пути (СМП) изменяются условия судоходства, увеличивается тоннаж и осадка судов, осваиваются новые судоходные пути, в том числе мелководье арктического шельфа. Локальные поднятия дна, которые для судов с малой осадкой не представляли опасность, для судов с большой осадкой являются реальным препятствием. Проблема обеспечения безопасного плавания крупнотоннажных судов на арктическом мелководье связана с решением комплекса научных задач, связанных с принципиально новым классом подводных препятствий, образованных малыми формами рельефа. Особенность таких форм состоит в том, что они плохо обнаруживаются при выполнении традиционной гидрографической съёмки подводного рельефа системой параллельных галсов, а потому отсутствуют на картах и в соответствующих морфогенетических классификациях [1].

Принято считать [2] – [4], что посадки судов на мель и касание грунта относятся к одним из наиболее распространённых видов навигационных аварийных происшествий на море. Исследованию и анализу этих происшествий посвящено значительное количество работ, в которых содержатся статистические данные происшествий, их причины и общие рекомендации для судоводителей по предотвращению этого вида аварий. При этом используются два основных подхода.

Первый подход относится к тактической задаче расхождения судна с обозначенными на навигационной карте локальными поднятиями дна, являющимися подводными препятствиями для судов с заданной осадкой. Задача, как правило, сводится к оценке влияния ошибок маневрирования, определения места судна и дистанции до опасности с учетом вероятности аварии. Допускается, что форма, размеры и местоположение опасности определены точно. Примером реализации такого подхода служат работы [5] – [8].

Второй подход связан с задачей определения оптимальной подробности гидрографической съёмки и оценки вероятности обнаружения локальных поднятий дна. В качестве опасности

принимается модель поднятия дна, имеющая упрощённую геометрическую форму (например, в виде отдельных точек, сферических или эллиптических сегментов, и их распределений). За оптимальную подробность гидрографической съёмки принимается съёмки с такой дискретностью измерений, при которой все локальные поднятия дна, заданные моделью, обнаруживаются. В случае, когда подробность съёмки отличается от оптимальной, обнаружение части локальных поднятий дна не гарантируется. Пропущенные поднятия не отображаются на навигационных морских картах (НМК). Разработке математического аппарата и методики оценки вероятности пропуска опасных глубин посвящены исследования [9] – [12].

Математический аппарат и методика количественной оценки вероятности пересечения пути судна с опасностью предложены в работах [13] – [15]. Показано, что вероятность пересечения пути судна с опасностью зависит от ширины полосы движения судна, формы, размеров, количества и расположения опасностей в акватории, а также вероятности их присутствия.

Все подводные препятствия скрыты от непосредственного визуального наблюдения и подразделяются на два вида:

- препятствия, обнаруженные в процессе гидрографической съёмки и нанесённые на карту;
- препятствия, не обнаруженные в процессе гидрографической съёмки и, следовательно, на карту не нанесённые.

В задачах расхождения судна с опасностями рассматривается только первый вид препятствий. Расхождение судна с известным препятствием теоретически подробно проработано. Навигационные аварии, связанные с препятствиями первого вида, в основном порождаются человеческим фактором. Влияние человеческого фактора на аварийность судов представляет собой самостоятельную проблему, которая выходит за рамки настоящей работы.

В задачах по оценке вероятности пропуска опасных глубин основное внимание уделяется второму виду препятствий. Со временем гидрографическая изученность акватории повышается, совершенствуются методы и средства обследования дна, что приводит к сокращению доли происшествий, связанных с посадкой на неизвестные мели. Анализ совместного влияния подводных препятствий обоих видов на вероятность посадки судна на мель до настоящего времени не проводился.

