

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1007-1016

RESEARCH OF INFLUENCE OF THE DETAIL OF HYDROGRAPHIC SURVEYS ON ASSESSMENT OF DEPTHS THROUGH PASSAGE

A. B. Afonin, I. Yu. Korolev, A. L. Tezikov

Admiral Makarov State University of maritime and inland shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

In article the question of influence of a detail of hydrographic shooting at a size of depths through passage estimated according to sea navigation charts is considered. The main objectives of navigation and control of the vessel which solution are directly connected with completeness, the accuracy and reliability of display of a relief of a bottom on sea navigation charts are listed. Special attention is paid to navigation conditions of navigation of heavy-tonnage vessels in shallow water. The list of crashes of vessels is provided in the Arctic seas connected with insufficient hydrographic study of a relief of a bottom on shallow sites of the Arctic seas. The state-of-the-art review of the works devoted to influence of the major factors influencing assessment of depth through passage in shallow water is executed. Main types of pro-measured works and hydrographic methods of inspection of a bottom which are used for determination of depths through passage are considered. It is noted that only hydrographic sweeping with use of rigid trawls guarantees reliable detection of local raisings of a bottom with dangerous depths. Results use of a rigid trawl when conducting the heavy-tonnage vessel on waterways of East part of the Gulf of Finland described in N.N. Neronov's article (2001) are given. It is confirmed what at inspection of a bottom by the hydrographic methods based on discrete measurements, values of the minimum depths shown on sea navigation charts can differ from the actual minimum depths. The example of display of the underwater relief on the sea navigation chart received by results of the pro-measured works performed with a different detail is given. Conditions under which the minimum depths displayed on cards can not coincide with the actual minimum depths are defined.

The formulas allowing to give a quantitative assessment of a divergence of values of the minimum depths are given. Formulas and an algorithm of taking note of a detail of a measurement are checked for the size of depths through passage on concrete cartographic materials. The main morphometric characteristics of a relief of a bottom influencing the accuracy of estimates are established. The scientific and practical value of the received results is noted and also the main directions of further researches are defined.

Keywords: sea navigation chart, depths through passage, bottom relief, measurement detail, discrete measurements, grounding, Northern Sea Route.

For citation:

Afonin, Andrej B., Ivan Yu. Korolev, and Aleksandr L. Tezikov. "Research of influence of the detail of hydrographic surveys on assessment of depths through passage." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.5 (2017): 1007–1016. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1007-1016.

УДК 528.47

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДРОБНОСТИ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА ОЦЕНКУ ПРОХОДНЫХ ГЛУБИН

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

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

В статье рассматривается вопрос о влиянии подробности гидрографической съемки на величину оцениваемых по морским навигационным картам проходных глубин. Перечисляются основные задачи навигации и управления судном, решение которых напрямую связано с полнотой, точностью и достоверностью отображения рельефа дна на морских навигационных картах. Особое внимание уделяется навигационным условиям плавания крупнотоннажных судов на мелководье. Приводится перечень аварий судов в арктических морях, связанных с недостаточной гидрографической изученностью рельефа дна

на мелководных участках арктических морей. Выполнен аналитический обзор работ, посвященных влиянию основных факторов на оценку проходной глубины на мелководье. Рассматриваются основные виды промерных работ и гидрографические методы обследования дна, которые используются для определения проходных глубин. Отмечается, что только гидрографическое траление с использованием жестких тралов гарантирует надежное обнаружение локальных поднятий дна с опасными глубинами. Приводятся результаты использования жесткого трала при проводке крупнотоннажного судна по фарватерам восточной части Финского залива, описанного в статье Н. Н. Неронова (2001 г.). Подтверждено, что при обследовании дна гидрографическими методами, основанными на дискретных измерениях, значения минимальных глубин, показанных на морских навигационных картах, могут отличаться от фактических минимальных глубин. Приведен пример отображения подводного рельефа на морской навигационной карте, полученного по результатам промерных работ, выполненных с разной подробностью. Определены условия, при которых минимальные глубины, отображенные на картах, могут не совпадать с фактическими минимальными глубинами. Приведены формулы, позволяющие дать количественную оценку расхождения значений минимальных глубин. Формулы и алгоритм учета влияния подробности промера на величину проходных глубин проверены на конкретных картографических материалах. Установлены основные морфометрические характеристики рельефа дна, влияющие на точность оценок. Отмечено научное и практическое значение полученных результатов, а также определены основные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: морская навигационная карта, проходные глубины, рельеф дна, подробность промера, дискретные измерения, посадка на мель, Северный морской путь.

