

ISSN 2220-0983

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

41/2015

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ



Санкт-Петербург

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1995 ГОДА

**41
2015**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

**Главный редактор
А. Ф. Зеньков**

Редакционная коллегия:

д. в. н., проф. П. Г. Бродский (заместитель главного редактора),
д. т. н. П. И. Малеев (научный редактор); к. г.-м. н. И. Ю. Бугрова (редактор);
к. в. н. В. Ю. Бахмутов (ответственный за выпуск);
д. т. н., профессор Э. С. Зубченко, д. в. н., проф. А. И. Исмаилов;
д. в. н., проф. В. А. Катенин; к. т. н. Н. И. Леденёв; д. т. н. С. И. Мاستрюков;
д. т. н., проф. Н. Н. Неронов; акад. РАН В. Г. Пешехонов;
к. в. н. Ю. В. Румянцев; чл.-кор. РАН А. И. Сорокин;
д. т. н., профессор К. Г. Ставров; к. т. н. В. А. Титлянов,
к. т. н. А. М. Шарков, д. ф.-м. н., профессор Г. Г. Шукин

Журнал «Навигация и гидрография» включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук»

Электронная версия журнала размещена на сайте www.gningi.ru

**© Открытое акционерное общество
«Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт»
2015**

**THE STATE RESEARCH NAVIGATION-HYDROGRAPHIC
INSTITUTE**

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

PUBLISHED SINCE 1995

**41
2015**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint-Petersburg

Editor-in-chief

A. Zenkov

Editorial board

P. Brodsky, DSc, professor (vice-editor-in-chief);
P. Maleyev, DSc (science editor); I. Bugrova (editor), CandSc;
V. Bakhmutov (the issue manager), CandSc;
E. Zubchenko, DSc, professor; A. Ismailov, DSc, professor;
V. Katenin, DSc, professor; N. Ledenev, CandSc; S. Mastryukov, DSc;
N. Neronov, DSc, professor; V. Peshekhonov, DSc, Acad. RAS;
Yu. Rumyantsev, CandSc; A. Sorokin, DSc, CM RAS; K. Stavrov, DSc, professor;
V. Titlyanov, CandSc; A. Sharkov, CandSc; G. Shchukin, DSc, professor

© **Open Joint Stock Company**
«The State Research Navigation-Hydrographic Institute»

2015

СОДЕРЖАНИЕ

НАВИГАЦИЯ

О комплексном подходе в вопросах обеспечения навигационной безопасности плавания кораблей и судов. П. Г. Бродский, Г. Д. Литвинов, А. А. Лобанов, Е. И. Руденко	7
Зависимость параллакса светил от принятой модели земного эллипсоида. В. Н. Костин, А. В. Лаврентьев.....	16
К вопросу о морской границе России с Соединенными Штатами Америки в Северном Ледовитом океане. А. В. Каврайский, Е. В. Колобов, А. В. Костенич	24
Метод контроля циркуляции корабля при плавании по маршруту на основе «неалийных линий». В. Г. Косолапов.....	29
Погрешность определения места донных объектов при поиске буксируемой аппаратурой. Н. А. Нестеров	34
Анализ морских пособий, применяемых для определения места судна по наблюдениям Солнца. В. Е. Леонов, И. В. Сокол, А. С. Лазарь	42

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

Результаты морской гравиметрической съемки в полярных широтах гравиметрами «Чекан-АМ» и «Шельф-Э». В. В. Глазко, А. В. Соколов, А. А. Краснов	47
О некоторых причинах ошибок при расчёте средних значений скорости звука и плотности морской воды. В. Г. Лямзина, С. И. Мاستрюков.	51

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Новые возможности радиолокационных методов метеорологического обеспечения авиации ВМФ. Г. Г. Щукин, А. Е. Дроздов, В. Ю. Жуков, Н. Н. Жильцов, М. Ю. Ильин	59
К вопросу проектирования электронных информационно-справочных систем по гидрометеорологическому режиму морских акваторий. Н. В. Червякова, А. Ф. Глушкова	68
Методика восстановления поля геопотенциала с использованием данных, поступающих от геостационарных метеорологических искусственных спутников Земли. И. А. Готюр, П. А. Прохоренко, М. Ю. Рудь	73
Целостность геосуммы и ее связь с гидрометеорологическим обеспечением морской деятельности. Ю. Н. Жуков	78

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	83
----------------------------------	----

РЕФЕРАТЫ	89
-----------------------	----

C O N T E N T S

NAVIGATION

On Complex Approach to Problems of Navigation Safety Provision for Ships and Vessels. P. G. Brodsky, G. D. Litvinov, A. A. Lobanov, E. I. Rudenko.....	7
Dependence of Luminaries Parallax on Accepted Model of the Earth Ellipsoid V. N. Kostin, A. V. Lavrentyev.....	16
On the Maritime Frontier between Russia and the United States of America in the Arctic Ocean. A. V. Kavraisky, E. V. Kolobov, A. V. Kostenich.....	24
Method of Ship Circulation Control when Navigating along the Route Based on Non-Aligned Lines. V. G. Kosolapov.....	29
The Error in Fixing the Position of Bottom Objects in Search by Means of Towed Equipment. N. A. Nesterov.....	34
Analysis of Maritime Aids Used for Ship Position Fixing by Solar Observation. V. E. Leonov, I. V. Sokol, A. S. Lazar'.....	42

HYDROGRAPHY AND MARINE CARTOGRAPHY

Results of Marine Gravimetric Survey in Polar Latitudes, Using «Чекан-АМ» and «Шельф-Э» Gravimeters. V. V. Glazko, A. A. Krasnov, A. V. Sokolov.....	47
On Some Causes of Errors When Calculating the Average Values of Sound Velocity and Sea Water Density. V. G. Lyamsina, S. I. Mastyukov.....	51

HYDROMETEOROLOGY

New Possibilities of Radiolocation Methods of Meteorological Support for the Navy Air Force. A. E. Drozdov, N. N. Zhiltsov, G. G. Shchukin, V. Y. Zhukov, M. Y. Ilyin.....	59
Concerning the Design of Electronic Information-Reference Systems on the Hydrometeorological Regime of the Maritime Water Areas. N. V. Chervyakova, A. F. Glushkova.....	68
The Technique of Reconstruction of the Geopotential Field over the Territory not Covered by Meteorological Observations Based on the Geostationary Meteorological Satellites Data. P. A. Prokhorenko, I. A. Gotyur, M. Y. Rud'.....	73
Integrity of Geoversum and its Connection with Hydrometeorological Support for Maritime Activities. Y. N. Zhukov.....	78

INFORMATION ABOUT AUTHORS	83
--	----

ABSTRACTS	89
------------------------	----

НАВИГАЦИЯ

УДК 656.6:551.48

О КОМПЛЕКСНОМ ПОДХОДЕ В ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ

**П. Г. БРОДСКИЙ, А. А. ЛОБАНОВ,
Е. И. РУДЕНКО** (ОАО «ГНИНГИ»)

Г. Д. ЛИТВИНОВ (НИИ оперативно-стратегических
исследований строительства ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА»)

На основе анализа состояния и требований по обеспечению навигационной безопасности мореплавания обосновывается необходимость реализации комплексного подхода к развитию навигационно-гидрографического обеспечения, мониторинга и контроля судоходства.

К государственным интересам Российской Федерации в Мировом океане относятся:

- обеспечение гарантированного доступа Российской Федерации к ресурсам и пространствам Мирового океана, исключение дискриминационных действий в отношении ее со стороны отдельных государств или военно-политических блоков;
- недопущение доминирования каких-либо государств или военно-политических блоков в пространствах Мирового океана, имеющих важное значение для реализации государственных интересов Российской Федерации, особенно в прилегающих морях;
- обеспечение эффективного и безопасного функционирования водных транспортных коммуникаций;
- освоение и рациональное использование природных ресурсов Мирового океана в целях социально-экономического развития страны;
- обеспечение выгодных для Российской Федерации условий участия в международном разделении труда на рынке товаров и услуг;
- поддержание необходимого научно-технического, промышленного и кадрового потенциала, обеспечивающего морскую деятельность.

В соответствии с «Морской доктриной Российской Федерации» (Пр-1210) к основным функциональным областям морской деятельности, безопасность которых определяется навигационным обеспечением, относятся следующие [1].

1. Водный транспорт, включающий:
 - морской транспорт;
 - внутренний водный транспорт;
2. Освоение и сохранение ресурсов Мирового океана, включающее:
 - морское рыбное хозяйство;
 - морские минеральные и энергетические ресурсы;
 - морские трубопроводы;
3. Проведение морских научных исследований;

4. Военно-морская деятельность.

В настоящее время реализация этих функциональных направлений морской деятельности связана с возрастанием количества водных транспортных путей и интенсивности их использования, что существенно повышает значимость обеспечения безопасности плавания. Не случайно в функциональной области морской деятельности «водный транспорт» новая Морская доктрина («Морская доктрина Российской Федерации на период до 2030 года») включает в себя в качестве одной из долгосрочных задач «развитие и надёжное функционирование комплексной системы обеспечения безопасности мореплавания», важнейшей составляющей которой является навигационная.

В морях ежегодно гибнет около 300 судов, что составляет 0,4% от общего количества судов Мирового флота. При этом, по разным оценкам, на навигационные происшествия из всех аварийных случаев приходится около 50%. Из этого следует, что обеспечение навигационной безопасности плавания является необходимым условием охраны жизни на море и среды от загрязнения, поскольку навигационные ошибки и промахи в управлении судами приводят к человеческим жертвам, к материальному ущербу и экологическим катастрофам.

Навигационная безопасность плавания является альтернативой аварийности. Задача обеспечения навигационной безопасности водного транспорта решается соответствующими организационными и техническими мерами, в том числе и навигационно-гидрографического обеспечения (НГО), мониторинга и контроля судоходства, функционирующих совместно с системами гидрометеорологического, поисково-спасательного и других видов обеспечения безопасности морской деятельности.

Как показал анализ [2], современные средства, обеспечивающие навигационную безопасность плавания, находясь в ведении различных ведомств РФ, не связаны между собой и недостаточно управляемы. Сложившаяся ситуация не обеспечивает оперативность и эффективность навигационной безопасности плавания, что приводит к повышению рисков плавания и ущербу в решении задач социально-экономического развития страны и её безопасности.

Учитывая расширение масштабов морской деятельности России в ближайшей и долгосрочной перспективе, представляется актуальным оценить состояние навигационной безопасности мореплавания в системах НГО, мониторинга и контроля судоходства.

Навигационная безопасность плавания в России обеспечивается:

1. Корабельными (судовыми) системами и средствами;
2. Глобальными и региональными системами НГО, мониторинга и контроля судоходства, функционирующими совместно с системами морской связи [3].

Навигационная безопасность реализуется комплексом мер, к которым следует отнести:

- профессиональную подготовку судоводителей с учётом положений Конвенции ПДМНВ-78/95;
- поддержание исправного состояния и возможностей технических средств навигации и связи;
- наличие необходимого комплекта откорректированных навигационных карт, руководств и пособий для плавания;
- знание и учёт судоводителями навигационно-гидрографических и гидрометеорологических условий плавания;

- четкую организацию и выполнение процедур несения ходовой вахты;
- строгое выполнение правил плавания и Международных правил предупреждения столкновения судов;

- непрерывный контроль местоположения судна.

Международный кодекс по управлению безопасностью (МКУБ), СОЛАС, глава IX МКУБ распределяет ответственность за контроль безопасности судоходства между судовладельцем и судовым персоналом.

Основными системами навигационного обеспечения безопасности плавания являются:

- система установленных путей движения судов (УПДС);
- системы управления движением судов (СУДС): портовые, региональные (РСУДС);
- автоматические идентификационные системы (АИС);
- глобальная система мониторинга судов (СМС «Виктория»);
- отраслевая система мониторинга (ОСМ) водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля деятельности промысловых судов;
- космические навигационные системы GPS, ГЛОНАСС, ГАЛИЛЕО и их дифференциальные подсистемы;
- спутниковая система поиска и спасания (КОСПАС-САРСАТ);
- система дальней идентификации и слежения за судами (СДИ);
- глобальная морская система связи при бедствии и спасании (ГМССБ);
- система судовых сообщений;
- система дальней идентификации и слежения за судами (СДИ);
- система навигационных и метеорологических извещений мореплавателям;
- международная спутниковая система морской связи ИНМАРСАТ;
- система правил плавания и других нормативно-правовых актов, регулирующих мореплавание.

Организационные меры обеспечения безопасности обычно включают в себя:

- создание и модификацию портовых систем управления движением судов (СУДС) и региональных (РСУД), обеспечивающих плавание судов на подходах к портам и в узкостях на основе радиолокационного контроля местоположения судов на фарватерах (каналах), и предоставление судам необходимой навигационной информации в случаях возникновения затруднений и при нарушениях режима движения;
- установление правил плавания на акваториях портов;
- организацию лоцманского, буксирного и ледокольного обеспечения движения судов;
- создание, развитие и поддержание в рабочем состоянии системы средств навигационного оборудования – плавучих, береговых, светящихся, радиотехнических и пр., для обеспечения возможности высокоточного определения координат местоположения судов и ограждения навигационных опасностей;
- рациональное распределение судопотоков, включающее схемы разделения движения, зоны прибрежного плавания, глубоководные пути для судов с опасными грузами, места якорных стоянок и др.;
- обеспечение необходимых габаритов элементов, составляющих акваторию порта: разворотных мест, операционных акваторий причалов, ковшей и бассейнов; возможность непрерывного высокоточного определения места судов, гарантирующую их нахождение в отведенных полосах движения при любых условиях видимости;

- информационное обеспечение судов навигационной и гидрометеорологической информацией;
- контроль положения судов и соблюдения ими режима плавания, оказание помощи при затруднениях в определении места, а также в аварийных ситуациях;
- высокую эффективность операций при поиске и спасании, а также при ликвидации последствий аварий;
- надежную радиосвязь между всеми участниками движения и береговыми логистами-операторами, контролирующими движение в обслуживаемой зоне, а также с Морским спасательно-координационным центром (МСКЦ);
- введение нормативных актов (Правил плавания), определяющих обязанности участников движения с учетом маневренных возможностей судов, характера перевозимого груза и т. п. и систем управления этим движением.

Остановимся более подробно на анализе состояния обеспечения безопасности плавания системой НГО.

Система НГО морской деятельности Российской Федерации предназначена для создания и поддержания благоприятных навигационно-гидрографических условий для изучения, освоения и использования Мирового океана в интересах безопасности, устойчивого экономического и социального развития Российской Федерации.

Цель НГО морской деятельности Российской Федерации заключается в обеспечении требуемых уровней навигационной безопасности плавания и эффективности применения военной составляющей морского потенциала России путём создания и поддержания во внутренних морских водах, в территориальном море, экономической зоне, на континентальном шельфе Российской Федерации и, при необходимости, в других океанских районах и морских зонах благоприятной в навигационно-гидрографическом отношении обстановки, надёжно обеспечивающей эффективное изучение, освоение и использование Мирового океана в интересах безопасности, устойчивого экономического и социального развития государства, а также в предоставлении национальным и международным субъектам НГО полного спектра качественных и конкурентоспособных навигационно-гидрографических услуг.