Модели малых форм рельефа нуждаются в уточнении. Представление их в виде точечных объектов обосновано на картах мелкого масштаба. На картах крупного масштаба следует учитывать их форму и размеры. Малые формы рельефа на мелководье порождают новый класс подводных препятствий, которые плохо обнаруживаются гидроакустическими средствами и недостаточно полно и подробно отображаются на картах. Для малых форм рельефа методика расчёта вероятности посадки судна на мель или касания грунта нуждается в разработке.

Настоящая работа посвящена теоретическим вопросам, связанным с отображением малых форм рельефа на НМК, в том числе тех, которые могут представлять опасность для судоходства, а также вероятности обнаружения малых форм рельефа при выполнении гидрографической съёмки.

Рассмотрены следующие вопросы:

- особенности отображения рельефа дна на НМК;
- классификация локальных поднятий по критерию возможности их обнаружения;
- оценка вероятности пропуска локальных поднятий дна.

Теоретическая основа метода исследования

К малым формам относятся поднятия дна, горизонтальные размеры которых находятся в пределах от одного метра до нескольких сотен метров. Теорема В. А. Котельникова [16] устанавливает связь интервала дискретизации отсчётов с точностью восстановления исходной функции. В соответствии с ней при выполнении съёмки системой параллельных галсов [17] с междугалсовым расстоянием L надёжно обнаруживаются формы рельефа, имеющие минимальные горизонтальные размеры D , равные $2L$.

Формы рельефа, имеющие размеры $D < 2L$, не могут быть надёжно определены. Формы рельефа, имеющие размеры $D < L$, с высокой степенью вероятности могут быть пропущены. Принадлежность поднятий рельефа к малым формам определяется условием $D < L$. Правила отображения рельефа дна на НМК регламентируются нормативными документами национальной гидрографической службы [18], [19]. Подводный рельеф изображается отметками глубин, изобатами и условными знаками. Условными знаками отмечаются элементы рельефа, которые не могут быть выражены изобатами. Частота нанесения отметок глубин на НМК зависит от диапазона глубин и сложности рельефа. Для мелководных участков шельфа морей СМП с глубинами до 30 м этот интервал составляет от 0,5 до 2 см в масштабе карты.

На НМК шельфовой зоны СМП проводятся изобаты, имеющие следующие стандартные значения 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 м. Для отмелей и плоских равнин проводятся дополнительные изобаты (например, 3, 4, 6, 8 м). Для гармонизации изображения рельефа отдельные изобаты могут быть смещены на величину до четверти их заложения. Мелководные участки шельфа морей СМП выровнены и имеют малые углы наклона дна. Поэтому смещение изобат может достигать значения в десятки морских миль.

В практике судовождения для судна с заданной осадкой d используется понятие «опасная изобата» $H(d)$ [20]. Значение опасной изобаты, как правило, не совпадает со стандартной оцифровкой изобат на НМК, поэтому возникает задача построения опасной изобаты индивидуально для каждого судна. Построение опасных изобат проводится с использованием методов интерполирования относительно стандартных изобат, которые могут иметь значительные смещения, как было отмечено ранее, и окружающих их глубин. Горизонтальные размеры опасной изобаты $H(d_i)$ зависят от факторов, связанных с особенностями технологии построения картографического отображения подводного рельефа и дискретным характером съемки рельефа дна.

В соответствии и Правилами гидрографической службы [17], [18] в диапазоне глубин от 0 до 50 м на шельфе рекомендованное междугалсовое расстояние должно находиться в диапазоне от 0,5 до 1,0 км. Такая дискретность обеспечивает надежное обнаружение локальных форм рельефа с горизонтальными размерами от одного до двух километров. При этом признаками возможного повышения дна и существования естественных навигационных опасностей в междугалсовом пространстве являются глубины, отличающиеся от окружающих глубин в меньшую сторону в следующих пределах:

- от 3 до 10 м включительно — более чем на 0,9 м;
- свыше 10 до 20 м включительно — 1,5 м;
- свыше 20 до 30 м включительно — 2,5 м;
- свыше 30 м — более чем на 10 % при плавном рельефе дна;
- более чем на 20 % при холмистом рельефе дна;
- более чем на 30 % при сложном рельефе дна.