Для цитирования:

Афонин А. Б. Исследование влияния подробности гидрографической съёмки на оценку проходных глубин / А. Б. Афонин, И. Ю. Королёв, А. Л. Тезиков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9 — № 5. — С. 1007–1016. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1007-1016.

Введение

Одним из основных элементов нагрузки морской навигационной карты (МНК) является изображение рельефа дна в виде отметок глубин, изобат и внесмасштабных условных знаков. От полноты, точности и достоверности изображения рельефа дна на морских картах зависят условия и результаты решения задач безопасного судовождения, в том числе решение задач проработки перехода, выбора оптимального маршрута, маневрирования и управления судном в условиях минимального запаса под килем на мелководье.

Мелководные акватории являются наиболее сложными с точки зрения эксплуатации судна, так как в них резко изменяются маневренные характеристики судна, ухудшается его управляемость, увеличивается тормозной путь, возникает дополнительное проседание с изменением просадки и падение скорости. Всё это увеличивает риск навигационных аварий. При малом запасе воды под килем даже небольшие необнаруженные в процессе гидрографической съёмки (промера) поднятия дна могут представлять реальную навигационную опасность для судна. Подтверждением этому служат данные, приведённые в работе [1]. Так, а/л «Ленин» в 1971 г. к северу от острова Североморцев в Карском море коснулся грунта, находясь в районе с глубинами 20 – 30 м. Ледокол «Киев» в 1974 г. коснулся грунта северо-западнее острова Грезм-Белл в Баренцевом море в районе с глубинами от 22 до 40 м. В навигацию 1986 г. теплоход «Кандалакша» в море Лаптевых в проливе Свободная Куба коснулся грунта. Во всех указанных случаях причинами касания грунта послужили банки с глубинами над ними менее 8 м, которые не были выявлены в результате промера и, следовательно, не нанесены на карту. В процессе съёмки не были обнаружены не только сами поднятия дна, но даже и признаки их существования.

Все приведенные ранее примеры показывают, что минимальная глубина, показанная на МНК, может существенно отличаться от фактической минимальной глубины акватории. Эти расхождения, главным образом, зависят от расчленённости рельефа и подробности гидрографической съёмки. Таким образом, в условиях недостаточной гидрографической изученности возрастают риски касания грунта и посадок на мель, связанные с неверной оценкой величины проходной

глубины. Для снижения таких рисков судам рекомендовано снижать скорость, иметь дифферент «на нос», непрерывно контролировать глубины и осуществлять другие мероприятия, позволяющие снизить возможные негативные последствия аварии [2].

Исследованию факторов, оказывающих влияние на оценку проходной глубины на мелководье, посвящено большое количество исследований, результаты которых обобщены в научной, методической и учебной литературе по управлению судна. Среди авторов таких работ следует отметить труды В. И. Снопкова [3], А. С. Баскина [4], А. С. Васькова [5], К. Дж. Пламмера [6], И. В. Липатова [7], П. В. Томсона [8] и других учёных. Практически во всех этих работах предполагается, что на морских навигационных картах опасные глубины пропущены быть не могут и всегда нанесены на карту. Такое предположение может считаться достаточно обоснованным только при условии, что в акватории выполнено гидрографическое траление с использованием жестких тралов или площадное обследование с использованием многолучевых эхолотов. Во всех остальных случаях, когда при обследовании дна используются дискретные методы измерения глубин, часть опасных глубин акватории могут быть не обнаружены и, следовательно, на картах не отображены.

Вопрос о влиянии гидрографической изученности на оценку проходных глубин имеет большое значение в теории гидрографических исследований. В гидрографии он тесно связан с проблемой выбора подробности съёмки, решению которой посвящены труды Н. Д. Коломийчука [9], В. Н. Горшкова [10], А. И. Сорокина [11], Н. Н. Неронова [12], С. В. Решетняка [13]. В настоящей работе содержатся результаты исследований, которые являются логическим продолжением ранее опубликованных работ авторов [14] – [16].