Функционирование системы НГО включает в себя:

- съёмку физических полей морских акваторий;
- формирование данных об их состоянии;
- составление карт, пособий и других информационных материалов для снабжения потребителей;
- создание и развитие средств навигационного оборудования океанских и морских акваторий, обеспечение их функционирования;
- организацию сбора данных о фактической навигационной обстановке и прогнозирование её развития на различные сроки;
- доведение прогностических данных до конечных потребителей;
- создание технических средств НГО и оснащение ими кораблей и судов различного назначения, береговых подразделений гидрографической службы;
- организацию эксплуатации и ремонта средств НГО.

Система НГО является системой двойного (военного и гражданского) назначения, обеспечивающей в мирное время согласованность выполнения задач в сферах экономической деятельности, безопасности и подготовки страны к обороне, а в военное время – выполнение задач в интересах обороны страны.

Структуру системы НГО морской деятельности Российской Федерации составляют национальные, международные, функциональные и естественные объекты НГО.

Система НГО взаимодействует с системами:

- гидрометеорологического обеспечения;
- поиска и спасания на море;
- защиты и сохранения морской среды;

– контроля выполнения классификационных требований, входящих в Государственную систему обеспечения морской деятельности Российской Федерации.

В соответствии с действующей нормативной правовой базой Российской Федерации ответственность за НГО мореплавания разделена между федеральными органами исполнительной власти следующим образом:

– НГО морских путей, за исключением трасс Северного морского пути и морских путей в акваториях морских портов и на подходах к ним, осуществляется федеральным органом исполнительной власти в области обороны (Министерством обороны);

– НГО на трассах Северного морского пути, в акваториях морских портов и на подходах к ним осуществляется федеральным органом исполнительной власти, выполняющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере морского транспорта (Министерством транспорта).

Существующее распределение функции федеральных органов исполнительной власти в сфере НГО морской деятельности [4] не позволяют осуществлять эффективное совершенствование системы НГО по следующим основным причинам:

– не определён федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере НГО мореплавания и национальной безопасности Российской Федерации;

– не определена федеральная служба, осуществляющая надзор в области НГО мореплавания;

– функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом и правоприменительные функции в сфере НГО выполняют Министерство обороны (Управление навигации и океанографии) и Федеральное агентство морского и речного транспорта (ФГУП «Росморпорт» и ФГУП «Гидрографическое предприятие») в зонах своей ответственности. При этом Управление навигации и океанографии Минобороны РФ (Гидрографическая служба ВМФ) не имеет необходимого юридического статуса для осуществления функций контроля и надзора, а также оказания государственных навигационно-гидрографических услуг, а ФГУП «Росморпорт» – законодательной основы для осуществляемой им деятельности в сфере НГО морских портов.

Следствием несовершенства нормативной правовой базы НГО морской деятельности РФ является [5, 6]:

– дублирование функций министерств, что влечет за собой накопление противоречий в ведомственных нормативных документах;

– недопустимое затягивание практической реализации важного положения «Морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 года» о создании единой государственной гидрографической службы.

Сложившаяся ситуация привела к следующим негативным последствиям:

- неудовлетворительному состоянию изученности ряда районов плавания судов;
- сокращению объемов исследований морских и океанских зон;
- отставанию от современных потребностей конечных пользователей как по оперативности, так и по качеству, выпуска (издания) новых и корректуры действующих морских навигационных карт, руководств, пособий для плавания;
- утрате и моральному устареванию ряда материальных баз гидрографической службы;
- формальному существованию единого государственного картографо-геодезического фонда по выполненным гидрографическим работам;
- неудовлетворительной работе системы сбора информации о навигационной обстановке и отсутствию у этой системы необходимой степени оперативности.

Существующее распределение ответственности между федеральными органами исполнительной власти в области НГО не в полной мере обеспечивает:

- реализацию НГО как системы навигационного обеспечения безопасности плавания;
- единство технической политики в создании и совершенствовании систем и средств НГО;
- единство технологии разработки морских карт;
- реализацию единого информационного пространства в области НГО на основе современных информационных технологий;
- автоматизированное взаимодействие с другими системами, ответственными за безопасность морской деятельности, а также с автоматизированными системами федеральных органов исполнительной власти.

В связи с законодательно закрепленной ответственностью государства за навигационно-гидрографическое обеспечение и безопасность плавания в международно-закрепленной зоне ответственности [7] отношения в сфере НГО морской деятельности формируются в большей степени стихийно «снизу». Сформировалась целая сеть предприятий и коммерческих организаций, оказывающих услуги в области производства гидрографических исследований и работ, строительства и эксплуатации объектов, производства и поставки средств навигационного оборудования (СНО), а также морских навигационных карт и пособий для плавания.

Развитие НГО России в целом согласовано с международными решениями в этой области. Вместе с тем средний цикл разработки стандарта ИМО, включая методы его тестирования, составляет пять-шесть лет, а для сложных систем типа ECDIS (Electronic Chart Display and Information System, Электронно-картографическая навигационно-информационная система), требующих создания мировой базы данных электронных карт, инфраструктуры поддержания их актуальности и доставки потребителям, превысил 15 лет.

Одной из важных составляющих навигационного обеспечения плавания является качество цифровой навигационной информации, в первую очередь электронных навигационных карт. В настоящее время электронные карты в большинстве своём созданы на основе гидрографических съёмки начала прошлого века. Срок доведения навигационной информации до судоводителей через «Извещения мореплавателям» составляет в среднем по миру около двух месяцев с момента, когда она стала известна гидрографической службе, а файлы корректуры электронных карт создаются на основе «Извещений мореплавателям».

Один из парадоксов современной морской техники: при жёстких требованиях к механической прочности и устойчивости к воздействию среды практически не контролируется надёжность программного обеспечения. Все современные навигационные системы – это компьютеры со специальным программным обеспечением. Процедуры одобрения типа навигационного оборудования предусматривают достаточно жёсткие и дорогие испытания механической надёжности, устойчивости к воздействию агрессивной среды, защиты от влаги, электромагнитной совместимости. В то же время программное обеспечение систем проверяется только на правильность выполнения функций, заявленных производителем. При этом никак не контролируется надёжность продолжительного функционирования программного обеспечения при различных комбинациях значений атрибутов, что не позволяет сделать обоснованное заключение о потенциальной надёжности всей системы.

Направление развития технологии навигации и навигационной техники связано со все возрастающим использованием различной навигационной информации в цифровом формате. Более того, решение задач оптимизации морских перевозок при одновременном повышении безопасности судоходства затруднено без автоматизации обработки значительных массивов динамичной информации, что предполагает кардинальное изменение в НГО. Выбор модели данных, стандартизация форматов и протоколов передачи информации приобретают ключевое значение для дальнейшего развития обеспечения навигационной безопасности плавания как операторов флота, так и всех служб обеспечения судоходства.

Теперь рассмотрим состояние обеспечения безопасности плавания системами мониторинга и контроля судоходства, основными из которых являются СМС «Виктория», ОСМ, СУДС, РСУДС, АИС.

Глобальная автоматизированная система мониторинга и контроля местоположения российских морских и смешанного (река-море) плавания судов (СМС «Виктория») разработана и введена в эксплуатацию в соответствии с приказом Минтранса России от 17.07.2000 г. № 74. В системе для мониторинга судов используется российская береговая земная станция (БЗС) «Инмарсат-С», расположенная в технологическом центре «Нудоль» (Московская область) и введённая в эксплуатацию в апреле 2002 г. Вместе с тем не все российские суда зарегистрированы в системе.

Для мониторинга судов и контроля судоходства в прибрежных районах Минтрансом России используются РСУДС, созданные в России в соответствии с положениями Конвенции СОЛАС, и береговые станции автоматической идентификационной системы (АИС). В России функционируют СУДС в портах Приморск, Мурманск, Архангельск, Балтийск, Новороссийск, Порт Кавказ, Темрюк и РСУДС в акваториях Финского залива – г. С.-Петербург, залива Петра Великого – г. Находка и г. Владивосток.

Большинство указанных выше систем корректно выполняют возложенные на них функции и обеспечивают решение специфических задач. Однако уровень их взаимодействия друг с другом и другими информационными системами в регионе остаётся недостаточным. Разработка СУДС и РСУДС велась большим количеством различных компаний («Транзас», «МКиС» (Россия), «Аления» (Италия), «Равенство» (Россия) «Норконтрол» (Норвегия) «Верес» (Россия) «Атлас Электроник» (Германия) «Скантер» (Дания) «Рэйтеон» (США), которые применяли при их разработке различные, порой несовместимые, информационные технологии, что является причиной их

несовместимости с другими системами в области обеспечения навигационной безопасности плавания и уязвимости от сторонних воздействий.

Кроме этого, в настоящее время не реализуется автоматизированное взаимодействие существующих систем контроля безопасности судоходства и обеспечения безопасности мореплавания с региональными информационно-аналитическими центрами ВМФ на морских театрах, создаваемыми в рамках федеральной целевой программы «Мировой океан» в интересах реализации единого информационного пространства.

Отдавая должное существенному развитию систем обеспечения безопасности мореплавания в отдельно взятых портах, регионах или сферах деятельности, необходимо отметить недостаточную скоординированность проектов даже одного уровня. Различия в исходной информации зачастую не позволяют обеспечить унификацию одних и тех же данных. Это свидетельствует об отсутствии комплексного системного подхода к созданию технических систем обеспечения контроля безопасности судоходства и обеспечения безопасности мореплавания и является следствием отсутствия координирующего органа в структуре федеральных органов исполнительной власти. Существующее положение в данной области не обеспечивает создание и функционирование единой государственной глобальной автоматизированной системы мониторинга и контроля за местоположением российских судов и наблюдения за обстановкой в Мировом океане, создаёт трудности реализации единого информационного пространства сферы навигационного обеспечения безопасности плавания.

Таким образом, анализ состояния систем НГО и безопасности мореплавания позволяет сделать следующие выводы:

- большинство отмеченных систем навигационного обеспечения безопасности плавания разделено между различными федеральными органами исполнительной власти, что не обеспечивает их целостности;
- в развитии средств и систем навигационного обеспечения безопасности плавания преобладает инициатива «снизу» и недостаточна координация «сверху»;
- развитие рассматриваемых систем не обеспечено единым руководством соответствующих органов исполнительной власти как на федеральном, так и на региональном уровне;
- взаимодействие систем и их отдельных компонентов не обеспечено применением единых базовых современных информационных технологий;
- портовые и региональные СУДС не унифицированы, различаются архитектурой, типами и возможностями технических и программных средств и не совместимы (или сложно совместимы) с другими системами.
- техническая политика в области обеспечения навигационной безопасности плавания недостаточно ориентирована на современные технологии и отечественные «ноу-хау», позволяющие поднять уровень решения проблемы;
- существующие системы обеспечения навигационной безопасности плавания не взаимодействуют с автоматизированными системами федеральных органов исполнительной власти;
- состояние систем на 2015 год не соответствует требованиям «Морской доктрины Российской Федерации на период до 2030 года».

Учитывая уровень развития отдельных составляющих обеспечения навигационной безопасности плавания в Российской Федерации и существующие проблемы в этой области, можно сделать вывод, что настало время реализации комплексного

подхода к их развитию на основе системных решений в организационной, технической и нормативно-правовой областях.

В заключение следует отметить, что значительная роль в решении проблемы навигационной безопасности плавания в современных условиях принадлежит разработке и внедрению концепции e-Navigation, которая определена как «согласованные сбор, комплексирование, передача, воспроизведение и анализ информации о ситуации на море, на берегу с использованием электронных средств с целью совершенствования процесса плавания «от причала к причалу» и функционирования соответствующих служб для обеспечения надежности и безопасности мореплавания, а также защиты окружающей морской среды [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Морская доктрина Российской Федерации: доктрина (утверждена Президентом Российской Федерации от 17 июня 2015 года (Пр-1210)
2. «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности». НГО-2011. Труды конференции. – СПб: ОАО «ГНИНГИ», 2011. – 704 с.
3. Катенин В. А., Дмитриев В. И. *Навигационное обеспечение судов в акватории*. М.: КИРГА, 2014. – 100 с.

УДК 527.0

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАЛЛАКСА СВЕТИЛ ОТ ПРИНЯТОЙ МОДЕЛИ ЗЕМНОГО ЭЛЛИпсоИДА

В. Н. КОСТИН, А. В. ЛАВРЕНТЬЕВ
(ОАО «ГНИНГИ»)

В статье рассматриваются параллаксы светил не только по высоте, но и по азимуту, а также зависимость параллакса от используемых референц-эллипсоидов Земли. Показано, что модели референц-эллипсоидов не влияют на величину параллакса светил с достаточной для морской астронавигации точностью.

В общем случае параллаксом (греч. – уклонение) называется кажущееся изменение положения или смещение какого-либо объекта вследствие перемещения наблюдателя. В астрономии под *параллаксом* или *параллактическим смещением* небесного светила понимается угол, под которым наблюдается радиус Земли или радиус ее орбиты относительно центра светила. В первом случае имеем дело с *суточным параллаксом*, во втором – с *годовым параллаксом* [1–3]. Величина параллакса зависит главным образом от расстояния до светила. В морской астронавигации обычно используется суточный параллакс. Годичный параллакс не превышает 0,76" для ближайшей звезды (Проксима Центавра), и в морской практике им зачастую пренебрегают. Знание параллакса необходимо для перехода из топоцентрической системы координат в геоцентрическую систему координат.

Учитывая точность современных и перспективных измерительных средств морской астронавигации, параллаксы светил необходимо знать с предельной погрешностью не более 3" (с вероятностью $P = 0,997$), основываясь на том, что погрешность поправки не должна превышать 1/3 величины поправки.

Обычно рассматривают параллакс по высоте. Параллакс по азимуту не учитывают, поскольку считают, что он незначителен и им можно пренебречь. Проанализируем этот вопрос.

Воспользуемся соотношениями, используемыми в фундаментальной астрономии для перехода между горизонтальными топоцентрическими координатами светила ($z_{тц}$ и $A_{тц}$) и геоцентрическими координатами (z и A) в астрономической системе счета [3]:

$$\left. \begin{aligned} z_{тц} - z &= p_0 \frac{p}{a} \sin[z_{тц} - (\varphi - \varphi') \cos A_{тц}]; \\ A_{тц} - A &= \frac{p_0 \frac{p}{a} \sin(\varphi - \varphi') \sin A_{тц}}{\sin z_{тц}}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $z_{\text{тц}}$ и Z – топоцентрическое и геоцентрическое зенитные расстояния светила;
 $A_{\text{тц}}$ и A – топоцентрический и геоцентрический азимуты светила в астрономической системе счета;

p_0 – горизонтальный экваториальный параллакс светила – приводится в морском астрономическом ежегоднике (МАЕ);

ρ – радиус Земли в месте наблюдения;

a – экваториальный радиус Земли;

φ' – геоцентрическая широта места наблюдения;

φ – астрономическая широта места наблюдения.