В том случае, когда отклонения глубин на промерных галсах превышают указанные величины, промер сгущается с целью обнаружения минимальной глубины и определения размеров навигационной опасности. В противном случае промер не сгущается. В условиях мелководья, при минимальном запасе воды под килем, эти правила нуждаются в корректировке. Дискретная схема измерений во многих случаях может приводить к пропуску локальных поднятий дна, которые могут представлять навигационную опасность особенно для крупнотоннажных судов.

Результаты

В общем случае множество локальных поднятий дна $\{N\}$ на ограниченной акватории

$$\{N\} = \{n_o\} + \{n_u\}, \quad (1)$$

где $\{n_o\}$ — множество обнаруженных и нанесённых на карту локальных поднятий дна;

$\{n_u\}$ — множество не обнаруженных и, следовательно, не нанесённых на карту локальных поднятий дна.

Множество $\{n_0\}$, в свою очередь, состоит из суммы трёх подмножеств:

$$\{n_0\} = \{n_1\} + \{n_2\} + \{n_3\}, \quad (2)$$

где $\{n_1\}$ — подмножество локальных поднятий дна, горизонтальные размеры которых превышают удвоенное значение междугалсового расстояния, $D > 2L$;

$\{n_2\}$ — подмножество локальных поднятий дна, горизонтальные размеры которых удовлетворяют неравенству $L < D < 2L$;

$\{n_3\}$ — подмножество локальных поднятий дна, горизонтальные размеры которых не превышают величину междугалсового расстояния, $D < L$.

Элементы подмножества $\{n_1\}$ обнаруживаются в процессе съёмки с вероятностью $p_1 = 1$. Форма, размеры и минимальные глубины таких поднятий определены.

Элементы подмножества $\{n_2\}$ обнаруживаются в процессе съёмки с вероятностью $p_2 = 1$. Форма, размеры и минимальные глубины над такими поднятиями определяются только в результате дополнительного обследования.

Элементы подмножества $\{n_3\}$ обнаруживаются в процессе съёмки с вероятностью $p_3 < 1$. Форма, размеры и минимальные глубины над такими поднятиями определяются только в результате дополнительного обследования.

Множество $\{n_u\}$ содержит необнаруженные локальные поднятия дна, горизонтальные размеры которых не превышают величину междугалсового расстояния, $D < L$. Обозначим вероятность пропуска таких поднятий буквой p_u .

Обнаружение малых форм, имеющих размеры $D < L$, и их пропуск образуют полную группу, поэтому $p_u = 1 - p_3$.

Вероятность p_3 зависит от соотношения дискретности съёмки L , формы и размеров поднятий дна D .

Объединение множеств $\{n_3\}$ и $\{n_u\}$ обозначим $\{N_s\}$. Для оценки количества необнаруженных в процессе съёмки поднятий дна n_u , составляющих множество $\{n_u\}$, предложено использовать формулу

$$n_u = n_3 \cdot \left(\frac{1}{p_3} - 1 \right) \quad (3)$$

Оценка вероятности величины n_u при условии обнаружения n_3 поднятий дна выполняется по формуле

$$P_{N_s}(n_3) = C_{N_s}^{n_3} \cdot p_3^{n_3} (1 - p_3)^{n_u}, \quad (4)$$

где $C_{N_s}^{n_3} = \frac{N_s!}{n_3! \cdot n_u!}$.