Цель и задачи исследования

Целью настоящей работы является обоснование необходимости учёта подробности гидрографической съёмки при оценке проходных глубин. Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- установлены особенности определения минимальных глубин в зависимости от вида съёмки рельефа дна;
- установлена функциональная зависимость между значением гарантированной глубины и измеренными глубинами при различных видах выполнения гидрографической съёмки и обследования дна;
- выполнена сравнительная оценка отображения рельефа дна на МНК, полученного по результатам промера, выполненного с различной подробностью;
- определены основные направления дальнейших исследований.

Методы и источники информации

В работе использовались методы морфометрических измерений, методы экспертных и статистических оценок, а также методы вычисления проходных глубин, приведенных в действующих руководствах по мореплаванию.

При выполнении исследования использовались следующие источники информации:

- действующие нормативные документы, регламентирующие правила выполнения съёмки рельефа и обследования дна [17], [18];
- официальные картографические материалы [19], [20];
- опубликованные результаты расследования навигационных аварий [1];
- численные модели.

Результаты

Понятие «глубина гарантированная» в справочнике гидрографа, согласно терминологии [21, с. 43], определено как «... *наименьшая глубина в канале, на фарватере, судовом ходе, отсчитываемая от принятого нуля глубин, поддержание которой обеспечивается в течение всей навигации.*»

Термины «гарантированная глубина» и «проходная глубина» используются как синонимы при решении задач навигации.

Задача об определении гарантированной глубины на фарватере связана со значением максимальной осадки судна, для которого фарватер является безопасным.

Условие безопасного плавания судна по фарватеру в работе задается неравенством [3]:

$$d \leq Z_{\min} - \Delta Z - (\Delta d_p + \Delta d_v + \Delta d_B + \Delta d_{\text{НЗ}}), \quad (1)$$

где d — осадка судна;

$Z_{\min}$ — минимальная глубина на фарватере, приведенная к отсчетному уровню, принятому на МНК;

ΔZ — погрешность определения минимальной глубины;

Δd_p — поправка за изменение осадки, связанное с отклонением плотности воды ρ от стандартного значения ρ_0 ;

Δd_v — поправка за изменение осадки, связанная со скоростью судна V ;

Δd_B — поправка за изменение осадки, связанная с креном судна и шириной судна B ;

$\Delta d_{\text{НЗ}}$ — минимальный навигационный запас для обеспечения управляемости судна.

Все члены правой части неравенства (1) делятся на две группы. Первые два члена связаны исключительно с измерениями глубин и их отображением на МНК. Эти члены с параметрами судна не связаны, поэтому они отнесены к первой группе. Слагаемые, находящиеся в круглых скобках, связаны с размерениями конкретных судов и их динамическими характеристиками, поэтому отнесены ко второй группе.

Методика вычисления второй группы достаточно хорошо проработана и содержится в известных инструктивных и справочных документах [3] – [8], поэтому в настоящей работе не рассматривается. Основное внимание в работе уделено рассмотрению разности первых двух членов правой части неравенства (1). Этот вопрос в значительной мере относится к компетенции гидрографии, но должен также учитываться в практике мореплавания, поскольку напрямую влияет на безопасность судоходства.

Разность первых двух членов, стоящих в правой части неравенства (1), равна гарантированной глубине Z_G :

$$Z_G = Z_{\min} - \Delta Z. \quad (2)$$

В общем случае ΔZ представляет собой поправку, которая зависит от степени доверия к глубинам, нанесенным на МНК.

При высокой степени доверия поправка $\Delta Z \rightarrow 0$ и $Z_G \rightarrow Z_{\min}$. Гарантированная глубина соответствует минимальной.

При низкой степени доверия $\Delta Z \rightarrow Z_{\min}$ и $Z_G \rightarrow 0$. Последнее означает, что акватория непригодна для безопасного судоходства.

В районах, имеющих важное навигационное значение, рекомендуется выполнять гидрографическое траление. К таким районам относятся акватории портов, гаваней, рейдов и подходов к ним, фарватеры, каналы, системы разделения движения судов, районы интенсивного судоходства с глубинами до 30 м [17].