При переходе к навигационной системе счета соотношения (1) между горизонтальными топоцентрическими координаты светила ($h_{\text{тц}}$ и $A_{\text{тц}}$) и геоцентрическими координатами (h и A) принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} p_h = h - h_{\text{тц}} &= p_0 \frac{\rho}{a} \cos[h_{\text{тц}} - (\varphi - \varphi') \cos A_{\text{тц}}]; \\ p_A = A - A_{\text{тц}} &= \frac{p_0 \frac{\rho}{a} \sin(\varphi - \varphi') \sin A_{\text{тц}}}{\cos h_{\text{тц}}}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где p_h – параллакс светила по высоте;

p_A – параллакс светила по азимуту;

$h_{\text{тц}}$ и h – топоцентрическая и геоцентрическая высоты светила;

$A_{\text{тц}}$ и A – топоцентрический и геоцентрический азимуты светила в навигационной системе счета ($A_{\text{н}}$), которые связаны с астрономическим азимутом ($A_{\text{а}}$) соотношением: $A_{\text{н}} = A_{\text{а}} + 180^\circ$.

Непосредственно при астрономических наблюдениях измеряется только астрономическая широта. Из геодезических измерений определяется уклонение отвеса в данном месте наблюдений, т. е. несовпадение отвесной линии с нормалью к эллипсоиду, которое дает возможность из астрономической широты получить геодезическую. Поскольку отклонение отвеса, как правило, меньше 3" (исключая аномальные места), в астрономических задачах им пренебрегают и не делают различия между астрономической и геодезическими широтами [3].

Для решения уравнений (2) используются референц-эллипсоиды Земли, основными элементами которых являются [3]:

a и b – большая и малая полуоси;

α – полярное сжатие;

e – эксцентриситет.

Элементы референц-эллипсоидов связаны между собой соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} b &= a(1 - \alpha) = a\sqrt{1 - e^2} ; \\ \alpha &= \frac{a - b}{a} = 1 - \frac{b}{a} = 1 - \sqrt{1 - e^2} ; \\ e^2 &= \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 1 - \frac{b^2}{a^2} = 2\alpha - \alpha^2 . \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Большие полуоси, полярные сжатия и квадраты эксцентриситета современных высокоточных референц-эллипсоидов приведены в табл. 1 [4, 5].

Таблица 1

Референц-эллипсоиды Земли

Референц-эллипсоид	Большая полуось a , м	Полярное сжатие α	Квадрат эксцентриситета e^2
СК-42 (Красовского)	6 378 245	1/298,3 = 0,0033523299	0,0066934215
WGS-84	6 378 137	1/298,257223563 = 0,00335281066	0,0066943801
ПЗ-90	6 378 136	1/298,257839 = 0,003352803746	0,0066943663
СК-95	6 378 245	1/298,3 = 0,0033523299	0,0066934215
ПЗ-90.2	6 378 136	1/298,25784 = 0,003352803735	0,0066943661
ПЗ-90.11	6 378 136	1/298,25784 = 0,003352803735	0,0066943661
ГСК-2011	6 378 136,5	1/298,2564151 = 0,003352819753	0,0066943982

С учетом эксцентриситета референц-эллипсоидов, геоцентрическая широта φ' вычисляется по формуле [3]:

$$\varphi' = \varphi - \frac{1}{2}(e^2 + \frac{1}{2}e^4) 206264,8'' \sin 2\varphi + \frac{1}{8}e^4 206264,8'' \sin 4\varphi + \dots, \quad (4)$$

где φ – астрономическая (точнее, геодезическая) широта;

$e = \sqrt{2\alpha - \alpha^2}$ – эксцентриситет Земли;

α – полярное сжатие Земли.

Коэффициенты выражения (4) для различных референц-эллипсоидов приведены в табл. 2.

Для эллипсоида ГСК-2011 выражение (4) имеет вид:

$$(\varphi - \varphi') = 692,72098'' \sin 2\varphi - 1,1554688'' \sin 4\varphi + \dots, \quad (5)$$

и для максимально отличного от него (по величинам a и α) эллипсоида СК-42

$$(\varphi - \varphi') = 692,61888'' \sin 2\varphi - 1,1551316'' \sin 4\varphi + \dots \quad (6)$$

Таблица 2

Коэффициенты выражения (4) для различных референц-эллипсоидов

Референц-эллипсоид	$\frac{1}{2}(e^2 + \frac{1}{2}e^4)$	$\frac{1}{2}(e^2 + \frac{1}{2}e^4) \times$ $\times 206264,8''$	$\frac{1}{8}e^4$	$\frac{1}{8}e^4 \times$ $\times 206264,8''$
СК-42	0,0033579112	692,61888	0,0000056002363	1,1551316
WGS-84	0,0033583937	692,71840	0,0000056018406	1,1554625
ПЗ-90	0,0033583868	692,71698	0,0000056018175	1,1554578
СК-95	0,0033579112	692,61888	0,0000056002363	1,1551316
ПЗ-90.2	0,0033583867	692,71696	0,0000056018171	1,1554577
ПЗ-90.11	0,0033583867	692,71696	0,0000056018171	1,1554577
ГСК-2011	0,0033584028	692,72098	0,0000056018708	1,1554688

Коэффициент при $\sin 2\varphi$ отличается для различных референц-эллипсоидов максимум на $0,1021''$, при $\sin 4\varphi$ – максимум на $0,0003372''$. Очевидно, что такими отличиями в морской астронавигации можно пренебречь.

Разность между геоцентрической и астрономической широтами для различных референц-эллипсоидов не превышает $12'$. На полюсах и на экваторе Земли разность равна нулю.

При учете последующих членов ряда (4), выражение (4) преобразовывается с достаточной степенью точности в соотношение относительно полярного сжатия Земли:

$$(\varphi - \varphi') = \alpha \sin 2\varphi = 206264,8'' \cdot \alpha \sin 2\varphi. \quad (7)$$

Радиус Земли ρ в месте наблюдения вычисляется с использованием формулы [3]:

$$\frac{\rho}{a} = 1 - \frac{1}{2}(1 - e^2) e^2 \sin 2\varphi - \frac{5}{8} e^4 \sin^4 \varphi + \dots, \quad (8)$$

где φ и e – те же величины, что и в формуле (4), а a – экваториальный радиус Земли.

Коэффициенты выражения (8) для различных систем координат приведены в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты выражения (8) для различных референц-эллипсоидов

Референц-эллипсоид	$\frac{1}{2}(1 - e^2)$	$\frac{5}{8}e^4$
СК-42	0,0033243099	0,000028001182
WGS-84	0,0033247826	0,000028009203
ПЗ-90	0,0033247757	0,000028009087
СК-95	0,0033243099	0,000028001182
ПЗ-90.2	0,0033247756	0,000028009086
ПЗ-90.11	0,0033247756	0,000028009086
ГСК-2011	0,0033247916	0,000028009355

Для эллипсоида ГСК-2011 выражение (8) имеет вид:

$$\frac{\rho}{a} = 1 - 0,0033247916 \sin^2\varphi - 0,000028009355 \sin^4\varphi + \dots, \quad (9)$$

и для максимально отличного от него (по величинам a и α) эллипсоида СК-42

$$\frac{\rho}{a} = 1 - 0,0033243099 \sin^2\varphi - 0,000028001182 \sin^4\varphi + \dots \quad (10)$$

Коэффициенты при $\sin^2\varphi$ различаются для различных референц-эллипсоидов максимум на $4,817 \cdot 10^{-7}$, при $\sin^4\varphi$ – максимум на $8,173 \cdot 10^{-9}$. Такими отличиями также можно пренебречь в морской астронавигации, поскольку они дают отличие в поправке горизонтального экваториального параллакса в зависимости от принятой эллипсоидальной формы Земли для Луны не более $\Delta p_0 = 61,5 \cdot 4,817 \cdot 10^{-7} = 0,00002962455' = 0,001777473''$, что тем более пренебрежимо мало для всех остальных светил.

При учете последующих членов ряда (8), выражение (8) преобразовывается с достаточной степенью точности в известное соотношение относительно полярного сжатия Земли [1, 2]

$$\frac{\rho}{a} = 1 - \alpha \sin^2\varphi. \quad (11)$$

Теперь рассмотрим степень влияния референц-эллипсоидов на вычисление параллаксов светил по формулам (1).

Первый член выражения (5) для эллипсоида ГСК-2011 дает положительную или отрицательную поправку к параллаксу Луны по высоте Δp_h не более $12,392463''$, с учетом дополнительного второго члена – не более $12,413137''$. Второй член изменяет поправку максимум на $0,020674''$, чем в морской астронавигации можно пренебречь.

Первый член выражения (6) для эллипсоида СК-42 дает положительную или отрицательную поправку к параллаксу Луны по высоте Δp_h не более $12,39066''$, с учетом дополнительного второго члена – не более $12,411333''$. Второй член изменяет поправку максимум на $0,020673''$, чем в морской астронавигации можно пренебречь.

В результате при учете первого члена выражений (5) и (6) различие в параллаксе Луны p_h между эллипсоидами ГСК-2011 и СК-42 составит не более $0,001803''$, а с учетом второго члена – не более $0,001804''$. Поэтому при использовании формул (5) и (6) для вычисления p_h в морской астронавигации можно считать эти референц-эллипсоиды идентичными.

Если вместо соотношений (5) и (6) использовать формулу (7), то величина $(\varphi - \varphi')$ составляет не более $691,56870''$ для эллипсоида ГСК-2011 и не более $691,46763''$ для эллипсоида СК-42. Отличие $0,10107''$ в величине $(\varphi - \varphi')$ приводит к различию значений p_h для Луны не более $0,001803''$, которым в морской астронавигации можно пренебречь не только для Луны, но и для остальных светил.

Перейдем к рассмотрению параллакса Луны по азимуту p_A . В соответствии с формулами (5), (6) и (2) параллаксы по азимуту p_A отличаются для эллипсоидов ГСК-2011 и СК-42 максимум на $1,0470''$ для Луны, на $0,009018''$ для Венеры, на $0,006809''$ для Марса и на $0,002553''$ для Солнца при высоте светил $h_{\text{тц}} = 89,9^\circ$. При

высоте светил $h_{\text{тц}} = 80^\circ$ различие значений p_A для эллипсоидов ГКС-2011 и СК-42 уменьшится примерно в 100 раз и составит максимум $0,010518''$ для Луны, $0,00009060''$ для Венеры и еще меньше для остальных светил. Очевидно, что такими отличиями значений p_A для различных референц-эллипсоидов в морской астронавигации можно пренебречь.

Аналогично, в соответствии с формулами (7) и (2) параллаксы по азимуту p_A отличаются для эллипсоидов ГКС-2011 и СК-42 максимум на $1,0356''$ для Луны, на $0,008927''$ для Венеры, на $0,006737''$ для Марса и на $0,002526''$ для Солнца при высоте светил $h_{\text{тц}} = 89,9^\circ$. При высоте светил $h_{\text{тц}} = 80^\circ$ различие значений p_A для эллипсоидов ГКС-2011 и СК-42 уменьшится примерно в 100 раз и составит максимум $0,010407''$ для Луны и еще меньше для других светил. Такими отличиями значений p_A для различных референц-эллипсоидов в морской астронавигации можно пренебречь.

Таким образом, можно сделать заключение, что при переходе из старых референц-эллипсоидов СК-42, СК-95 и ПЗ-90.02 в новые ПЗ-90.11 и ГСК-2011 различие в значениях параллаксов светил не превысит $0,00180''$ или $0,000030'$ для p_h , а для p_A не превысит $1,04''$ или $0,017'$ при $h_{\text{тц}} = 89,9^\circ$ и $0,0104''$ или $0,00017'$ при $h_{\text{тц}} = 80^\circ$.

Учитывая, что измерение светил осуществляется на высотах менее 80° , различие старых и новых референц-эллипсоидов применительно к морской астронавигации можно пренебречь.

Теперь рассмотрим количественные оценки параллаксов светил.

Параллаксы светил по высоте p_h положительные и не превышают горизонтальный экваториальный параллакс светила p_0 . Максимальные поправки к параллаксу p_h за счет разности широт ($\varphi - \varphi'$), вычисленной по формуле (7), приведены в табл. 4, 5 для эллипсоидов ГСК-2011 и СК-42.

Таблица 4

Максимальные поправки к параллаксу светил по высоте p_h за счет учета разности широт ($\varphi - \varphi'$) для референц-эллипсоида ГСК-2011

$h_{\text{тц}}$	Δp_h Луны	Δp_h Венеры	Δp_h Марса	Δp_h Солнца
0°	$0,020664''$	$0,00017808''$	$0,0001344''$	$0,0000504''$
10	2,1279492	0,018338424	0,01384032	0,00519012
30	6,1678722	0,053154018	0,04011624	0,01504359
60	10,703952	0,09224544	0,0696192	0,0261072
80	12,180284	0,1049683	0,07922136	0,02970801
90	12,371854	0,10661923	0,080467344	0,030175254

Таблица 5

Максимальные поправки к параллаксу светил по высоте p_h за счет учета разности широт ($\varphi - \varphi'$) для референц-эллипсоида СК-42

$h_{\text{тц}}$	Δp_h Луны	Δp_h Венеры	Δp_h Марса	Δp_h Солнца
0°	$0,020664''$	$0,00017808''$	$0,0001344''$	$0,0000504''$
10	2,1277278	0,018336516	0,01383888	0,00518958
30	6,1670604	0,053147022	0,04011096	0,01504161
60	10,702476	0,09223272	0,0696096	0,0261036
80	12,178513	0,10495304	0,07920984	0,02970369
90	12,370051	0,10660369	0,080455614	0,030170855

Из табл. 4, 5 видно, что максимальные разности широт $(\varphi - \varphi') = 691,56870'' = 11,526145'$ для эллипсоида ГСК-2011 и $(\varphi - \varphi') = 691,46763'' = 11,52446'$ для эллипсоида СК-42 дают существенные положительные или отрицательные поправки к величине p_h до $\Delta p_h = \pm 12,37'' = \pm 0,206'$ только для Луны и то в экстремальных ситуациях. Поэтому в морской астронавигации разность широт $(\varphi - \varphi')$ не учитывают при вычислении параллакса светил по высоте p_h .

Параллаксы светил по азимуту p_A могут быть положительными и отрицательными и зависят не только от горизонтального экваториального параллакса светила p_0 , но и от $\text{sech}h_{\text{тп}}$. Максимальные параллаксы светил по азимуту p_A в зависимости от максимальной разности широт $(\varphi - \varphi')$, вычисленной по формуле (7), приведены в табл. 6, 7 для эллипсоидов ГСК-2011 и СК-42.

Таблица 6

Максимальные параллаксы светил по азимуту p_A за счет учета разности широт $(\varphi - \varphi')$ для референц-эллипсоида ГСК-2011

$h_{\text{тп}}$	p_A Луны	p_A Венеры	p_A Марса	p_h Солнца
0°	12,371881''	0,10661946''	0,080467518''	0,030175319''
10	12,562737	0,10826423	0,081708858	0,030640821
30	14,285815	0,12311353	0,092915874	0,034843452
60	24,743761	0,21323892	0,16093504	0,06035064
70	36,172959	0,31173444	0,23527128	0,08822673
80	71,246823	0,61399698	0,46339397	0,17377274
89,9	7088,5692	61,088489	46,104516	17,289193

Таблица 7

Максимальные параллаксы светил по азимуту p_A за счет учета разности широт $(\varphi - \varphi')$ для референц-эллипсоида СК-42

$h_{\text{тп}}$	p_A Луны	p_A Венеры	p_A Марса	p_A Солнца
0°	12,370073''	0,10660388''	0,080455758''	0,030170909''
10	12,560901	0,10824841	0,081696918	0,030636344
30	14,283728	0,12309554	0,092902296	0,034838361
60	24,740146	0,21320776	0,16091152	0,06034182
70	36,167674	0,31168889	0,2352369	0,088213836
80	71,236416	0,61390728	0,46332626	0,17374735
89,9	7087,5336	61,079556	46,097779	17,286667

Учитывая, что в морской астронавигации измерения, как правило, проводятся при высотах светил менее 80°, параллакс по азимуту существенен только для Луны и не превышает $p_A = \pm 71,2'' = \pm 1,187'$. Для невысокоточных измерительных средств обычно параллакс по азимуту не учитывается, но для высокоточных систем учитывать p_A крайне необходимо.