Зависимости (3) и (4) могут быть использованы для вычислений сложных событий при условии, что вероятность p_3 представляет собой постоянную величину. Однако, так как горизонтальные размеры локальных поднятий $\{N_s\}$ могут изменяться от 0 до L , то и вероятность p_3 также может изменяться в пределах, зависящих от этого интервала. Вероятность обнаружения поднятий дна, имеющих большие горизонтальными размерами, имеет большее значение, чем вероятность обнаружения поднятий дна, имеющих малые горизонтальные размеры. При этом для вероятности p_3 должны выполняться следующие граничные условия:

$$p_3 \rightarrow 1 \text{ при } D \rightarrow L; \quad (5)$$

$$p_3 \rightarrow 0 \text{ при } D \rightarrow 0. \quad (6)$$

С учетом того, что в общем случае вероятность p_3 зависит от горизонтальных размеров препятствий D и междугалсового расстояния L , выражения (3) и (4) примут следующий вид:

$$n_u = n_3 \cdot \left(\frac{1}{p_3(D, L)} - 1 \right); \quad (7)$$

$$P_{N_s}(n_3, D, L) = C_{N_s}^{n_3} \cdot p_3^{n_3}(D, L) \cdot (1 - p_3(D, L))^{n_u}. \quad (8)$$

При выполнении граничных условий (5) и (6) решениями уравнений (7) и (8) служат следующие соотношения:

– при $p_3 = 1$

$$n_u = 0; \quad (9)$$

$$P_{N_s}(n_3, D \geq L) = 1; \quad (10)$$

– при $p_3 = 0$

$$n_u \rightarrow \infty; \quad (11)$$

$$P_{N_s}(n_3, D \geq L) = 0. \quad (12)$$

Из выражений (9) и (10) следует, что при высокой вероятности обнаружения пропущенные поднятия отсутствуют. Из выражений (11) и (12) следует, что при нулевой вероятности обнаружения все поднятия, которые могут находиться в районе обследования, относятся к классу необнаруженных поднятий. После выполнения приведённых оценок (7) и (8) требуется классифицировать выявленные поднятия дна по степени их навигационной опасности по отношению к судам.

В качестве критерия используются соотношения осадки судна d , допустимого запаса воды под килем Δd и высоты локального поднятия дна $h = H_0 - H_{\min}$, где H_0 — фоновая глубина; H_{\min} — минимальная глубина над поднятием дна.

К опасным для судна с осадкой d относятся поднятия дна, для которых выполняется неравенство

$$(H_{\min} - d - \Delta d) \leq 0 \quad (13)$$

или

$$(H_0 - h - d - \Delta d) \leq 0. \quad (14)$$

Для малых поднятий дна численное значение параметров H_{\min} и h , входящих в выражения (13) и (14), в общем случае неизвестно. Для их определения могут быть использованы методы, основанные на исследовании статистических свойств элементов подводного рельефа мелководных акваторий.

Обсуждение

Пропущенные опасные поднятия дна могут служить источником происшествий, связанных с посадкой судов на мель и касанием грунта в условиях мелководья. На арктическом шельфе в наиболее важных в навигационном отношении районах, к которым относятся рекомендованные пути, акватории портов и подходы к ним, для снижения риска посадки на неизвестные мели применяется площадное обследование с применением многолучевых эхолотов. Такая съёмка обеспечивает выявление навигационных опасностей с горизонтальными размерами от 1 м [21]. Предложенную методику выявления пропущенных опасных поднятий дна целесообразно использовать при планировании съёмки, когда необходимо выделить районы, в которых вероятность наличия пропущенных опасностей наиболее высока.

Основным источником информации о рельефе дна служат НМК, на которых главным образом отображаются крупные формы подводного рельефа, а малые формы подробно не отображаются. При решении задач, связанных с посадкой судов на мель, малые формы рельефа, как правило, не рассматриваются. В условиях мелководья, при минимальном запасе воды под килем, малые

формы рельефа могут являться основным источником посадок на мель и касания грунта. Практическое значение учета малых форм возрастает по мере увеличения осадок судов, работающих на мелководье арктического шельфа (например, на акватории Обской Губы). Формирование подходов к решению этой задачи является новым и нуждается в дальнейшем теоретическом и экспериментальном развитии. На сегодняшний день отсутствует статистическая информация о морфологических и морфометрических характеристиках малых форм рельефа, что служит основным ограничением, которое накладывается на достоверность полученных решений.