Траление представляет собой самый надёжный способ определения гарантированной глубины, так как напрямую обеспечивает обнаружение навигационных опасностей или их отсутствие на горизонте траления. Вместе с тем гидрографическое траление с использованием жёстких тралов относится к одному из наиболее трудоёмких видов гидрографических работ, что затрудняет его использование на больших по площади акваториях и протяженных фарватерах [9], [10].

Для районов, в которых выполнено гидрографическое траление, выражение (2) принимает вид

$$Z_G = Z_T - \Delta Z_T, \quad (3)$$

где Z_T — глубина траления, приведенная к отсчетному уровню, принятому на МНК;

ΔZ_T — поправка за точность удержания трала на глубине.

Пример выполнения гидрографического траления при проводке а/л «Ленин» по мелко-водному участку фарватера восточной части Финского залива подробно описан в работе [12]. На момент проводки а/л «Ленин» имел осадку 9,7 м. На фарватере был выполнен промер с междугалсовым расстоянием от 100 до 250 м, который позволил обнаружить в районе несколько банок с опасными глубинами и определить границы предполагаемого фарватера с глубинами более 11 м.

Для подтверждения заданной гарантированной глубины на фарватере было выполнено гидрографическое траление на глубину 11 м. Отсутствие пропуска опасных глубин обеспечивалось перекрытием тральных полос и высокой точностью определения их планового положения. Фарватер с объявленной гарантированной глубиной 11 м имел общую протяженность 40 км и минимальную ширину 350 м. Ширина тральной полосы составляла 20 м.

В ходе гидрографического траления на акватории было обнаружено несколько опасных глубин с отметками менее 7 м, которые промером выявлены не были.

Для районов, в которых проведение траления представляется нецелесообразным или невозможным, отображение рельефа дна на МНК строится на основе только промера. Рельеф дна в таких районах, как правило, обследуется параллельными галсами, отстоящими друг от друга, между которыми могут находиться опасные глубины. На этом основании в «Справочной книжке штурмана» [21] рекомендуется при выборе путей следования судов стремиться выходить на большие глубины для обеспечения запаса под килем 6 – 10 м. Однако данная рекомендация оправдывается не всегда.

На рис. 1 приведен фрагмент МНК № 16244 1994 г. издания [19]. Рельеф дна обследован ледовым промером с подробностью 500 × 500 м. Участок, ограниченный квадратом, расположен между изобатами 20 и 50 м. Внутри квадрата имеется минимальная глубина, равная 21 м.