Выводы

1. Каждое светило в зависимости от принятой модели Земли имеет параллакс как по высоте, так и по азимуту.

2. Величина параллакса ближайших светил значительна, и его надо учитывать в виде поправки, в первую очередь, для Луны.

3. Для высокоточных астронавигационных измерительных средств при вычислении параллакса Луны по высоте p_h необходимо учитывать разность между геодезической и геоцентрической широтами ($\varphi - \varphi'$), которая дает поправку к параллаксу Луны до $\Delta p_h = \pm 12,4'' = \pm 0,206'$.

4. Для высокоточных астронавигационных измерительных средств необходимо учитывать параллакс Луны по азимуту p_A , который может достигать значения $p_A = \pm 71,2'' = \pm 1,187'$ при высотах $h \leq 80^\circ$.

5. В морской астронавигации при определении параллакса светил можно использовать любые современные референц-эллипсоиды Земли без потери точности вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матусевич Н. Н. Основы мореходной астрономии. – Л.: УНГС ВМФ, 1956. – 548 с.
2. Скородумов П. П. Курс кораблевождения. Том II. Мореходная астрономия. – Л.: УГС ВМФ, 1963. – 528 с.
3. Астрономический календарь. Постоянная часть. – М.: Наука, 1973. – 728 с.
4. Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90.11). Справочный документ. – М.: ВТУ ГШ ВС РФ, 2014. – 52 с.
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1463. О единых государственных системах координат. – М.: Правительство РФ, 2012. – 4 с.

DEPENDENCE OF LUMINARIES PARALLAX ON ACCEPTED MODEL OF THE EARTH ELLIPSOID

V. N. Kostin, A. V. Lavrentyev («GNINGI» OJSC)

The parallaxes of luminaries are considered not only by the altitude but also by the azimuth. The dependence of parallaxes on the used reference-ellipsoid of the Earth is considered as well. It is shown that the models of reference-ellipsoids do not influence the value of luminaries parallax with accuracy sufficient for maritime astronavigation.

УДК 528.28

**К ВОПРОСУ О МОРСКОЙ ГРАНИЦЕ РОССИИ С СОЕДИНЕННЫМИ
ШТАТАМИ АМЕРИКИ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ**

**А. В. КАВРАЙСКИЙ, Е. В. КОЛОБОВ,
А. В. КОСТЕНИЧ (ОАО «ГНИНГИ»)**

В статье показано, что морская граница РФ с США в Северном Ледовитом океане, указанная в Соглашении между СССР и США от 01.06.1990 г., не ратифицированном Россией, географически совпадает с соответствующей границей, указанной в российско-американской Конвенции от 18 (30) марта 1867 г.

Акватория Северного Ледовитого океана (СЛО) является важной сферой государственных интересов России в области экономической и оборонной деятельности. В настоящее время в арктической акватории выполняются всесторонние национальные и международные исследования рядом стран, в первую очередь приарктическими (США, Канада, Норвегия, Дания, Россия). Одной из задач исследований является определение и обоснование национальных границ континентального шельфа и его глубоководного продолжения в Арктике. Из сказанного вытекает актуальность определения и юридического закрепления линий разграничения морских пространств (морских границ) между Российской Федерацией и прилежащими арктическими государствами – Норвегией и США.

Морская граница с Норвегией в результате многолетних переговоров установлена и узаконена соглашением между Россией и Норвегией от 2010 г. [1].

Линию разграничения морских пространств между Россией (СССР, РФ) и США в Северном Ледовитом океане (СЛО) в разное время и по-разному устанавливали следующие документы:

А) Российско-американская Конвенция от 18 (30) марта 1867 г. (о передаче Аляски) определила эту линию как «меридиан, проходящий посередине между островом Крузенштерна (Ignalook) и островом Ратманова (Noonarbook)».

Б) Постановление ЦИК СССР от 15 апреля 1926 г. объявило в одностороннем порядке «линию восточной границы полярных владений СССР» по меридиану 168°49'30" западной долготы (система координат 1942 г.);

В) Указ ПВС СССР № 8908-IX от 21.02.1979 г. изменил положение линии восточной границы полярных владений СССР, указав её как меридиан 168°59'49,4" западной долготы (система координат 1942 г.);

Г) Соглашение между СССР и США о линии разграничения морских пространств от 1 июня 1990 года в статье 2, п. 1 указало эту линию по меридиану 168°58'37" западной долготы (система координат WGS-84).

Линии по пунктам Б и В объявлены властями СССР в одностороннем порядке и не являются признанными де-юре на международном уровне.

Соглашение 1990 г. между СССР и США (п. Г) не ратифицировано ни Верховным Советом СССР, ни Государственной думой РФ.

Таким образом, относительно легитимной, т. е. взаимно признанной стороны, является Конвенция 1867 г.

В российско-американской Конвенции от 18 (30) марта 1867 г. относительно линии разграничения морских пространств между Россией и США (в Конвенции именуется – «западная граница»), в части, касающейся Северного Ледовитого океана (СЛО), указано:

«The western limit within which the territories and dominion conveyed, are contained, passes through a point in Behring's straits on the parallel of sixty-five degrees thirty minutes north latitude, at its intersection by the meridian which passes midway between the islands of Krusenstern, or Ignalook, and the island of Ratmanoff, or Noonarbook, and proceeds due north, without limitation, into the same Frozen ocean».

«Западная граница, в пределах которой находятся переданные территории и владения, проходит через точку в Беринговом проливе на пересечении параллели шестьдесят пять градусов тридцать минут северной широты и меридиана, проходящего посередине между островом Крузенштерна (Ignalook) и островом Ратманова (Noonarbook), и идёт прямо на север, без ограничения, в Ледовитый океан».

Долгота «срединного» меридиана в Конвенции численно не указана.

Истолкование выражения «меридиан, проходящий посередине между островами» может быть различным.

1) Наиболее простым и очевидным является вычисление средней долготы меридианной полосы, вмещающейся между берегами двух островов. При этом расстояния от полученного таким образом меридиана до ближайших к нему точек двух островов в принципе могут оказаться различными, но это различие будет заметно только при достаточной разности широт двух точек.

2) Более строгим представляется определение ближайшей к побережьям двух островов точки срединной линии (СЛ), проведенной между ними. Долгота этой точки и определит «срединный» меридиан.

Для определения долготы срединного меридиана по первой версии был использован файл береговой линии GSHHS_f_L1.shp полного разрешения из базы данных GSHHG версии 2.3.0 (Global Self-consistent, Hierarchical Resolution Geography Database). Координаты точек восточного берега острова Ратманова и западного берега острова Крузенштерна, выбранные из этого файла, приведены ниже в таблице. Долгота самой восточной точки острова Ратманова: $\lambda_{RE} = -168,995$. Долгота самой западной точки острова Крузенштерна: $\lambda_{KW} = -168,958639$. Среднее из этих значений $\lambda_m = 168,9768195^\circ = 168^\circ 58' 36,55''$, а с округлением до целых секунд получим:

$$\lambda_m = 168^\circ 58' 37''.$$

В ст. 1 Соглашения между СССР и США о линии разграничения морских пространств от 1 июня 1990 года делается ссылка на упомянутую Конвенцию 1867 года и устанавливается, что данный «срединный» меридиан является линией разграничения морских пространств между СССР и США к северу от широты $65^\circ 30' N$. В ст. 2 приводится численное значение долготы точки, через которую проходит этот меридиан: $168^\circ 58' 37''$. Данное значение могло быть получено только расчетами, реализующими словесную формулировку из Конвенции 1867 г., и совпадает с приведенными выше расчетами, выполненными по первой версии.

**Координаты точек восточного берега острова Ратманова
и западного берега острова Крузенштерна (WGS 84)**

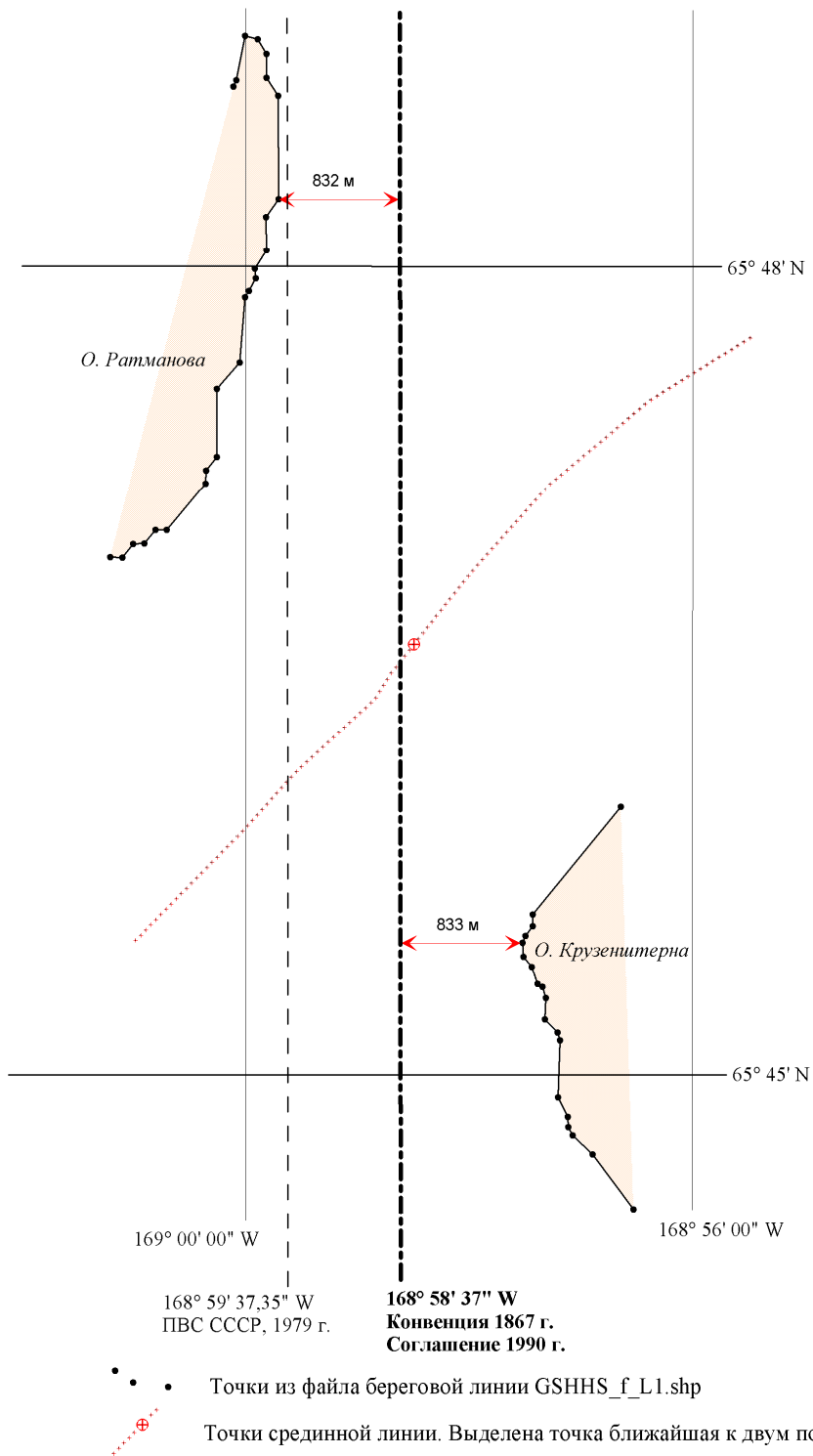
Остров Ратманова		Остров Крузенштерна	
Долгота, °	Широта, °	Долгота, °	Широта, °
-169,001778	65,81125	-168,942083	65,741694
-169,001333	65,811639	-168,948222	65,745083
-169,0	65,814361	-168,951167	65,74625
-168,998111	65,814167	-168,951806	65,746778
-168,996833	65,81325	-168,951861	65,747389
-168,996806	65,811778	-168,953333	65,748611
-168,995083	65,810667	-168,953056	65,752139
-168,995	65,804278	-168,953389	65,752611
-168,996889	65,803167	-168,955278	65,753417
-168,996806	65,801111	-168,955194	65,75475
-168,998556	65,799944	-168,955694	65,755444
-168,998417	65,799361	-168,956361	65,755611
-168,999472	65,798583	-168,95725	65,756694
-169,0	65,798167	-168,958472	65,757333
-169,000861	65,794139	-168,958639	65,758194
-169,004222	65,792528	-168,958194	65,758639
-169,00425	65,788306	-168,957083	65,759222
-169,005806	65,787472	-168,957111	65,759944
-169,005917	65,786639	-168,943972	65,766611
-169,011694	65,78375		
-169,013361	65,78375		
-169,015083	65,782917		
-169,01675	65,782889		
-169,018333	65,782056		
-169,020111	65,782083		

Дополнительно отметим, что договор 1990 г. не был ратифицирован ввиду значительной критики принятого в нем положения морской границы в Беринговом море. Положение границы в СЛЮ (меридиан 168°58'49" W в СК-42) не должно вызывать возражений, так как, во-первых, оно вытекает из текста российско-американской Конвенции от 18 (30) марта 1867 г. и, во-вторых, отодвигает эту границу к востоку от её положения по Указу ПВС СССР от 21.02.1979 г. (меридиан 168°59'49,4" W в СК-42).

Положение береговых линий островов Ратманова и Крузенштерна и «срединного меридиана» показано на карте-схеме (см. рисунок).

Для полноты освещения вопроса приведем данные расчетов «срединного меридиана» по второй версии.

По точкам исходных линий двух побережий (см. табл.) были рассчитаны координаты 120 точек срединной линии с шагом 50 м (см. рис.). Использовалась экспериментальная программа расчета срединных линий [2]. Из расчетов установлено, что 57-я точка рассчитанной СЛ (нумерация точек идет с юго-запада на северо-восток) является ближайшей к побережьям двух островов, а её отстояние от «срединного меридиана», рассчитанного выше, составляет 96 м, что с учетом погрешностей координат цифровой береговой линии в контексте решаемой задачи представляется несущественным.



