

IMPACT OF VESSEL DIMENSIONS AND DRAFT ON THE QUALITY OF INTEGRATED HYDROGRAPHIC SURVEYS

R.V. Ivanov, D.A. Polubelov

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

A comparative analysis of the quality of the bottom relief data obtained during the operation of two hydrographic vessels of different characteristics with pre-installed on them, identical in composition, hydrographic complexes is performed. The hydrographic vessels are examined using which the analyzed data are collected. The complexes of hydrographic equipment used in the data collection process are also considered. The methodology of shooting in the work area and the conditions under which the comparative analysis was carried out are described in detail. The problems arising from the area survey using equipment complexes based on a multipath echo sounder and side-scan sonar under adverse weather conditions, the presence of high wind waves and swell are discussed in detail. The results of the vessels average deviation from the working profiles depending on their size under the different weather conditions are given. Examples of the multibeam echo sounder data and operation of an underwater positioning system obtained using incorrect sound speed profiles are given. The results obtained during the calculation of the average number of distortions on the data from the side-scan sonar per 1 km of the working profile are presented. The necessity of further research of this issue is substantiated. The data were obtained in the process of areal survey of the Barents Sea water area in the region of Novaya Zemlya Island in the period from September to October 2016. During this period of navigation in the Barents Sea, the strong winds often interfere with the hydrographic surveys. The main purpose of this analysis is to assess the impact of the hydrographic vessel selection on the quality of the data obtained in the areas with the adverse weather conditions.

Keywords: hydrographic surveys, selection of watercraft, data quality, turnaround times.

For citation:

Ivanov, Roman V., and Denis A. Polubelov. "Impact of vessel dimensions and draft on the quality of integrated hydrographic surveys." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 11.2 (2019): 332–339. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-332-339.

УДК 551.506

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ И ОСАДКИ СУДНА НА КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Р. В. Иванов, Д. А. Полубелов

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

Выполнен сравнительный анализ качества данных о рельефе дна, полученных в процессе работы двух различных по своим характеристикам гидрографических судов с одинаковыми по своему составу гидрографическими комплексами. Рассмотрены гидрографические суда, с помощью которых осуществлялся сбор анализируемых данных, а также рассмотрены комплексы гидрографического оборудования, используемые в процессе сбора данных. Подробно описана методика выполнения съемки в районе работ и условия, при которых осуществлялся сравнительный анализ. Подробно описаны проблемы, возникающие при выполнении площадного обследования с помощью комплексов оборудования на базе многолучевого эхолота и гидролокатора бокового обзора при неблагоприятных погодных условиях, наличии высоких ветровых волн и зыби. Приведены результаты среднего отклонения судов от рабочих профилей в зависимости от их размеров при различных погодных условиях. Приведены примеры данных многолучевого эхолота и работы системы подводного позиционирования, полученные с использованием неверных профилей скорости звука. Приведены результаты, полученные в ходе подсчета среднего количества искажений на данных с гидролокатора бокового обзора на 1 км рабочего профиля. Обоснована необходимость дальнейших исследований данного вопроса. Данные были получены в процессе площадного обследования акватории Баренцева моря в районе

о. Новая земля в период с сентября по октябрь 2016 г. — в период навигации в Баренцевом море, когда не редко преобладают сильные ветра, мешающие выполнению гидрографических изысканий. Результатом данного анализа является оценка влияния выбора гидрографического судна на качество получаемых данных в районах с неблагоприятными погодными условиями.

Ключевые слова: гидрографические изыскания, выбор плавсредства, качество данных, сроки выполнения работ.

Для цитирования:

Иванов Р. В. Влияние размеров и осадки судна на качество выполнения комплексных гидрографических изысканий / Р. В. Иванов, Д. А. Полубелов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 2. — С. 332–339. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-332-339.

Введение (Introduction)

Одной из основных задач утвержденной президентом Российской Федерации «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» является создание морских пространственных данных. Для этой цели необходимо обеспечить морские зоны, находящиеся под юрисдикцией Российской Федерации и акватории Мирового океана высокоточной съемкой рельефа дна с использованием современных технических средств. В области науки и технологии данного рода деятельность будет направлена на реализацию программы развития научно-исследовательского флота Российской Федерации.