Заключение

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Малые формы рельефа дна необходимо учитывать при оценке навигационной безопасности акватории.
2. При решении задачи оценки влияния локальных поднятий дна на безопасность судоходства следует учитывать особенности отображения подводного рельефа на НМК.
3. Для получения более надёжных результатов желательно использовать исходную гидрографическую информацию или информацию, содержащуюся на картах наиболее крупного масштаба.

Основные направления дальнейших исследований будут ориентированы на решение следующих задач:

- экспериментальная проверка полученных формул;
- статистическая обработка исходных гидрографических данных для получения достоверных морфологических и морфометрических характеристиках малых форм рельефа;
- разработка математической модели влияния локальных поднятий дна на аварийность судов, связанную с посадками на мель и касаниями грунта;
- разработка методических рекомендаций по гидрографическому обследованию мелководий и формированию зон безопасного судоходства в арктических морях.

Особую благодарность выражаем нашему учителю, профессору Игорю Александровичу Блинову, которого нет с нами уже пятнадцать лет, но научная жизнь которого продолжается в трудах его учеников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов А. М.* Проблемы сравнения картографических отображений одного и того же подводного рельефа / А. М. Абрамов // Навигация и гидрография. — 2013. — № 36. — С. 54–61.
2. *Луговой С. П.* Аварии морских судов и их предупреждения / С. П. Луговой. — М.: Водный транспорт, 1939. — 41 с.
3. *Чернышев А. А.* Погибли без боя. Катастрофы русских кораблей XVIII – XX вв. / А. А. Чернышев. — М.: Вече, 2012. — 400 с.
4. *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.
5. *Лушников Е. М.* Навигационная безопасность мореплавания / Е. М. Лушников. — Калининград: БГАРФ, 2007. — 261 с.
6. *Бродский П. Г.* Современные подходы к решению проблем обеспечения безопасности плавания судов и кораблей в Арктике / П. Г. Бродский, Ю. В. Румянцев, А. Н. Лукин // Навигация и гидрография. — 2016. — № 42. — С. 12–19.
7. *Михальский В. А.* Оценка навигационной безопасности плавания вблизи точечных опасностей / В. А. Михальский, М. В. Тюлькин // Навигация и гидрография. — 2006. — № 23. — С. 17–26.
8. *Логоновский В. А.* Моделирование оценки вероятности посадки судна на грунт с помощью нечетких чисел / В. А. Логоновский, А. А. Струков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2013. — № 1 (20). — С. 89–96.

9. Бураковский Е. П. К вопросу об оценке рисков посадки судна на мель / Е. П. Бураковский, П. Е. Бураковский, В. А. Дмитриевский // Известия КГТУ. — 2013. — № 29. — С. 159–164.
10. 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.
11. Амельченко С. Г. Применение вероятностных методов в оценке свойств подводного рельефа / С. Г. Амельченко, А. Л. Тезиков // Эксплуатация морского транспорта. — 2007. — № 4. — С. 30–31.
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. 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.
14. Клюев В. В. Использование теории геометрических вероятностей для оценки показателя стесненности акватории Северного морского пути / В. В. Клюев // Навигация и гидрография. — 2016. — № 46. — С. 20–28.
15. Клюев В. В. Количественная оценка показателя стесненности акватории Северного морского пути / В. В. Клюев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 5 (39). — С. 109–117. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-109-117.
16. Биккенин Р. Р. Теория электрической связи / Р. Р. Биккенин, М. Н. Чесноков. — М.: Академия, 2010. — 329 с.
17. Правила гидрографической службы №4 (ПГС-4). — СПб.: ГУНиО, 1983. — Ч. 2. — 264 с.
18. Правила гидрографической службы № 5. Составление и издание морских карт (ПГС-5). — СПб.: УНиО, 2009. — Ч. 1. — 319 с.
19. Основы отображения подводного рельефа на морских картах. — Л.: ГУНиО, 1973. — 186 с.
20. Снопков В. И. Управление судном / В. И. Снопков. — СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. — 536 с.
21. IHO Standards for Hydrographic Surveys. — 5th Edition. — February 2008. — Special Publication № 44. — International Hydrographic Bureau, Monaco. — 27 p.