Положение береговых линий островов Ратманова и Крузенштерна и меридиана, подходящего посередине между ними. Координаты в системе WGS 84

В рассмотренных выше документах координаты указаны в системах геодезических координат 1942 г. и WGS-84. Постановлением Правительства Российской Федерации № 1463 от 28 декабря 2012 г. в Российской Федерации установлены единые государственные системы координат ГСК-2011 и ПЗ-90.11. Элементы трансформирования в эти системы координат из других систем указаны в Приказе Министра обороны РФ № 11 от 15 января 2014 г. Используя эти данные и трансформируя координаты $\varphi_{\text{WGS-84}} = 65^{\circ}30' \text{ N}$, $\lambda_{\text{WGS-84}} = 168^{\circ}58'37'' \text{ W}$ в системы ГСК-2011 и ПЗ-90.11, получаем $\lambda_{\text{ПЗ-90.11}} = 168^{\circ}58'37,00063''$, $\lambda_{\text{ГСК-20.11}} = 168^{\circ}58'37,00072''$. Очевидно, что полученные отличия пренебрежимо малы и для долготы λ_m срединного меридиана, разграничивающего морские пространства России и США, имеем:

$$\lambda_m(\text{WGS-84}) = \lambda_m(\text{ПЗ-90.11}) = \lambda_m(\text{ГСК-2011}) = 168^{\circ}58'37'' \text{ W}.$$

Выводы

Двусторонне признанной линией разграничения морских пространств между РФ и США в СЛЮ можно считать меридиан $\lambda_m = 168^{\circ}58'37''$ западной долготы (WGS-84, ПЗ-90.11, ГСК-2011). В настоящее время это разграничение относится к водам территориального моря и исключительной экономической зоны, поскольку воды за их пределами являются открытым морем (ст. 86 Конвенции ООН по морскому праву [3]). В дальнейшем, после установления признанных национальных акваторий расширенного континентального шельфа, их разграничение между Россией и США, вероятно, будет предметом специального соглашения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Договор между Российской Федерацией и Королевством Норвегия о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане» от 15 сентября 2010 г.
2. Каврайский А. В. Морские границы и методы их расчета // Навигация и гидрография. – 2011. – № 31. – С. 65–75.
3. Международная Конвенция по морскому праву 1982 г. – Москва, Военное издательство, 1985. – 224 с.

ON THE MARITIME FRONTIER BETWEEN RUSSIA AND THE UNITED STATES OF AMERICA IN THE ARCTIC OCEAN

A. V. Kavraisky, E. V. Kolobov, A. V. Kostenich («GNINGI» OJSC)

It is shown that the maritime frontier between the Russian Federation and the USA in the Arctic Ocean stated in the Agreement between the USSR and the USA (01.06.1990) not ratified by Russia, coincides geographically with the corresponding frontier in the Russian-American Convention (March 18/30 1867), and this frontier can be considered to be accepted.

УДК 656.6

**МЕТОД КОНТРОЛЯ ЦИРКУЛЯЦИИ КОРАБЛЯ ПРИ ПЛАВАНИИ ПО
МАРШРУТУ НА ОСНОВЕ «НЕАЛИЙНЫХ ЛИНИЙ»****В. Г. КОСОЛАПОВ**
(ОАО «ГНИНГИ»)

Рассматривается метод контроля циркуляции корабля на основе «неалийных линий». Раскрывается его преимущества в сравнении с используемыми методами контроля циркуляции. Показаны возможности применения метода в алгоритмах для автоматизации задач маневрирования

Важнейшей задачей при плавании корабля в узкости по расчётному маршруту является контроль безопасности при осуществлении поворота корабля на новую линию пути, так как ошибки при проведении циркуляции являются предпосылкой к серьёзным навигационным происшествиям.

Опыт плавания показывает, что неверный учёт параметров циркуляции и несвоевременность её начала, а также неудовлетворительный контроль её выполнения, особенно при плавании в узкости, часто приводит к серьёзным навигационным происшествиям, чему есть много показательных примеров.

Они доказывают, что при плавании в узкости, в условиях сложной навигационной обстановки из-за неверного учёта гидрометеоусловий должностными лицами зачастую допускались ошибки в расчёте маневрирования, а недостатки в личной подготовке не давали им возможность своевременно выявить их и принять решение для предотвращения навигационного происшествия.

Как правило, точность выполнения поворота корабля на новую линию пути зависит от:

- правильного расчёта и учёта радиуса циркуляции в конкретных гидрометеоусловиях и обстоятельствах плавания;
- своевременности начала циркуляции.

Рассмотрим факторы, влияющие на эти обстоятельства, пути их контроля и возможные способы повышения точностных характеристик плавания.

Так, траектория линии пути, проходимая кораблём за время циркуляции, зависит от характеристик рулевого устройства, направления и силы течения, силы ветра, курсового угла ветрового воздействия. Влияние характеристики рулевого устройства на радиус циркуляции определяется при замере маневренных элементов корабля и при соблюдении установленной методики измерений не представляет какой-либо проблемы для правильного учёта. Оценка же влияния гидрометеофакторов на траекторию пути корабля при совершении циркуляции в настоящее время оценивается штурманом приблизительно. Это связано со сложностью учёта изменения парусности корабля за счёт изменения курсового угла ветра во время циркуляции. Также следует принимать во внимание изменение траектории циркуляции под воздействием течения. Особенно большим это влияние становится при небольших скоростях хода

и значительных углах циркуляции, когда на разных её этапах влияние гидрометеорологических факторов может меняться вплоть до противоположного.

В настоящее время используемый метод контроля параметров циркуляции корабля основывается на измерении фактических значений навигационных параметров и сравнении их с расчётными, принимаемыми за эталон [1]. Главным недостатком этого метода является то, что он даёт ответ о положении корабля на время с запаздыванием в 0,5–1,5 минуты (время нанесения измеренных параметров на морскую навигационную карту и проведения вспомогательных расчётов), а при скорости 18 узлов за 0,5 минуты местоположение корабля изменится на 1,5 кбт. Также следует понимать, что указанный метод даёт возможность ответить только на вопрос о факте нахождения корабля с внешней или внутренней стороны расчётного радиуса циркуляции. С помощью этой информации зачастую трудно понять, на какой угол надо изменить перекладку руля, чтобы к окончанию циркуляции оказаться на расчётной линии пути. Поскольку основная роль в решении данной задачи возлагается на оператора, это приводит к зависимости качества решения задачи от качества подготовки операторов и лишает возможности её алгоритмизации для автоматизации процесса маневрирования.

Так как задача маневрирования на малых скоростях корабля с большими углами его циркуляции чаще всего стоит при отходе (подходе) от причала, выходе с рейда и плавании в узкости, когда цена ошибки в маневрировании особо значима, становится понятно, что актуальность решения данной проблемы сложно переоценить.

Для решения задачи расчёта времени начала циркуляции и контроля её выполнения предлагается использовать метод «неалийных линий».

Сущность метода заключается в выведении математической зависимости между значением траверсного отклонения корабля, относительно участка маршрута следующего за текущим, и углом циркуляции при заданной перекладке руля. При этом совокупность точек с равным траверсным отклонением будет составлять «неалийную линию» – параллельную новой линии пути.

Основным полезным свойством «неалийной линии» для навигации является то, что при выборе её в качестве изолинии для контроля времени начала поворота можно нивелировать траверсное отклонения от текущей линии пути, даже если оно не определено и неизвестно оператору перед началом циркуляции. В противном же случае отклонение от текущей линии движения автоматически перейдёт в отклонение относительно новой линии пути.

Данный тезис проиллюстрируем на рис. 1, 2.

Так, на рис. 1 видно, что при выборе «неалийной» линии в качестве изолинии для контроля начала поворота вне зависимости от местоположения корабля относительно назначенной линии движения до циркуляции после её окончания корабль выходит на установленную линию маршрута.

На рис. 2 показано, что при выборе в качестве поворотной изолинии для контроля начала поворота линии, отличной от «неалийной» (параллельной новой линии пути), траверсное отклонение от назначенного маршрута (Δ) после окончания циркуляции не только не нивелируется, но и увеличится при угле между поворотной изолинией и новой линией пути более 45° .

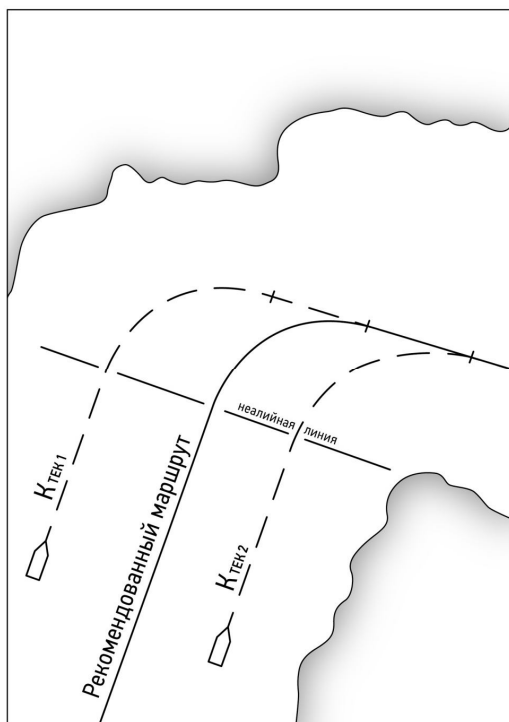


Рис. 1. Выбор «неалийной» линии в качестве поворотной изолинии

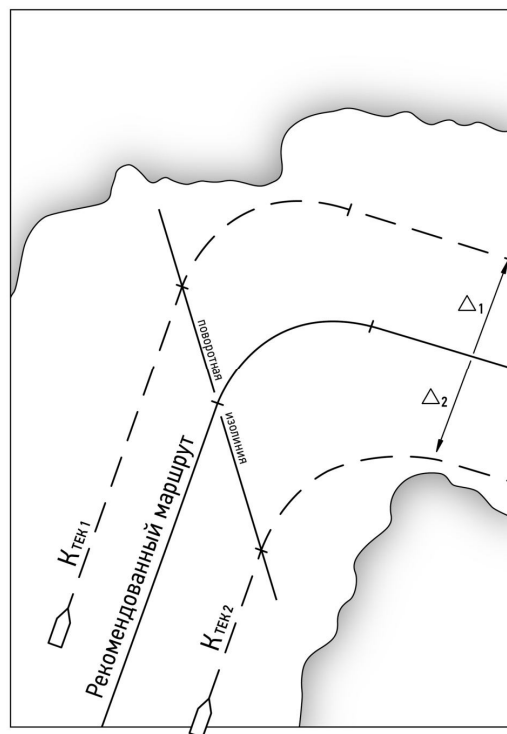


Рис. 2. Выбор в качестве поворотной изолинии линии, отличной от «неалийной»

Как отмечено выше, первым фактором оказывающим влияние на точность выполнения манёвра циркуляции является правильность расчёта радиуса циркуляции с учётом гидрометеофакторов в условиях изменяющейся скорости маневрирующего корабля.

Метод контроля циркуляции с помощью «неалийных линий» основан на зависимости между значением траверсного отклонения корабля относительно участка маршрута, следующего за текущим, и углом циркуляции для установленной перекладки руля. Он позволяет, не осуществляя сложных графических построений, в режиме реального времени компенсировать отклонения от расчётной линии циркуляции выработкой рекомендации по подбору угла перекладки руля. Его рекомендованное значение рассчитывается техническими средствами автоматизации процесса маневрирования по зависимости траверсного отклонения от участка маршрута, следующего за текущим, и углом циркуляции. Другими словами, конкретным параметрам движения корабля при повороте (скорости, углу циркуляции, положению пера руля) соответствует конкретное значение траверсного отклонения от участка маршрута, следующего за текущим (рис. 3).

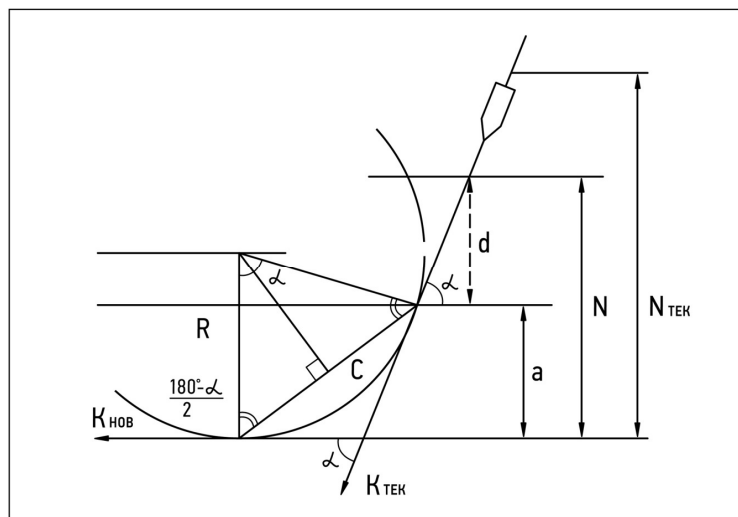


Рис. 3. Зависимость угла циркуляции и траверсного отклонения от участка маршрута, следующего за текущим: a – расчётное траверсное отклонение от участка маршрута, следующего за текущим, за счёт угла циркуляции; d – расчётное траверсное отклонение от участка маршрута, следующего за текущим, за счёт времени реакции корабля (от момента перекладки руля до начала циркуляции); α – заданный угол циркуляции; V – скорость корабля; R – радиус циркуляции; $K_{\text{ТЕК}}$ – направление текущего участка маршрута; $K_{\text{НОВ}}$ – направление участка маршрута, следующего за текущим; N – расчётное суммарное траверсное отклонение от участка маршрута, следующего за текущим (с учётом угла циркуляции и времени реакции)

Ниже приведен порядок расчётов при реализации метода контроля циркуляции корабля с помощью «неаллейных линий».

Как следует из рис. 3, значение траверсного отклонения для заданного угла циркуляции (a), рассчитывается по формуле (1):

$$a = \cos\left(\frac{180 - \alpha}{2}\right) \times 2 \times R \times \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right). \quad (1)$$

Значения траверсного отклонения, рассчитанные для всех вариантов углов перекладки руля и углов циркуляции, сводятся в таблицу.

Зависимости траверсного отклонения « a » (кбт) от угла циркуляции при заданном угле перекладки руля

Угол перекладки руля	Угол циркуляции						
	1°	2°	3°	.....	358°	359°	360°
5°	a_{i+1}	a_{i+2}	a_{i+3}	.....	a_{i+358}	a_{i+359}	a_{i+360}
10°	a_{j+1}	a_{j+2}	a_{j+3}	.....	a_{j+358}	a_{j+359}	a_{j+360}
15°	a_{y+1}	a_{y+2}	a_{y+3}	.....	a_{y+358}	a_{y+359}	a_{y+360}
20°	a_{k+1}	a_{k+2}	a_{k+3}	.....	a_{k+358}	a_{k+359}	a_{k+360}
25°	a_{g+1}	a_{g+2}	a_{g+3}	.....	a_{g+358}	a_{g+359}	a_{g+360}
30°	a_{f+1}	a_{f+2}	a_{f+3}	.....	a_{f+358}	a_{f+359}	a_{f+360}

Стоящие на вооружении технические средства автоматизации задач маневрирования выдают в реальном режиме времени информацию по траверсному отклонению не только от текущего, но и от следующего за ним участка маршрута. Это даёт возможность реализации данного метода на практике. Сравнивая текущее значение траверсного отклонению от следующего после поворота участка маршрута с расчётным (для текущего угла циркуляции), техническое средство автоматически рассчитывает рекомендацию по подбору угла перекладки руля для выхода корабля на этот участок маршрута. Данная задача может решаться как в ручном режиме с использованием средств малой автоматизации (программируемых калькуляторов), так и в автоматическом режиме с включением в программное обеспечение технических средств автоматизации задач маневрирования соответствующих алгоритмов.