Зачастую при необходимости выполнения гидрографических изысканий¹ [1] на этапе планирования работ выбор плавсредства основывается на минимальных допустимых нормах в заданных акваториях. Данный подход к выбору судна, как показано в настоящем исследовании, приводит к снижению качества съемки [2] и увеличению сроков выполнения работ. Исходя из этого было принято решение на примере сравнительного анализа данных, полученных гидрографическими промерными партиями ОАО «Управление перспективных технологий» во время площадного обследования Баренцева моря, отразить зависимость выбора судна от качества получаемых данных в неблагоприятных погодных условиях. Данные были получены и сопоставлены в ходе одновременного выполнения съемки рельефа дна двумя разными судами в одном районе, в одних и тех же погодных условиях с использованием одинаковых комплексов гидрографического оборудования.

Целью статьи является доказательство существующей гипотезы о прямой взаимосвязи весогабаритных характеристик судна-носителя и качества выходных данных установленного на нем оборудования.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Для выполнения изысканий использовались два идентичных комплекса гидрографического оборудования на базе многолучевого эхолота (МЛЭ) «R2sonic2024» и гидролокатора бокового обзора (ГБО) «Edgetech 4200».

В состав комплексов входили:

- система позиционирования «Applanix POS MV» с датчиком динамических перемещений;
- система подводного позиционирования «HiPar350» и транспондер, закрепляемый непосредственно у буксируемого ГБО;
- МЛЭ «R2sonic 2024» и «Valeport SVS» (датчик измерения скорости звука на уровне приемной антенны эхолота);
- Valeport SVP датчик для измерения скорости звука по всему профилю в месте погружения.
- ГБО «EdgeTech4200»;
- пакет программного обеспечения для регистрации и обработки данных «Qinsy/Qimera/Sonarwiz».

¹ РД 31.74.04-2002. Технология промерных работ при производстве дноуглубительных работ и при контроле глубин для безопасности плавания судов в морских портах и на подходах к ним. М.: Министерство транспорта Российской Федерации, 2002. 88 с.

Перед началом работ комплексы были протестированы и откалиброваны с использованием общепринятых методик [3]–[4]. Рассмотрим данные, полученные в ходе выполнения работ с использованием научно-исследовательского судна «KONINGIN JULIANA» (далее — судно 1) и морского буксира-спасателя «АТРИЯ» (далее — судно 2), оборудованного спускоподъемными штангами для МЛЭ и системами подводного позиционирования, а также специальной лебедкой для осуществления буксировки ГБО (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики используемых судов

Характеристики	Научно-исследовательские суда	
	«KONINGIN JULIANA»	«АТРИЯ»
Длина	47,6	58,3
Ширина	9,8	12,6
Средняя осадка	3,9	4,88
Водоизмещение	1008 т	1618

В процессе выполнения работ галсы съемки для обоих судов строились с учетом направления волны (носом к волне) с целью минимизировать бортовую качку [5]. Каждые четыре часа с борта обоих судов в дрейфе осуществлялись спускоподъемные операции датчика измерителя скорости звука Valeport SVP [6]. Операции, осуществляемые с целью сбора данных о скорости звука по всему профилю в точках погружения, были необходимы для обработки данных, получаемых с комплексов на базе МЛЭ. Длина галсов выбиралась в зависимости от района выполнения работ и используемого оборудования. Так, галсы для площадного обследования с использованием МЛЭ не превышали 10 км из-за особенностей гидрологии в районе выполнения съемки и являлись одинаковыми по протяженности для обоих судов. В процессе выполнения работ на обоих судах велись полевые журналы с ежечастной фиксацией погодных условий в районе работ с целью проведения контрольной сверки перед финальным анализом. Для анализа были выбраны 600 линейных километров площадной съемки рельефа дна с использованием МЛЭ, полученных в ходе работы обоих судов. Данные были выбраны в процессе выполнения съемки как в благоприятных погодных условиях, так и в условиях, не являющихся таковыми в полной мере.