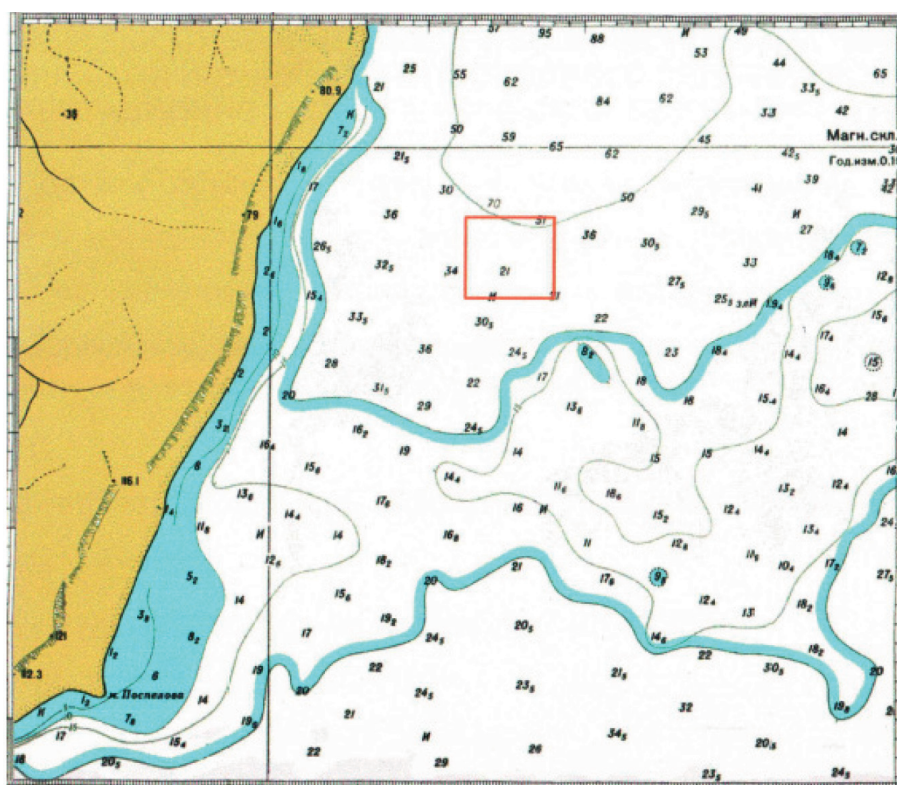


Рис. 1. Фрагмент морской навигационной карты 16244, изд. 1994 г.

Согласно рекомендациям [21], для того чтобы определить гарантированную глубину, требуется минимальную глубину, равную 21 м, уменьшить на 6 – 10 м. Акватория может считаться относительно безопасной для плавания судов с осадкой до 11 м.

По результатам повторного обследования акватории, выполненного с подробностью 100 м, к востоку от отметки 21 м были обнаружены глубины 4,2 и 7,6 м. Фрагмент МНК № 16244 изд. 2005 г. [20] приведен на рис. 2.

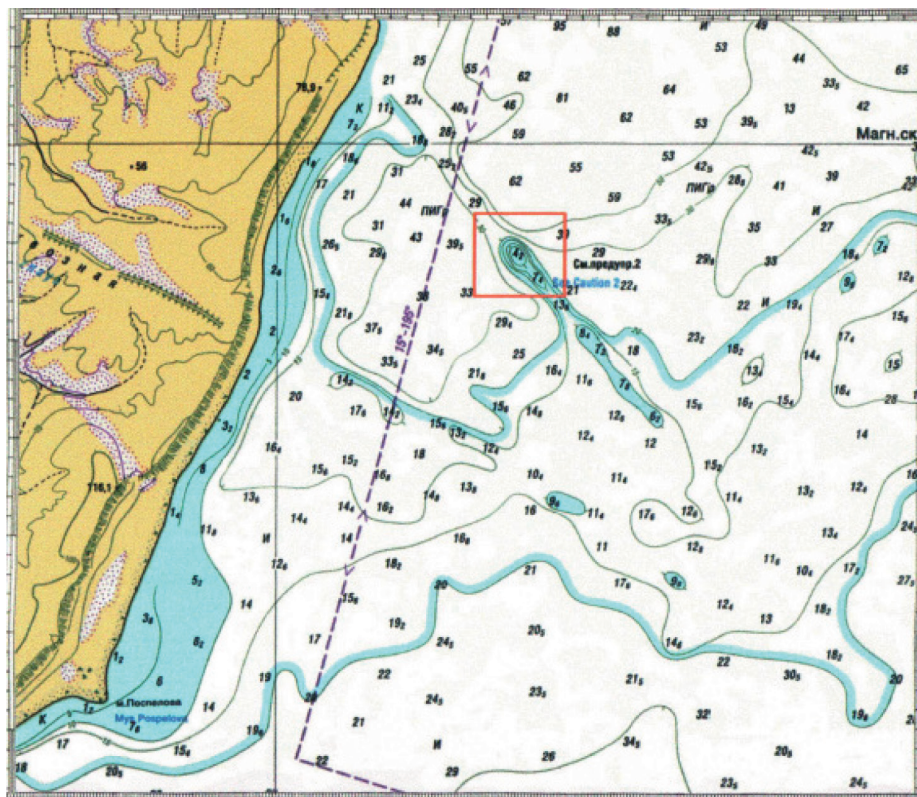


Рис. 2. Фрагмент морской навигационной карты 16244, изд. 2005 г.

Приведенный на рис. 1 и 2 пример показывает, что при недостаточной подробности промера значения минимальных глубин, отмеченных на МНК, могут иметь существенно более завышенные значения, чем указанные в справочнике [21]. Кроме того, можно предположить, что и повторно выполненный с подробностью 100 м промер (см. рис. 2) не обеспечивает в полной мере уровень доверия к отображению минимальных глубин на МНК в дообследованной акватории.