Вторым фактором, оказывающим непосредственное влияние на точность выполнения манёвра выхода корабля на новую линию пути, является своевременность начала циркуляции.

Рассмотрим возможности применения метода «неалийных линий» для определения времени начала поворота корабля с учётом времени реакции и времени установленных заблаговременных докладов.

В данном случае траверсное отклонение от участка маршрута, следующего за текущим, будет складываться из двух составляющих – значения a и d (рис. 3):

Как следует из рис. 3, значение d рассчитывается, исходя из скорости корабля и угла циркуляции, и определяется по формуле [2]:

$$d = T \times (V \div 6 \times \sin \alpha), \quad (2)$$

где V – скорость корабля (узл.);

T – время реакции корабля (мин.).

Из рис. 3 видно что, расчётное суммарное траверсное отклонение от участка маршрута, следующего за текущим (N), определяется по формуле:

$$N = \cos\left(\frac{180 - \alpha}{2}\right) \times 2 \times R \times \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) + T \times (V \div 6 \times \sin \alpha). \quad (3)$$

Для расчёта временных параметров, требуемых штурману для доклада командиру корабля, к значению T в формуле (3) прибавляется необходимое количество минут.

В этом случае время до начала поворота t определяется по формуле:

$$t = \left(\frac{N_{\text{тек}} - N}{\sin \alpha}\right) \div V, \quad (4)$$

где t – время до начала циркуляции на новый курс;

$N_{\text{тек}}$ – текущее суммарное траверсное отклонение от участка маршрута, следующего за текущим.

Расчёт значения t обеспечивает штурмана непрерывной информацией о времени до начала циркуляции при назначенной скорости и угле перекладки руля.

В заключение следует отметить, что метод «неалийных линий» даёт возможность уйти от необходимости сложных графических построений при частопеременном маневрировании, и в условиях воздействия сложных гидрометеорофакторов, а также позволяет автоматически компенсировать отклонение корабля относительно расчётной линии пути до начала циркуляции.

Таким образом, метод контроля циркуляции корабля при плавании по маршруту на основе «неалийных линий» позволяет учитывать изменяющийся радиус циркуляции и переменную скорость корабля при выполнении манёвра и нивелирует отклонение от текущего участка маршрута при начале циркуляции, а также компенсирует воздействия ветра и течения на траекторию циркуляции. Он может быть применён в алгоритмах автоматизации задач маневрирования. Этот метод может быть положен в основу алгоритмов решения задачи следования по маршруту и необитаемыми подводными аппаратами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Частное наставление по штурманской службе № 6 «Методы кораблевождения в особых условиях плавания». – Североморск: Изд-во РИО-Североморск, 1993. – 48 с.
2. Справочник по математике, механике и физике. – Минск: Изд-во Академии наук БССР, 1962. – 363 с.

METHOD OF SHIP CIRCULATION CONTROL WHEN NAVIGATING ALONG THE ROUTE BASED ON NON-ALIGNED LINES

V. G. Kosolapov («GNINGI» OJSC)

The method of ship circulation control based on «non-aligned» is considered. Its advantages, as compared to the used circulation control methods, are shown. The possibilities of its employment in the algorithms for the automation of the maneuvering problems are demonstrated.

УДК 623.827

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ДОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ПОИСКЕ БУКСИРУЕМЫМИ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ

Н. А. НЕСТЕРОВ
(Институт озераведения РАН)

В статье анализируются погрешности определения места донных объектов при поиске гидроакустической аппаратурой. Приводятся сравнительные расчёты величин этих погрешностей при использовании буксируемой и судовой аппаратурой. Даются некоторые рекомендации.

Обнаружение и определение места объекта является основной целью поиска, и чем точнее получены координаты объекта, тем результативнее поиск.

В настоящее время для поиска донных объектов широко используются буксируемые подводные аппараты (БПА) с установленной на них поисковой гидроакустической аппаратурой. Применение такой аппаратуры на БПА имеет существенное

преимущество, обеспечивая её приближение непосредственно к объекту поиска и значительное снижение влияния шумов от работы судовых механизмов на гидроакустические средства поиска.

Однако использование поисковой аппаратуры на БПА имеет и недостатки, к которым в первую очередь можно отнести сложность в определении места и ориентации в пространстве БПА, а следовательно, и увеличение погрешности определения координат искомого объекта.

Оценим величину этой погрешности. В статье под понятием погрешность подразумевается средняя квадратическая погрешность (СКП). Если допустить, что погрешности в первом приближении независимы, то СКП определения места объекта при использовании «буксируемой» аппаратуры ($\sigma_{об}$) можно выразить формулой:

$$\sigma_{об}^2 = \sigma_c^2 + \sigma_b^2 + \sigma_n^2, \quad (1)$$

где σ_c – СКП определения места судна-буксировщика;
 σ_b – СКП определения места БПА относительно судна-буксировщика;
 σ_n – СКП измерения направления и расстояния до объекта.

Погрешность определения места судна-буксировщика зависит от точности технических средств навигации (ТСН) и способов их применения. Вполне очевидно, что при проведении поисковых операций в соответствии с условиями в районе поиска должны использоваться и на практике выбираются передовые технологии и наиболее высокоточные средства навигации. Прежде всего это спутниковые навигационные системы (СНС), позволяющие определять место судна с точностью от нескольких дециметров до единиц метров [1]. Погрешности определения места судна достаточно подробно описаны во многих статьях и здесь не рассматриваются.

Погрешность определения места БПА относительно судна-буксировщика складывается из погрешности вычисления расстояния (σ_D) и погрешности определения направления на БПА (σ_n) [2]:

$$\sigma_b = \sqrt{\left(\frac{D \times \sigma_n^0}{57,3}\right)^2 + \sigma_D^2}, \quad (2)$$

где D – расстояние от судна-буксировщика до БПА.

Расстояние между судном и БПА определяется по известной формуле:

$$D = \frac{1}{2} ct,$$

где c – скорость распространения звука в воде;
 t – время прохождения звука до объекта и обратно.

Погрешность измерения расстояния до БПА может быть представлена как

$$\sigma_D = \frac{1}{2} \sqrt{(t\sigma_c)^2 + (c\sigma_t)^2}, \quad (3)$$

где σ_c , σ_t – СКП определения скорости звука и времени его прохождения до объекта и обратно.

Обычно для определения глубины погружения БПА используются датчики давления – глубиномеры. В этом случае глубина погружения (z_6) определяется по величине гидростатического давления в точке нахождения БПА [3]:

$$P = P_0 + \rho g z_6,$$

где P – измеренное гидростатическое давление;
 P_0 – атмосферное давление на поверхности воды;
 g – ускорение силы тяжести в точке измерения;
 ρ – плотность воды.

Исходя из этой формулы, СКП определения глубины погружения БПА (σ_{z_6}) может быть рассчитана по формуле:

$$\sigma_{z_6} = \sqrt{\left(\frac{1}{g\rho}\right)^2 \sigma_P^2 + \left(\frac{P}{g}\right)^2 \sigma_\rho^2 + \left(\frac{P}{\rho}\right)^2 \sigma_g^2}, \quad (4)$$

где σ_P , σ_ρ , σ_g – СКП определения гидростатического давления, плотности воды и ускорения силы тяжести соответственно.

Оптимальными и наиболее распространёнными средствами для определения места БПА являются навигационные гидроакустические системы с ультракороткой базой (НГС-УКБ).

Многоэлементная приемная антенна НГС-УКБ, габариты которой сравнимы с длиной волны акустического сигнала, принимает сигнал и на основе обработки амплитудно-фазовой информации определяет дальность, азимут и угол места БПА, на котором установлен источник сигнала.

Для НГС-УКБ придонная рефракция не играет определяющей роли, поскольку приемная антенна размещена достаточно высоко над дном, поэтому возможная геометрическая дальность действия составляет для БПА, работающего вблизи дна при типовой гидрологии глубокого моря, ориентировочно 7–8 глубин моря. Эта дальность соответствует размеру первой зоны акустической освещенности, в пределах которой возможен устойчивый акустический контакт между судовой приемной антенной и БПА. При оценке точности навигационных гидроакустических систем, как отмечается в работе [4], важнейшим параметром является точность измерения дальности, которая, в свою очередь, определяется точностью знания скорости звука.

Экспериментальные исследования показали [4, 5], что погрешность определения направления на БПА для различных НГС-УКБ составляет в среднем 0,4°–0,6°.

На основании формулы (2) проведём численную оценку погрешности определения места БПА относительно судна-буксировщика. Для вычислений примем СКП определения расстояния (σ_D) равной 1 % от D [6], направления (σ_n) – 0,5° [4], вертикальный угол буксирного кабеля (A) относительно поверхности моря – 30° (рис. 1)

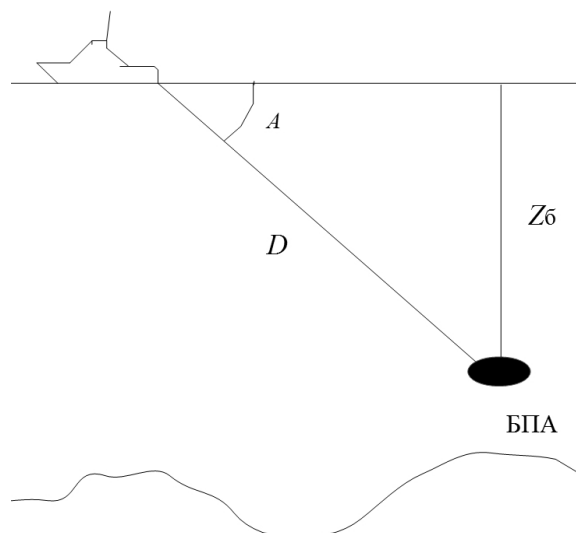


Рис. 1. Определение места БПА относительно судна-буксировщика (объяснения в тексте)

Для оценки погрешности измерения направления и расстояния до обнаруженного объекта ($\sigma_{и}$) воспользуемся формулой [2]:

$$\sigma_{и} = \sqrt{\left(\frac{D_o \times \sigma_{\alpha}^o}{57,3}\right)^2 + \sigma_{D_o}^2}, \quad (5)$$

где α – среднее значение вертикального угла луча обнаружения объекта (рис. 2);
 σ_{D_o} , σ_{α} – скп измерения расстояния и вертикального угла обнаружения объекта;
 D_o – расстояние от БПА до объекта.

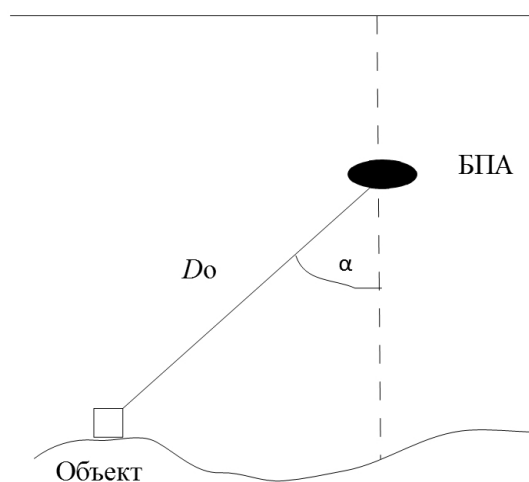


Рис. 2. Определение расстояния и направления от БПА до объекта (объяснения в тексте)

Принимая $D_0 = 40$ м, $\alpha = 30^\circ$, $\sigma_\alpha = 0,5^\circ$, получим $\sigma_{\text{и}} = 0,5$ м.

В табл. 1 приведены значения СКП определения места БПА относительно судна-буксировщика и СКП определения места объекта.

Таблица 1

СКП определения места БПА относительно судна-буксировщика и СКП определения места объекта

$D, \text{ м}$	$Z_0, \text{ м}$	$b_0, \text{ м}$	$\sigma_{\text{и}}$	$\sigma_{\text{об}}$
100	50	1,3	0,5	1,4
200	100	2,7	0,5	2,8
300	150	4,0	0,5	4,1
500	250	6,6	0,5	6,7
1000	500	13,3	0,5	13,3
2000	1000	26,5	0,5	26,5
4000	2000	53,1	0,5	53,1

Неточное знание курса, крена и дифферента БПА, т. е. его положения (ориентации) в пространстве при буксировке, в момент излучения и приёма сигнала от объекта также вносит свой вклад в погрешность определения места объекта. Оценим величину этой погрешности ($\sigma_{\text{ор}}$):

$$\sigma_{\text{ор}} = \sqrt{\sigma_{\text{ок}}^2 + \sigma_{\text{окр}}^2 + \sigma_{\text{од}}^2}, \quad (6)$$

где $\sigma_{\text{ок}}$, $\sigma_{\text{окр}}$, $\sigma_{\text{од}}$ – СКП определения места объекта из-за неточного учёта курса, крена и дифферента БПА соответственно.

Погрешности $\sigma_{\text{ок}}$, $\sigma_{\text{окр}}$, $\sigma_{\text{од}}$ могут быть вычислены по формулам [2]:

$$\sigma_{\text{ок}} = \sqrt{\left(\frac{D_0 \sigma_{\text{к}}}{57,3}\right)^2 + \sigma_{D_0}^2}, \quad (7)$$

$$\sigma_{\text{окр}} = \sqrt{\left(\frac{D_0 \sigma_{\beta}}{57,3}\right)^2 + \sigma_{D_0}^2}, \quad (8)$$

$$\sigma_{\text{од}} = \sqrt{\left(\frac{h \sigma_{\gamma}}{57,3}\right)^2 + \sigma_h^2}, \quad (9)$$

где $\sigma_{\text{к}}$ – СКП определения курса буксировки БПА;
 σ_{β} – СКП определения крена БПА;
 σ_{γ} – СКП определения дифферента БПА;
 σ_h – СКП определения высоты буксировки БПА над дном;
 h – высота буксировки БПА над дном.

На рис. 3–5 проиллюстрировано влияние погрешностей определения курса, крена и дифферента БПА на неопределённость места объекта.