Результаты (Results)

По результатам данных, полученных с помощью комплексов на базе МЛЭ в неблагоприятных погодных условиях, можно выделить ряд основных факторов, которые оказывают влияние на качество получаемых данных. Так, удержание судна на рабочем профиле в момент записи данных становится затруднительным из-за порывов ветра и увеличивающегося волнения [7]. Подобная проблема лишает возможности записывать данные с заявленным равномерным перекрытием, а также может поставить под угрозу безопасность судна в момент разворотов, что зачастую становится причиной временной приостановки работ (рис. 1).

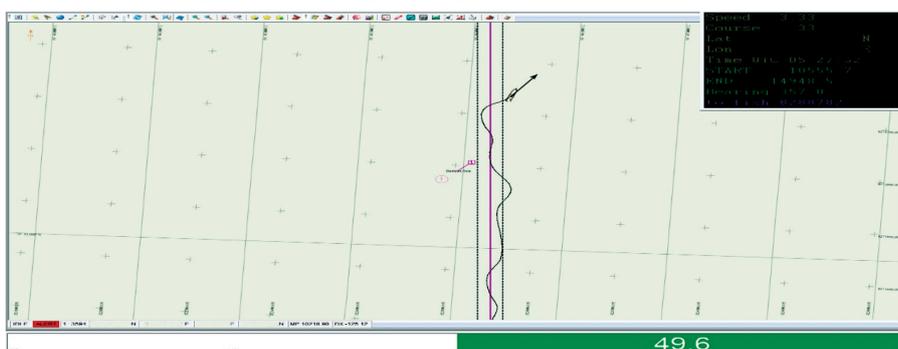


Рис. 1. Изображение, полученное с навигационного экрана с расположением судна относительно запланированного галса, стрелкой направления его движения и треком движения

В табл. 2 приведены данные волнения моря и высоты волны, а также среднее отклонение от рабочего профиля в процессе съемки.

Таблица 2

Среднее отклонение судов от заданного профиля

Волнение моря, баллы по шкале Бофорта	Высота волны, м	Зыбь, м	Среднее отклонение от рабочего профиля, м, на 1 км	
			Судно 1	Судно 2
1	0,25	0,1	0,5	Менее 0,5
2	0,25–0,5	0,3	1,5	0,5
3	0,5–0,7	0,6	3	1,2
4	0,75–1,25	0,8	5	2,2
5	1,25–2	1	7	4
6	2–3	1,5	10–12	6

Результаты наблюдений, приведенные в табл. 2, показывают, что среднее отклонение судов от рабочих профилей напрямую связано с ухудшением погодных условий [8], что, в свою очередь, оказывает влияние на уменьшение процента перекрытия в зависимости от глубины и ставит под угрозу безопасность мореплавания в зависимости от класса используемого судна и района работ [9].

Еще одной проблемой, оказывающей влияние на качество получаемых данных, выявленной в процессе работы при недостаточно благоприятных погодных условиях, является появление большого количества ошибочных измерений и пропусков данных, связанное с потерями сигнала приемной антенной МЛЭ [10]. Несомненно, это затрудняет процесс обработки полученных данных и снижает их качество в целом (рис. 2).