REFERENCES

1. Abramov, A.M. “Problemy sravneniya kartograficheskikh otobrazhenii odnogo i togo zhe podvodnogo rel’efa.” *Navigatsiya i gidrografiya* 36 (2013): 54–61.
2. Lugovoi, S. P. *Avarii morskikh sudov i ikh preduprezhdeniya*. M.: Vodnyi transport, 1939.
3. Chernyshev, A. A. *Pogibli bez boya. Katastrofy russkikh korablei XVIII – XX vv.* M.: Veche, 2012.
4. Katsman, F. M., and A. A. Ershov. “Avariinost’ morskogo flota i problemy bezopasnosti sudokhodstva.” *Transport Rossiiskoi Federatsii* 5(5) (2006): 82–84.
5. Lushnikov, E. M. *Navigatsionnaya bezopasnost’ moreplavaniya*. Kaliningrad: BGARF, 2007.
6. Brodskii, P. G., Yu. V. Rumyantsev, and A. N. Lukin. “Sovremennye podkhody k resheniyu problem obespecheniya bezopasnosti plavaniya sudov i korablei v Arktike.” *Navigatsiya i gidrografiya* 42 (2016): 12–19.
7. Mikhal’skii, V. A., and M. V. Tyul’kin. “Otsenka navigatsionnoi bezopasnosti plavaniya vblizi tochechnykh opasnostei.” *Navigatsiya i gidrografiya* 23 (2006): 17–26.
8. 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.
9. 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.
10. Afonin, A. B., E. O. Ol’hovik, and A. L. Tezиков. “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.

11. Amelchenko, S. G., and A. L. Tezikov. "The Application of probabilistic methods in evaluation of the qualities of the underwater relief." *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 4 (2007): 30–31.
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. 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.
14. Klyuev, V. V. "Ispol'zovanie teorii geometricheskikh veroyatnostei dlya otsenki pokazatelya stesnennosti akvatorii Severnogo morskogo puti." *Navigatsiya i gidrografiya* 46 (2016): 20–28.
15. Kljuev, Vitaly Vladimirovich. "Quantitative assessment of constraint of the Northern sea route". *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 5(39) (2016): 109–117. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-109-117.
16. Bikkenin, R. R., and M.N. Chesnokov. *Teoriya elektricheskoi svyazi*. M.: Akademiya, 2010.
17. *Pravila gidrograficheskoi sluzhby №4 (PGS-4)*. Part 2. SPb.: GUNiO, 1983.
18. *Pravila gidrograficheskoi sluzhby № 5. Sostavlenie i izdanie morskikh kart (PGS-5)*. Part 1. SPb.: UNiO, 2009.
19. *Osnovy otobrazheniya podvodnogo rel'efa na morskikh kartakh*. L.: GUNiO, 1973.
20. Snopkov, V. I. *Upravlenie sudnom*. SPb.: ANO NPO «Professional», 2004.
21. IHO Standards for Hydrographic Surveys. 5th Edition. Special Publication № 44. Monaco: International Hydrographic Bureau, 2008.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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
Королев Иван Юрьевич — аспирант
Научный руководитель:
 Тезиков Александр Львович
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: i.korolev@fertoing.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

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
Korolev, Ivan Ju. — postgraduate
Supervisor:
 Tezikov, Aleksandr L.
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: i.korolev@fertoing.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 17 июня 2017 г.
 Received: June 17, 2017.