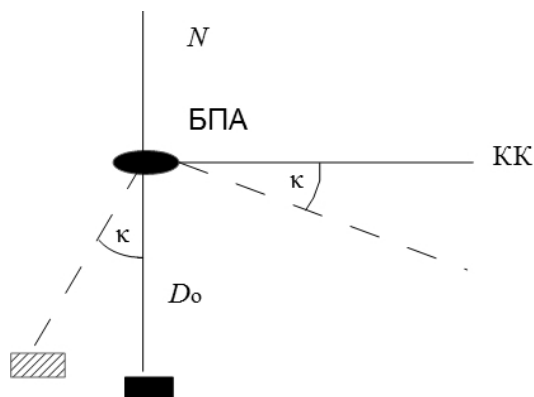


Рис. 3. Иллюстрация влияния погрешности определения курса БПА на неопределённость места объекта

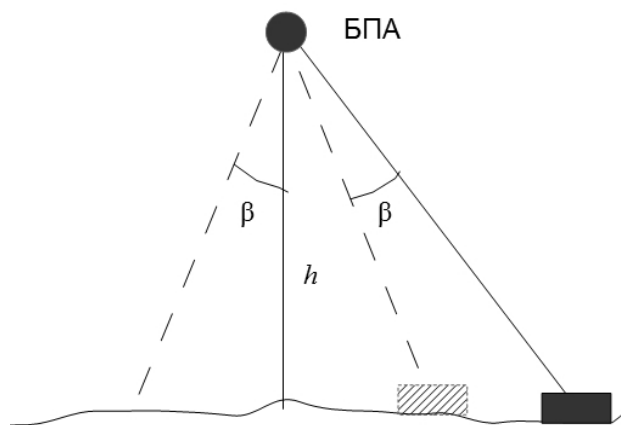


Рис. 4. Иллюстрация влияния погрешности определения крена БПА на неопределённость места объекта

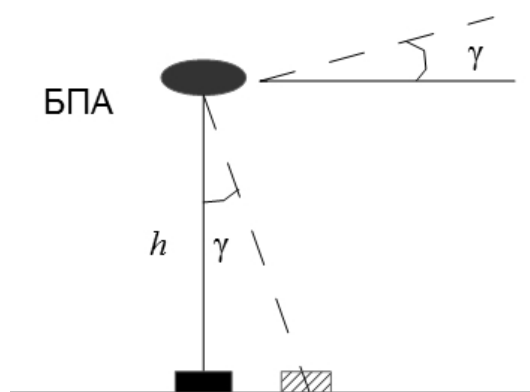


Рис. 5. Иллюстрация влияния погрешности определения дифферента БПА на неопределённость места объекта

Современные гидрогоризонткомпасы (ГГК) позволяют с достаточно высокой точностью отслеживать курс, углы крена и дифферента. В работе [5] отмечается, что СКП определения курса составляет $0,1^\circ \text{ sec } \varphi$, крена и дифферента – $0,01^\circ$. Поэтому при оснащении БПА ГГК, учитывая незначительные расстояния до объекта, высоту буксировки БПА над дном, величины случайных углов отклонения от курса, крена и дифферента при установившемся режиме буксировки, погрешностью определения места объекта за счет неточного знания ориентации БПА, по-видимому, можно пренебречь.

Иная ситуация складывается при отсутствии возможности отслеживать и учитывать значения курса, крена и дифферента БПА в моменты работы гидроакустической аппаратуры. Для примера, приняв $\sigma_k = \sigma_\beta = \sigma_\gamma = 3^\circ$, $\sigma_h = 1\% \text{ от } h$, $D_0 = 40 \text{ м}$, $h = 30 \text{ м}$ и подставив эти значения в формулы (9–12), получим $\sigma_{\text{оп}} \approx 3,4 \text{ м}$.

Исходя из этого, на глубинах буксировки БПА менее 500 м при отсутствии данных об ориентации БПА пренебрегать погрешностями за счет неточного знания курса, крена и дифферента не следует.

Проведём сравнительный анализ точности определения места донного объекта гидроакустической аппаратурой, установленной на БПА и стационарно на борту судна. СКП определения места объекта при использовании судовой аппаратуры (σ_0) может быть представлена формулой

$$\sigma_0^2 = \sigma_c^2 + \sigma_n^2 + \sigma_{\text{оп}}^2. \quad (10)$$

Используя формулы (2) рассчитаем СКП определения направления и расстояния (σ_n), а по формулам (6–9) найдём СКП определения места объекта за счёт неточного знания положения (ориентации) судовой приёмо-излучающей антенны ($\sigma_{\text{оп}}$). Принимая во внимание, что при расчётах СКП определения места объекта с помощью БПА учитывалось его превышение над грунтом (h) равное 30 м, для корректности сравнения примем глубину под судовой антенной $Z = Z_0 + 30 \text{ м}$. В табл. 2 приведены рассчитанные значения СКП определения места донного объекта относительно судна.

Таблица 2

СКП определения места донного объекта относительно судна

$D_0, \text{ м}$	$Z, \text{ м}$	$\sigma_n, \text{ м}$	$\sigma_{\text{оп}}, \text{ м}$	$\sigma_0, \text{ м}$	Примечание
92	80	1,3	1,5	2,0	Средний угол излучения и приёма сигналов (α) принят равным 30°
150	130	2,1	2,5	3,3	
208	180	2,9	3,5	4,5	
323	280	4,5	5,4	7,0	
612	530	8,5	10,2	13,3	
1189	1030	16,6	19,9	25,9	
2349	2030	30,5	39,4	49,8	

Следует отметить, что приведённые в табл. 1, 2 цифры отражают чисто расчётные результаты. В реальных условиях они могут отличаться в зависимости от характеристик среды в районе поиска, однако общая тенденция, по-видимому, вряд ли изменится.

Выводы

Сравнительный анализ величин погрешностей, представленных в табл. 1, 2, показывает, что при проведении поиска погрешности определения места объекта различаются незначительно как с использованием аппаратуры, установленной на БПА, так и на борту судна (на глубинах в районе поиска 1000 м в приведённом примере – **26,5 м** и **25,9 м**, соответственно. Эта разность заметнее на глубинах менее 500 м при отсутствии средств учёта ориентации на БПА ($\sigma_{op} \approx 3,4$ м). Но следует учитывать, что использование БПА позволяет повысить детальность поиска и может стать определяющим фактором при поиске малоразмерных объектов в условиях расчленённого рельефа. В то же время использование БПА на малых глубинах значительно осложняет маневрирование судна-буксировщика особенно при наличии навигационных опасностей в районе поиска. Поэтому применение тех или иных поисковых технологии и технических средств должно выбираться в каждом конкретном случае исходя из поставленной задачи и условий обстановки в районе (глубины, рельеф, гидрологический режим и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестеров Н.А. Методы определения координат с использованием глобальной позиционной системы при проведении гидрографических работ. // Записки по гидрографии. – 2008. – № 272. С. 49–55.
2. Практическое кораблевождение. Книга 1 / Отв. ред. А. П. Михайловский. – ГУНиО МО СССР. – (адм. №9035.1), 1988. – 896 с.
3. Яворский Б. М., Селезнев Ю. А. Справочное руководство по физике. – М.: Наука», 1975. – 624 с.
4. Матвиенко Ю. В., Касаткин Б.А. Гидроакустические навигационные системы. – В кн. Автономные необитаемые подводные аппараты. / Под общей ред. акад. Агеева М.Д. /Владивосток, Дальнаука, 2000. – С. 177–217.
5. Литвиненко С. Л. Экспериментальные исследования подсистемы пассивной гидролокации гидроакустической навигационной системы с ультракороткой базой // – Известия ЮФУ, Технические науки. – 2012. – Том 128. – Вып. № 3. – С. 92–100.
6. Руководство пользователя «Octans», часть 2. User guide «Octans» MU-OCTANS IV-003 Ed. E – September 2008, II-38.
7. Гидроакустическая навигационная система с ультракороткой базой ГАНС-УКБ нового поколения. URL: www.edboe.ru/products/gans_ukb_np.htm.
8. Погружные датчики гидростатического давления. – URL: www.zao-ntnk.ru/kalibr/Dat/PTX/P1830.html.

THE ERROR IN FIXING THE POSITION OF BOTTOM OBJECTS IN SEARCH BY MEANS OF TOWED EQUIPMENT

N. A. Nesterov (The Institute of Limnology)

The errors of fixing the bottom objects position in search operation using the towed sonar equipment are analyzed. Comparative calculations of the values of these errors when using the towed and ship equipment are presented. Some recommendations are given.

УДК 656.61.052:527.004.122/124(045)

АНАЛИЗ МОРСКИХ ПОСОБИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА СУДНА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ СОЛНЦА

В. Е. ЛЕОНОВ, И. В. СОКОЛ, А. С. ЛАЗАРЬ,
(Херсонская государственная морская академия (Украина))

В статье рассмотрены вопросы точности определения места судна с использованием астрономических пособий – «Морского астрономического ежегодника» и «Морского альманаха» («The Nautical Almanac») – на примере определения места по разновременным наблюдениям Солнца. В условиях натурных исследований были определены значения элементов высотной линии положения. В результате выполненных аналитических расчетов, а также с использованием различных пособий, применяемых для определения места судна, было установлено, что определить место судна с использованием только «Морского альманаха» в пределах требований Резолюции Международной морской организации (ИМО) А.529(13) (с вероятностью 95% в открытом море) невозможно. Ошибку в определении места вносит расчет счислимых высот с помощью данных, приведенных в «Sight Reduction Table» и «Auxiliary Table». С целью снижения погрешности определения места судна при использовании «Морского альманаха» выполнены расчеты по параметрическим законам сферической тригонометрии.

Общее снижение «интереса» к мореходной астрономии не снижает ее актуальности как резервного способа определения места судна, особенно в аварийных и форс-мажорных ситуациях. Умение использовать небесные тела для определения местоположения судна включено в главу II разделов А-II/1, А-II/2 Международной конвенции ПДМНВ-78 с Манильскими поправками [1]. Критерием для оценки этого умения является местоположение, полученное с помощью астрономических методов, которое находится в пределах допустимой точности.

В ноябре 1983 г. на 13 сессии Ассамблеи Международной Морской Организации (ИМО) была утверждена Резолюция А.529(13) «Стандарты точности судовождения». В соответствии с этим документом в открытом море погрешность определения текущих координат судна должна быть не больше 4 % расстояния до ближайшей навигационной опасности, но не более 4 морских миль [2]. Эта погрешность должна обеспечиваться с вероятностью 0,95.

23 сессия Ассамблеи ИМО Резолюцией А.953(23) «Глобальные радионавигационные системы» в декабре 2003 г. отменила Резолюцию А.529(13). Одновременно Резолюция А.953(23) определила требования к точности определения места судна в открытых водах океанов и морей, по которой при использовании радионавигационных систем с целью оказания помощи судовождению должна обеспечиваться погрешность не более 100 м с вероятностью 95 %.

В ноябре 2011 г. 27 сессия Ассамблеи ИМО Резолюцией А.1046(27) «Всемирная радионавигационная система» отменила Резолюцию А.953(23), не предъявив к точности определения места судна в открытых водах океанов и морей новых требований [3].

В настоящей статье для определения точности места судна предложено использовать Резолюцию ИМО А.529(13), так как положения этого документа позволяют выполнить оценку точности места судна без использования радионавигационных систем.

При решении задач по определению места судна методами мореходной астрономии используют либо «Морской астрономический ежегодник», либо «Морской альманах» («The Nautical Almanac»), поэтому возник вопрос о том, насколько одинаков и приемлем, с точки зрения точности, результат определения места судна при использовании астрономических таблиц изданий разных стран.

Для ответа на поставленный вопрос авторы статьи решили одну и ту же задачу по определению места судна, используя данные, приведенные в «Морском астрономическом ежегоднике» и в «Морском альманахе».

Проанализировав публикации «Journal of the Institute of Navigation», научного периодического журнала «Судовождение» издания Национального университета «Одесская морская академия» за последние десять лет, авторы статьи пришли к выводу, что нет публикаций, в которых бы сравнивались результаты, полученные вследствие решения задачи по определению места судна по астрономическим пособиям изданий разных стран.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи.

1. Выполнены астрономические наблюдения для определения места.
2. Определено место и оценена точность определения с использованием данных «Морского астрономического ежегодника» и «Морского альманаха».

Для определения места методами мореходной астрономии был выбран метод по разновременным наблюдениям Солнца из одного и того же места наблюдения.

Астрономические наблюдения с целью определения места производились 06 сентября 2014 г. на побережье Черного моря в с. Железный Порт ($\varphi = 46^{\circ}07,3'N$ $\lambda = 32^{\circ}17,9'E$) Скадовского района Херсонской области, Украина. Указанные координаты принимали за числимые. С помощью GPS Garmin определяли точные координаты места, выбранного для производства астрономических наблюдений ($\varphi = 46^{\circ}07,0'N$ $\lambda = 32^{\circ}18,4'E$), которые приняли за истинные координаты. Результаты астрономических наблюдений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты астрономических наблюдений

Период наблюдения	Средний гринвичский момент времени	Средний отсчет секстана	Высота глаза наблюдателя	Сумма поправки индекса и инструментальной поправки секстана
1 наблюдение	$07^h 01^m 13^s$	$36^{\circ}08,7'$	3,5 м	2,5'
2 наблюдение	$12^h 51^m 02^s$	$34^{\circ}01,2'$		

Сравнивая пошаговые действия при решении поставленной задачи – определение места – можно предположить, что определение местного часового угла и склоне-

ния, определение обсервованной высоты не зависят от выбора пособия для определения искомых величин.

Погрешность в определении обсервованного места вносит действие определения счислимых высоты h и азимута A . Значения азимутов, рассчитанные с помощью «Sight Reduction Table» и «Auxiliary Table», содержащихся в «Морском альманхе», совпадают со значением азимутов по таблицам ТВА-52, опубликованных в «Морском астрономическом ежегоднике», а значения счислимых высот отличаются значительно. В качестве контрольных расчетов счислимых высот и азимутов используем закономерности сферической тригонометрии [4]:

$$\cos h = \frac{\sin t_m \cos \delta}{\sin A} \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{\sin t_m}{(\operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \varphi \cos t_m) \cos \varphi}, \quad (2)$$

где t_m – местный часовой угол светила (дуговые градусы и минуты), δ – склонение светила (дуговые градусы и минуты), φ – счислимая широта места (дуговые градусы и минуты).

Для сравнения приведем результаты расчетов значений счислимых азимутов и высот по таблицам ТВА-52, «Sight Reduction Table» и «Auxiliary Table» и формулам (1) и (2), выражая азимут в круговом счете (табл. 2).

Таблица 2

Результаты расчетов значений счислимых азимутов и высот

Искомые параметры периодов наблюдений		ТВА-52	«Sight Reduction Table» и «Auxiliary Table»	Расчет по формулам (1) и (2)
1 наблюдения	A	124,4°	124,9°	124,4°
	h	36°21,0'	36°48'	36°20,8'
2 наблюдения	A	239,0°	237,8°	239,0°
	h	34°15,2'	34°06'	34°15,4'

Исходя из результатов, представленных в табл. 2, получаем значения переносов, представленных в табл. 3.

Таблица 3

Значения переносов

Переносы		ТВА-52	«Sight Reduction Table» и «Auxiliary Table»	Расчет по формулам (1) и (2)
1 наблюдения	n_1	1,6'	минус 25,4'	1,8'
2 наблюдения	n_2	0	9,2'	минус 0,2'

По полученным данным выполняем астрономическую прокладку от счислимого места судна. При больших значениях переноса необходимо учитывать для азимута

ортодромическую поправку 2ψ . Для расчетов первой высотной линии положения, выполненной по «Морскому альманаху», ортодромическая поправка $2\psi =$ минус $0,4^\circ$.

Таким образом, значение азимута для определения первой высотной линии положения составляет $124,5^\circ$. Полученные результаты в сравнении с определенным с помощью GPS Garmin обследованным местом представлены в табл. 4.