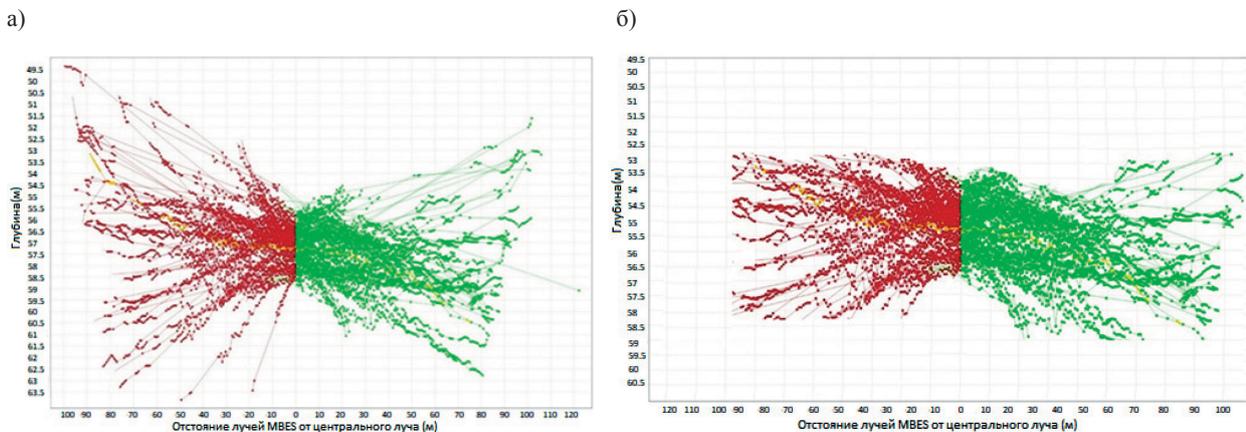
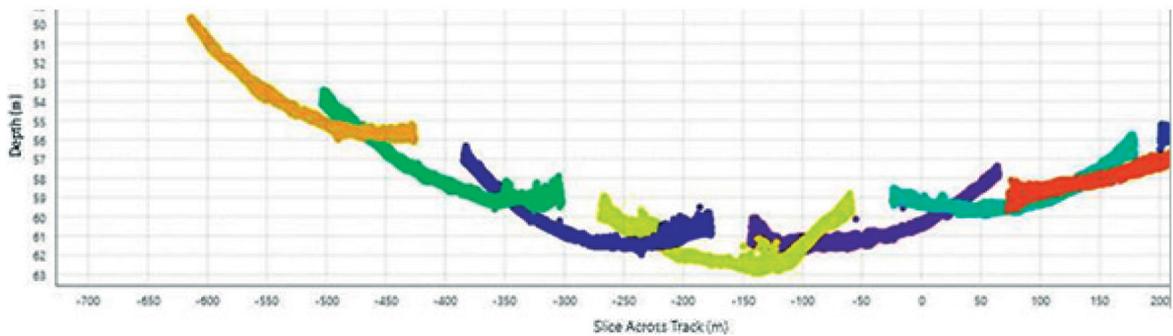


Рис. 2. Рельеф дна в разрезе, построенный по данным комплекса на базе МЛЭ с большим количеством ошибочных измерений и пропусков: а — судно 1; б — судно 2
 Условные обозначения: красным цветом обозначены лучи, находящиеся слева от центрального по направлению движения судна, зеленым — лучи, находящиеся справа от центрального луча

Как видно из данных, полученных с промерного комплекса, установленного на судне 2 (см. рис. 2, б), количество ошибочных измерений и пропусков значительно меньше, чем из данных, полученных с промерного комплекса, установленного на судне 1 (см. рис. 2, а), при одних и тех же погодных условиях, что напрямую связано с мореходными качествами судна. Как известно, данные многолучевой съемки не могут являться корректными без учета данных вертикального распределения скорости звука (ВРСЗ). Изменение величины скорости звука на разных глубинах приводит к искривлению звуковых «лучей» — рефракции. Ухудшение погодных условий затрудняет или вовсе исключает выполнение спуско-подъемных операций, а отсутствие верных данных

по профилю ВРСЗ ведет к падению качества съемки. Так, на рис. 3, а видно появление рефракции лучей МЛЭ при использовании некорректных данных скорости звука.

а)



б)

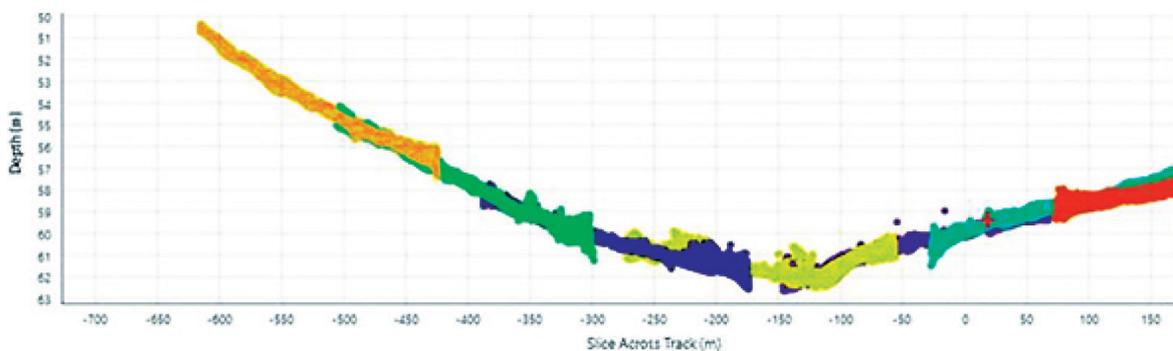


Рис. 3. Пример обработки участка съемки, выполненного с помощью промерного комплекса на базе МЛЭ: а — с неверными данными ВРСЗ и появлением рефракции; б — с использованием верного профиля скорости звука