При промере параллельными галсами соотношение (2) принимает вид

$$Z_G = Z_{\min} - \Delta Z = Z_{\min} - h(L), \quad (4)$$

где h — высота локального поднятия дна, которое могло попасть в междугалсовое пространство L .

В работе [14] для оценки высоты локального поднятия дна h предложено использовать формулу

$$h(L) = \gamma \frac{L}{2}, \quad (5)$$

где γ — максимальный угол наклона элемента поверхности дна в заданной акватории.

Максимальное значение угла γ оценивается с использованием методов морфометрического анализа рельефа дна и отдельных его элементов в заданной акватории.

Рассматривая отображение рельефа дна, приведенное на рис. 1, в первую очередь, возникает вопрос о наличии признаков опасных глубин в окрестности отметки 21, расположенной в выделенном квадрате. Принятая при проведении промерных работ подробность $L = 500$ м вполне соответствует требованиям, предъявляемым к съемке на шельфе с глубинами от 20 до 50 м. Вместе с тем морфометрический анализ показывает, что максимальные углы наклона в районе достигают $3,4^\circ$.

При таком значении угла оценка гарантированной глубины в окрестности отметки 21, выполненная с использованием формул (4) и (5), принимает значение

$$Z_G = Z_{\min} - \gamma \frac{L}{2} = 21 - \frac{500 \cdot 3,4}{57,3 \cdot \sqrt{2}} \approx 0. \quad (6)$$

Полученная оценка показывает, что подробность выполненного в районе промера недостаточна. Повторная, более подробная съемка, подтверждает этот вывод. Повторная съемка показывает, что принятый в формуле (6) угол наклона имеет завышенное значение. Максимальное значение угла в окрестности отметки 21 составляет 2,8°.

Повторная съемка, выполненная с подробностью 100 м, позволила обнаружить глубину 4,2 м. Использование формулы (6) для вычисления гарантированной глубины с уточненными параметрами рельефа позволяют получить следующую оценку:

$$Z_G = Z_{\min} - \frac{L}{2} \cdot \gamma = 4,2 - \frac{100 \cdot 2,8}{2 \cdot 57,3} = 1,8. \quad (7)$$

Можно предположить, что оценка (7) также имеет несколько завышенное значение, связанное с тем, что при повторном обследовании района в местах, где были обнаружены минимальные глубины, проводится сгущение промерных галсов в 2 – 4 раза, при котором значение оценки гарантированной глубины возрастает до 3 – 3,6 м.

Обсуждение

Для получения достоверного отображения рельефа дна на МНК, при котором отмеченные на них минимальные глубины по величине совпадают с фактическими минимальными глубинами в акватории, дискретность измерений должна быть минимальной. Для достижения этой цели в последние годы в практику гидрографических исследований широко внедряется съемка, основанная на использовании многолучевых эхолотов, позволяющая получать в обследуемой полосе акватории практически непрерывную картину рельефа дна [22]. Такой вид обследования дна начал применяться в важных в навигационном отношении акваториях. По сравнению с тралением, использование многолучевых эхолотов обладает рядом существенных преимуществ, связанных с производительностью работ, а также полнотой и точностью получаемой исходной информации.

Тем не менее полное обновление МНК за счет материалов съемки с использованием многолучевых эхолотов в последующие десятилетия не предвидится из-за ограничений, связанных со сроками навигационного периода и значительной площадью мелководных частей акваторий, а также протяженностью морских путей, проходящих через них.

В акватории Северного морского пути такая съемка, в первую очередь, выполняется при обследовании морских путей для крупнотоннажных судов. При этом большая часть акватории обследована параллельными галсами и промером со льда. Часть акватории арктических морей остается необследованной.

Учет подробности промера при определении проходных глубин необходимо выполнять на мелководье, в районах с недостаточной гидрографической изученностью, в районах с низкой посещаемостью судов, особенно судов с большой осадкой, при вынужденном или преднамеренном отклонении от рекомендованных курсов, обследованных или протраленных полос.

Для решения задачи определения гарантированной глубины требуется иметь сведения о подробности съемки и основных морфометрических характеристиках рельефа дна в заданной акватории, в том числе показатели горизонтальной и вертикальной расчлененности рельефа и предельные углы наклона поверхности отдельных его элементов.