Кроме того, при рассмотрении результатов работ комплексом на базе ГБО можно выделить несколько основных проблем. При использовании подводных систем позиционирования (Нирар 350), в случае значительного ухудшения погодных условий, возникают трудности при приеме сигнала от маяка-ответчика, что делает определение положения буксируемого объекта (в данном случае «Edgetech- 4200») нестабильным. В дальнейшем это обстоятельство негативно сказывается на качестве получаемых изображений и точности их позиционирования [11] — рис. 4.

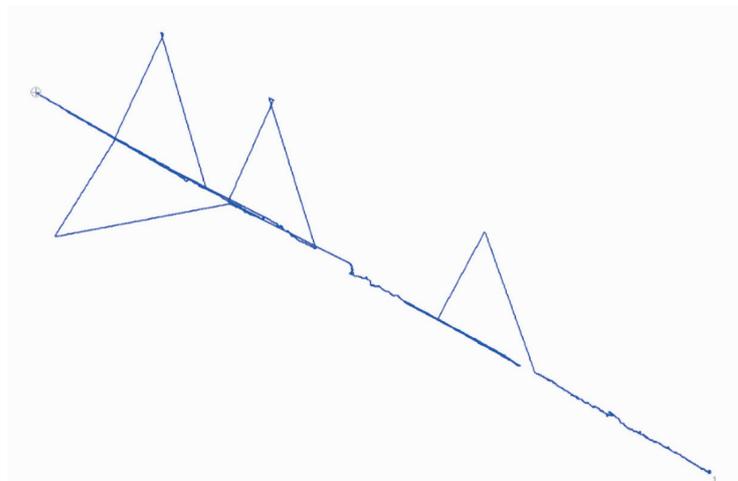


Рис. 4. Трек движения буксируемого объекта, построенный по данным системы подводного позиционирования, работающей в неблагоприятных погодных условиях

Для корректной работы системы подводного позиционирования необходим верный профиль ВРСЗ. Необходимо также отметить, что при нахождении судна курсом по направлению к волне существует эффект резкого натяжения и провисания буксировочного троса по мере преодоления судном волн, что, непременно, приводит к ухудшению качества поступающих данных. Смена курса на перпендикулярной волне с целью улучшения качества получаемых данных может поставить под угрозу безопасность судна и поэтому неприемлема [12]. На рис. 7 видны искажения данных ГБО в виде белых полос пропусков из-за рывков кабель-троса, а также нестабильной работы системы подводного позиционирования.



Рис. 7. Примеры данных съемки с использованием ГБО при высоком волнении моря

Таблица 3

Количество искажений на данных ГБО на 1 км

Волнение моря, баллы по шкале Бофорта	Высота волны, м	Среднее количество искажений на данных ГБО на 1 км
1	0,25	0
2	0,25–0,5	0
3	0,5–0,7	1–2
4	0,75–1,25	2–3
5	1,25–2	5
6	2–3	>8

На рис. 5 отображены данные ГБО без сбоя системы подводного позиционирования и с отчетливыми тенями объектов на дне.

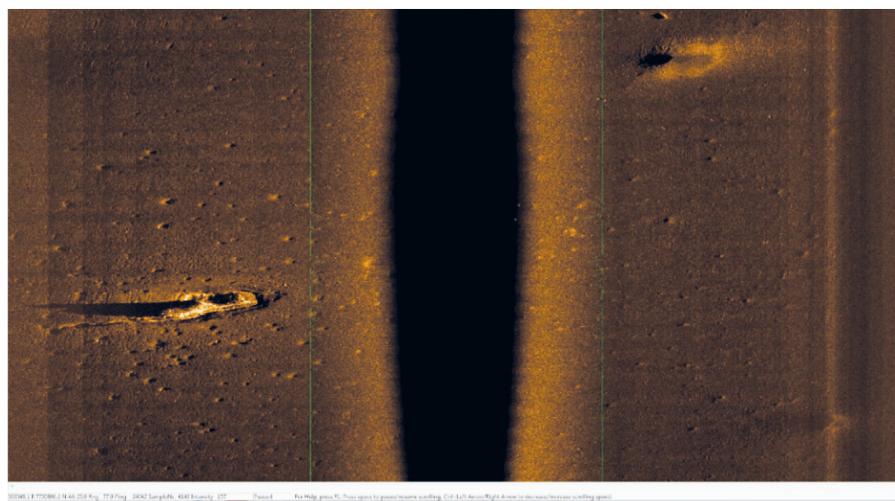


Рис. 6. Примеры данных съемки с использованием ГБО в хороших погодных условиях

Обсуждение (Discussion)

Из представленных примеров видно, что качество получаемых данных в процессе выполнения гидрографических изысканий, в районах с преобладающими сложными погодными условиями, в большой степени зависит от выбора судна. Представленный анализ рассматривает влияние размеров судна на качество данных, полученных с помощью одного комплекса оборудования из ряда большого количества аналогов. Это не позволяет рассмотреть вопрос более подробно. В дальнейшем, при наличии большего количества данных площадного обследования, полученных в ходе выполнения гидрографических изысканий с использованием различных комплексов оборудования и судов в различных погодных условиях, предлагается систематизировать и проанализировать их с целью выявления закономерностей. Подобный более подробный анализ позволит разработать свод рекомендаций по подбору оборудования с учетом тех или иных погодных условий и района плавания.

Заключение (Conclusion)

На основании выполненного исследования можно сделать вывод о том, что чем выше мореходные качества судна и чем увереннее оно способно удерживаться на рабочем профиле за счет своей конструкции в неблагоприятных погодных условиях, тем выше качество получаемых данных.

В дальнейшем планируется провести ряд исследований, направленных на выполнение сравнительного анализа данных, полученных в процессе выполнения гидрографических изысканий в различных погодных условиях с использованием различных гидрографических судов и комплексов оборудования с целью составления свода рекомендаций по подбору судов оптимальной конфигурации для выполнения того или иного вида гидрографических работ в тех или иных погодных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IHO manual on Hydrography. Publication C-13. — 1st Edition. — Monaco: International Hydrographic Bureau, 2011. — 511 p.
2. *Фирсов Ю. Г.* Основные требования к обеспечению качества современной батиметрической (топографической) съемки / Ю. Г. Фирсов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2014. — № 3 (25). — С. 171–179. DOI: 10.21821/2309-5180-2014-6-3-171-179.
3. *Godin A.* The calibration of shallow water multibeam echo-sounding systems. M. Eng. report, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No. 190 / A. Godin. — Canada: The University of New Brunswick, 1998. — 182 p.
4. *Zheng C.* Study on the calibration method of USBL system based on ray tracing / C. Zheng, Z. Li, D. Sun // 2013 OCEANS-San Diego. — IEEE, 2013. — Pp. 1–4. DOI: 10.23919/OCEANS.2013.6741034
5. *Крюков Н. Д.* Учет течений, генерируемых ветром, при плавании судов / Н. Д. Крюков, В. А. Шматков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 3 (31). — С. 23–29. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-23-29.
6. *Lenz M.* Sound velocity profiles in fluids for process monitoring / M. Lenz, E. Kühnicke // SENSOR + TEST Conferences 2011 – SENSOR Proceedings. — 2011. — Pp. 147–152.
7. *Васильев В. В.* Тенденции изменения климата на севере в Российской Арктике / В. В. Васильев, В. С. Селин // Север и рынок: формирование экономического порядка. — 2015. — № 1 (44). — С. 5–13.
8. *Глухов В. Г.* Детализация параметров опасных для мореплавания явлений погоды / В. Г. Глухов // Эксплуатация морского транспорта. — 2007. — № 2 (48). — С. 27–28.
9. Правила гидрографической службы № 4. Съемка рельефа дна судоходных морских и речных акваторий (ПГС № 4, ч. 2). — СПб.: УНиО МО РФ, 2014. — 236 с.
10. *Фирсов Ю. Г.* Основы гидроакустики и использование гидрографических сонаров: учеб. пособие / Ю. Г. Фирсов. — Изд-во «Нестор-история», 2010. — 121 с.
11. Правила гидрографической службы № 4. Съемка рельефа дна судоходных морских и речных акваторий. Требования к съемке. Организация и методы выполнения съемки, обработки и представления данных съемки (ПГС № 4, ч. 1). — СПб.: УНиО МО РФ, 2014. — 61 с.
12. Климат России. — СПб.: Гидрометеоздат, 2004. — 196 с.