Сведения о подробности съемки и морфометрических характеристиках рельефа дна на бумажных МНК, как правило, не содержатся, поэтому такая информация для судоводителей может предоставляться как справочная, например, на электронных навигационных картах.

Заключение

На основании ранее изложенного можно сделать следующие выводы.

1. При определении проходных (гарантированных) глубин по данным, приведенным на МНК, необходимо учитывать не только значения минимальных глубин, показанных на карте, но и подробность промера, в ходе которого такие глубины были измерены.

2. На участках акватории, где было выполнено гидрографическое траление или рельеф дна обследовался с использованием многолучевых эхолотов, отмеченные на МНК минимальные глубины совпадают с фактическими минимальными глубинами.

3. Расхождение между минимальными глубинами, показанными на МНК, и фактическими минимальными глубинами могут достигать больших значений, особенно в районах с недостаточной гидрографической изученностью и в акваториях со сложным рельефом.

Основные направления дальнейших исследований будут ориентированы на решение следующих задач:

- исследование морфометрических характеристик арктических морей;
- районирование акватории арктических морей по морфометрическим характеристикам дна;
- разработка методики для оценки рисков безопасной навигации в условиях недостаточной гидрографической изученности акватории;
- разработка предложений по совершенствованию планирования промерных работ и обследованию дна арктических морей;
- разработка содержания справочной информации, необходимой для принятия решения о выборе маршрута плавания на мелководье в условиях недостаточной гидрографической изученности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решетник С. В. Формализованное представление условий, приводящих к авариям судов / С. В. Решетник, С. Г. Амельченко // Геодезия и картография. — 2007. — № 12. — С. 36–42.
2. Рекомендации по организации штурманской службы на судах Минморфлота (РПС 89). — М.: В/О «Мортехинформреклама», 1990. — 64 с.
3. Снопков В. И. Управление судном / В. И. Снопков. — СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. — 536 с.
4. Баскин А. С. Расчет проходной осадки при плавании на мелководье / А. С. Баскин // Морской транспорт. Серия: Безопасность мореплавания. — 1984. — Вып. 5 (165). — С. 13–18.
5. Васьков А. С. Выбор безопасных глубин при плавании судна на мелководье / А. С. Васьков // Морской транспорт. Серия: Безопасность мореплавания. — 1983. — Вып. 2 (152). — С. 18–22.
6. Пламмер К. Дж. Маневрирование судов в узкостях / К. Дж. Пламмер. — Л.: Судостроение, 1986. — 254 с.
7. Липатов И. В. Математическая модель динамики поведения судна при движении в стесненных условиях (на примере подходного канала шлюза) / И. В. Липатов, М. А. Решетников // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. — 2016. — № 48. — С. 24–34.
8. Томсон П. В. Учет искажения глубин судового промера на мелководье / П. В. Томсон // Судовождение. — 1979. — № 24. — С. 159–164.
9. Коломийчук Н. Д. Гидрография / Н. Д. Коломийчук. — Л.: ГУНиО СССР, 1988. — 363 с.
10. Горшков В. Н. О достоверности результатов гидрографического траления механическими тралами / В. Н. Горшков // Навигация и гидрография. — 2006. — № 23. — С. 108–111.
11. Сорокин А. И. Гидрографические исследования Мирового океана / А. И. Сорокин. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 287 с.
12. Неронов Н. Н. Особенности проводки крупнотоннажных судов по фарватерам Восточной части Финского залива / Н. Н. Неронов // Навигация и гидрография. — 2001. — № 12. — С. 107–112.
13. Решетняк С. В. Гидрографическая изученность подводного рельефа арктических морей России / С. В. Решетняк // Геодезия и картография. — 2006. — № 4. — С. 57–60.

14. *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.

15. *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.

16. *Королёв И. Ю.* Оценка допустимого отклонения пути судна от обследованной полосы / И. Ю. Королёв // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 6 (40). — С. 105–112. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-105-112.

17. Правила гидрографической службы № 4. Съемка рельефа дна. (ПГС-4). Основные положения. Ч. 1. — СПб: ГУНиО МО СССР, 1984. — 30 с.

18. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Ч. III. Инженерно-гидрографические работы при инженерных изысканиях для строительства. — М.: ФГУП ПНИИИС, 2004. — 106 с.

19. Морская навигационная карта № 16244. — СПб.: ГУНиО, 1994.

20. Морская навигационная карта № 16244. — СПб.: ГУНиО, 2005.

21. *Бурханов М. В.* Справочная книжка штурмана / М. В. Бурханов. — М.: Транспорт, 1986. — 150 с.

22. IHO Standards for Hydrographic Surveys. — 5th Edition. — February 2008. — Special Publication № 44. — International Hydrographic Bureau, Monaco. — 27 p.

REFERENCES

1. Reshetnyak, S. V., and S. G. Amelchenko. “Formalized conception of conditions, causing the shipwrecks.” *Geodesy and cartography* 12 (2007): 36–42.

2. *Rekomendatsii po organizatsii shтурманской службы на судах Минморфлота (RShS 89).* М.: В/О «Мортехинформреклама», 1990.

3. Snopkov, V. I. *Upravlenie sudnom.* SPb.: ANO NPO «Professional», 2004.

4. Baskin, A. S. “Raschet prokhodnoi osadki pri plavanii na melkovod’e.” *Morskoi transport. Seriya: Bezopasnost’ moreplavaniya* 5(165) (1984): 13–18.

5. Vas’kov, A. S. “Vybor bezopasnykh glubin pri plavanii sudna na melkovod’e.” *Morskoi transport. Seriya: Bezopasnost’ moreplavaniya* 2(152) (1983): 18–22.

6. Plammer, K. Dzh. *Manevrirovaniye sudov v uzkostyakh.* L.: Sudostroenie, 1986.

7. Lipatov, I. V., and M. A. Reshetnikov. “The ship behavior dynamics mathematical model while driving under the constrained conditions (considering the lock approach channel).” *Vestnik Voljskoy gosudarstvennoy akademii vodnogo transporta* 48 (2016): 24–34.

8. Tomson, P. V. “Uchet iskazheniya glubin sudovogo promera na melkovod’e.” *Sudovozhdenie* 24 (1979): 159–164.

9. Kolomiichuk, N. D. *Gidrografiya.* L.: GUNiO SSSR, 1988.

10. Gorshkov, V. N. “On validity of Hydrographic Sweeping by Stiff Sweeps.” *Navigation and hydrography* 23 (2006): 108–111.

11. Sorokin, A. I. *Gidrograficheskie issledovaniya Mirovogo okeana.* L.: Gidrometeoizdat, 1980.

12. Neronov, N. N. “Specific Features of Pilotage for Large-displacement Vessels along the Fairways in the Eastern Part of the Gulf of Finland.” *Navigation and hydrography* 12 (2001): 107–112.

13. Reshetnyak, S. V. “Hydrographic study of the Arctic seas underwater relief of Russia.” *Geodesy and cartography* 4 (2006): 57–60.

14. 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 admiral S. O. Makarova* 9.4 (2017): 735–743. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-735-743.

15. 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 admiral S. O. Makarova* 4(38) (2016): 62–68. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-4-62-68.

16. Korolev, Ivan Jurevich. "Evaluation of the tolerance path of the vessel from the surveyed strip." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S.O. Makarova* 6(40) (2016): 105–112. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-105-112.
17. *Pravila gidrograficheskoi sluzhby № 4. S'emka rel'efa dna. (PGS-4). Osnovnye polozheniya*. Part 1. SPb: GUNiO MO SSSR, 1984.
18. Russian Federation. Code of practice SP 11-104-97. Engineering geodesical survey for construction. M.: FGUP PNIIS, 2004.
19. *Sea navigation chart No. 16244*. SPb.: GUNiO, 1994.
20. *Sea navigation chart No. 16244*. SPb.: UNiO, 2005.
21. Burkanov, M. V. *Spravochnaya knizhka shturmana*. M.: Transport, 1986.
22. *IHO Standards for Hydrographic Surveys*. 5th Edition. February 2008. Special Publication No. 44. International Hydrographic Bureau. Monaco.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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 Yu. — 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 15 сентября 2017 г.
Received: September 15, 2017.