REFERENCES

1. *IHO manual on Hydrography. Publication C-13*. 1st Edition. Monaco: International Hydrographic Bureau, 2011.
2. Firsov, Yu. G. "The main requirements for the bathymetric (topographic) surveying quality control." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 3(25) (2014): 171–179. DOI: 10.21821/2309-5180-2014-6-3-171-179.
3. Godin, Andre. *The calibration of shallow water multibeam echo-sounding systems*. M.Eng. report, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No. 190. Canada: The University of New Brunswick, 1998.
4. Zheng, Cuie, Zhao Li, and Dajun Sun. "Study on the calibration method of USBL system based on ray tracing." *2013 OCEANS-San Diego*. IEEE, 2013. DOI: 10.23919/OCEANS.2013.6741034.
5. Kryukov, N. D., and V. A. Shmatkov. "Account of wind currents in navigation." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 3(31) (2015): 23–29. DOI: 10.21821 / 2309-5180-2015-7-3-23-29.
6. Lenz, Michael, and Elfgard Kühnicke. "Sound velocity profiles in fluids for process monitoring." *SENSOR + TEST Conferences 2011 – SENSOR Proceedings*. 2011. 147–152.
7. Vasilyev, V. V., and V. S. Selin. "Trends of climate change on the north and in the Russian Arctic." *The North and the Market: Forming the Economic Order* 1(44) (2015): 5–13.
8. Glukhov, V. G. "Detalizatsiya parametrov opasnykh dlya moreplavaniya yavlenii pogody." *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 2(48) (2007): 27–28.
9. *Pravila gidrograficheskoi sluzhby № 4. S»emka rel'efa dna sudokhodnykh morskikh i rechnykh akvatorii (PGS № 4 Chast' 2)*. SPb.: UNiO MO RF, 2014.
10. Firsov, Yu.G. *Osnovy gidroakustiki i ispol'zovanie gidrograficheskikh sonarov»: ucheb. posobie*. Izd-vo «Nestor-istoriya», 2010.
11. *Pravila gidrograficheskoi sluzhby № 4. S»emka rel'efa dna sudokhodnykh morskikh i rechnykh akvatorii. Trebovaniya k s»emke. Organizatsiya i metody vypolneniya s»emki, obrabotki i predstavleniya dannykh s»emki (PGS № 4 Chast' 1)*. SPb.: UNiO MO RF, 2014.
12. *Klimat Rossii*. SPb.: Gidrometeoizdat, 2004.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Иванов Роман Владимирович —
 аспирант, инженер-гидрограф
Научный руководитель: Шматков Владимир Антонович — доктор технических наук, профессор
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: answerwww@yandex.ru, kaf_nge@gumrf.ru
Полубелов Денис Алексеевич —
 аспирант
Научный руководитель:
 Шматков Владимир Антонович —
 доктор технических наук, профессор
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: hydrohwhite@gmail.com, kaf_nge@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTTHORS

Ivanov, Roman V. —
 Postgraduate, Hydrographic Engineer
Supervisor: Shmatkov, Vladimir A. —
 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: answerwww@yandex.ru, kaf_nge@gumrf.ru
Polubelov, Denis A. —
 Postgraduate
Supervisor:
 Shmatkov, Vladimir A. —
 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: hydrohwhite@gmail.com, kaf_nge@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 9 Февраля 2019 г.
 Received: February 9, 2019.