Таблица 4

Географические координаты места

Географическая координата	GPS Garmin	Морской астрономический ежегодник	The Nautical Almanac	Расчет по формулам (1) и (2)
φ	$46^\circ 07,0'N$	$46^\circ 05,8'N$	$46^\circ 22,1'N$	$46^\circ 05,7'N$
λ	$32^\circ 18,4'E$	$32^\circ 19,1'E$	$32^\circ 48,5'E$	$32^\circ 19,7'E$

Оценку точности определения места выполним построением эллипса погрешностей, который в отличие от круговой ошибки, о которой идет речь в резолюции ИМО, показывает распределение погрешностей в разных направлениях. Произведенные наблюдения являются наблюдениями равной точности, поэтому полуоси эллипса погрешностей (a – большая полуось, b – малая полуось) рассчитываем по формулам, приведенным в работе [5]:

$$a = \frac{\varepsilon_h}{\sqrt{2} \sin \frac{\Delta\theta}{2}}, \quad (3)$$

$$b = \frac{\varepsilon_h}{\sqrt{2} \cos \frac{\Delta\theta}{2}}, \quad (4)$$

где ε_h – средняя квадратическая погрешность переноса, $\Delta\theta$ – острый угол между линиями положения, равный разности азимутов ΔA , если $\Delta A < 90^\circ$, и $180^\circ - \Delta A$, если $\Delta A > 90^\circ$.

Увеличивая каждую полуось в 2,5 раза, получаем вероятность нахождения истинного места внутри эллипса погрешности с вероятностью 0,956.

Выполнив построение эллипса погрешностей, можно сделать вывод, что для мест, найденных с использованием «Морского астрономического ежегодника», и расчета счислимых высот и азимутов по формулам (1) и (2) истинное место действительно находится внутри эллипса. Для места, найденного с помощью «Морского альманаха» истинное место не попадает в эллипс погрешностей.

Вывод. Произведенный анализ показывает, что определить место судно с использованием только «Морского альманаха» («The Nautical Almanac») в пределах требований Резолюции ИМО А.529(13) невозможно. Ошибку в определение места вносит расчет счислимых высот и азимутов с помощью таблиц «Sight Reduction Table» и «Auxiliary Table». При использовании «Морского альманаха» для определения счислимых высот и азимутов необходимо использовать формулы (1) и (2).

Авторы выражают благодарность магистру Херсонской государственной морской академии О. Г. Иванченко, второму помощнику капитана, принявшему участие в экспериментальной части работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (ПДМНВ-78) с поправками (Консолидированный текст) – СПб: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010. – 806 с.
2. Требования к точности определения координат места судна. – URL: <http://seaspirit.ru/navigator/navigation/trebovaniya-k-tochnosti-opredeleniya-koordinat-mesta-sudna.html>.
3. Resolution A.1046(27). Worldwide Radionavigation System. – URL: [http://www.imo.org/Knowledge-Centre/IndexofIMOResolutions/Documents/A%20-%20Assembly/1046\(27\).pdf](http://www.imo.org/Knowledge-Centre/IndexofIMOResolutions/Documents/A%20-%20Assembly/1046(27).pdf).
4. Сокол И. В., Пятаков Э. Н. Основы мореходной астрономии. – Херсон: «Олди-плюс», 2006. – 209 с.
5. Красавцев Б. И., Хлюстина Б. П. Мореходная астрономия. – Л.: Морской транспорт, 1960. – 215 с.

ANALYSIS OF MARITIME AIDS USED FOR SHIP POSITION FIXING BY SOLAR OBSERVATION

V. E. Leonov, I. V. Sokol, A. S. Lazar' (Kherson State Maritime Academy)

The items of ship position fixing accuracy by astronomical methods using astronomical aids such as «The Nautical Almanac» in terms of position fixing by Solar observation at different times are considered. The items values of Sumner position line were determined under the conditions of full-scale investigation. As a result of performed analytical calculations and with the use of different aids for ship position fixing it was established that it is impossible to fix ship's position with a probability of 95 % in the offing using only «The Nautical Almanac» within the requirements of IMO resolutions A.529(13). The calculation of dead reckoning in «Sight Reduction Table» and «Auxiliary Table» introduces the error. In order to avoid the error while ship position fixing, the calculations by spherical trigonometry formula are suggested to be used.

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

УДК 550.312; 528.27

РЕЗУЛЬТАТЫ МОРСКОЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ПОЛЯРНЫХ ШИРОТАХ ГРАВИМЕТРАМИ «ЧЕКАН-АМ» И «ШЕЛЬФ-Э»

В. В. ГЛАЗКО (ОАО «ГНИНГИ»),
А. В. СОКОЛОВ, А. А. КРАСНОВ
(АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

В статье приведены основные результаты морской гравиметрической съемки в Северном Ледовитом океане в составе экспедиции 2014 г. «Шельф-2014». Показаны особенности съемки в тяжелых ледовых условиях. В результате работ выполнено 10 200 лин. км съемки, сформирован каталог гравиметрических пунктов, содержащий 71 179 независимых измерений.

Изучение гравитационного поля труднодоступных районов Земли в последнее время становится все более актуальной задачей [1–3]. Наиболее отработанным методом его исследования в настоящее время является аэрогравиметрическая съемка. Однако по сравнению с традиционной морской съемкой она обладает двумя недостатками – относительно низкими точностью и пространственным разрешением измерений. Проведение высокоточной морской гравиметрической съемки в полярных широтах, безусловно, является актуальной как геофизической, так и геодезической задачей.

В 2014 г. такая морская гравиметрическая съемка впервые была выполнена в центральной части Северного Ледовитого океана в рамках работ по оценке перспектив нефтегазоносности континентального шельфа за пределами 200-мильной экономической зоны РФ.

Одной из характерных особенностей гидрологического режима Арктического бассейна является сохраняющийся в течение всего года ледовый покров, находящийся в постоянном движении. Толщина льда может достигать 4 м, сплочённость – 9–10 баллов. Учитывая эти сложные ледовые условия в полярных широтах, работы выполнялись в двухсудовом варианте, когда ледокол пробивает канал, а научно-экспедиционное судно (НЭС) усиленного ледового класса непосредственно выполняет съемку, следуя по каналу.

Гравиметрические работы проводились с использованием двух однотипных гравиметрических комплексов разработки и изготовления АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» [4–8]. На рис. 1 приведено размещение гравиметров «Шельф-Э» и «Чекан-АМ» на борту НЭС «Академик Федоров».



Рис. 1. Гравиметры «Шельф-Э» и «Чекан-АМ» на борту НЭС «Академик Федоров»

Гравиметры были размещены на борту судна в геофизической лаборатории, в помещении, находящемся в наибольшей близости от метацентра судна. Выполнение гравиметрических измерений производилось с момента выхода из порта до окончания рейса в том же порту. При стоянках судна во всех портах захода выполнялись опорные наблюдения. Координирование судна на профилях обеспечивалось с помощью навигационного комплекса с точностью не хуже 50 м. В реальном времени показания гравиметрических датчиков, систем гироскопической стабилизации и систем термостабилизации гравиметров регистрировались с использованием программного обеспечения с частотой не менее 10 Гц.

Для камеральной обработки гравиметрических данных навигационная информация регистрировалась в виде файлов в формате международного обмена геофизическими данными Р1/90, которые содержат навигационную (широта, долгота) и батиметрическую (глубина моря) информацию с дискретностью 50 м или 25 м в зависимости от режима работы пневмоисточников аппаратуры сейсморазведки.

В период с июля по октябрь 2014 г. была выполнена надводная гравиметрическая съемка на борту НЭС «Академик Федоров» в центральной части Северного Ледовитого океана.

Пространственными границами объекта были определены следующие районы: Северный Ледовитый океан, котловина Подводников, прогиб Вилькицкого, котловины Амундсена, Нансена, Макарова, внешний шельф морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Общая площадь участка работ составила около 350 000 кв. км. Схема выполненных профилей съемки представлена на рис. 2.

Толщина сплошных льдов в приполюсных районах достигала четырех метров. В этих условиях НЭС «Академик Федоров» не могло двигаться непрерывно и равномерно, периодически останавливалось во льдах, ожидая оковки ледоколом «Ямал». Так, на галсе 39 профиля, протяженностью 182 км, производилась 21 оковка судна, а на галсе 42 профиля, протяженностью 265 км – 32 оковки, т. е. примерно одна остановка на 8–9 км съемки. В таких условиях приходилось осуществлять перезаходы судна на галс.

Всего из 10 200 лин. км съемки, 7 500 лин. км проводилось в сплоченном 10-балльном льду и только 2 700 лин. км – в относительно чистой воде. Средняя скорость движения судна во льдах составляла 3,8 узла (при минимальной – 2,1 узла), по чистой воде – 5,1 узла.

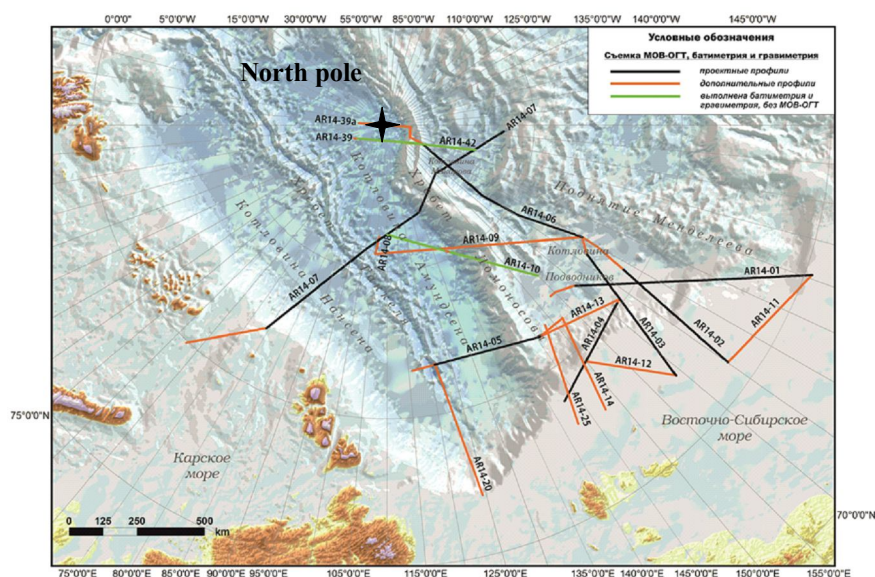


Рис. 2. Схема выполненных профилей морской гравиметрической съемки

В результате проведенных геофизических исследований было выполнено 36 гравиметрических профилей. Сформированный каталог гравиметрических пунктов содержит 71179 независимых измерений.

Благодаря тому, что на борту было установлено два гравиметра, дополнительным критерием качества измерений являлась оценка межприборной разности. На рис. 3 видно, что среднее квадратическое отклонение (СКО) межприборной разности составило 0,79 мГал, что характеризует высокую инструментальную точность гравиметров.

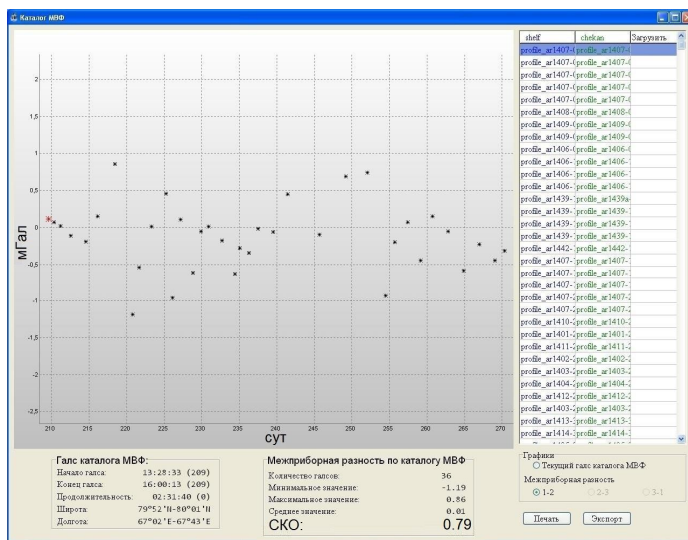


Рис. 3. Межприборная разность показаний гравиметров «Шельф-Э» и «Чекан-АМ» на 36 маршрутных галсах съемки

На рис. 4 приведены значения глубины и аномалий гравитационного поля Земли (ГПЗ) в редукциях Буге и Фая для профиля AR1409-07. На графике наблюдается высокая степень корреляции аномалий Фая с рельефом дна, и прослеживаются высокочастотные аномалии ГПЗ. Обработка результатов всей съемки позволила обнаружить аномалии ГПЗ с пространственным разрешением менее 1 км и амплитудой 1–5 мГал, которые могут быть измерены только с морского носителя.

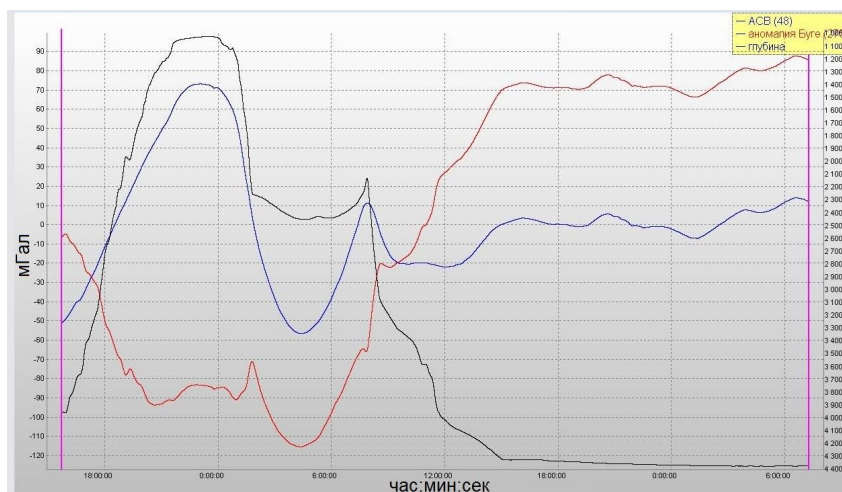


Рис. 4. Графики глубины, аномалий Буге и Фая на профиле AR1407-21

Результаты морской гравиметрической съемки, выполненной в Северном Ледовитом океане, подтвердили несомненную приоритетность данного метода в части изучения высокочастотной составляющей аномалий ГПЗ. Неравномерность движения судна на галсах, обусловленная сложной ледовой обстановкой, практически не влияет на точность измерений ГПЗ.

В результате проведенных геофизических исследований было выполнено 10 200 лин. км съемки, получено 36 гравиметрических профилей. Сформированный каталог гравиметрических пунктов содержит 71 179 независимых измерений.

Основным критерием точности измерений являлась оценка среднеквадратической погрешности (СКП) в точках пересечения галсов, которая составила 0,28 мГал для гравиметра «Шельф-Э» и 0,72 мГал – для гравиметра «Чекан-АМ», что соответствует современному уровню высокоточных морских съемок.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 14-29-00160).

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснов А. А., Соколов А. В. Изучение гравитационного поля труднодоступных районов Земли с использованием мобильного гравиметра «Чекан-АМ» // Труды Института прикладной астрономии РАН. – 2009. – № 20. – С. 353–357.
2. Krasnov A. A., Sokolov A. V., Usov S. V. Modern Equipment and methods for gravity investigation in hard-to-reach regions // Gyroscopy and Navigation. – 2011. – Т. 2. – № 3. – С. 178–183.
3. З. Дробышев Н. В., Конешов В. Н., Конешов И. В., Соловьев В. Н. Создание самолета-лаборатории и методика выполнения аэрогравиметрической съемки в арктических условиях // Вестник Пермского университета. – 2011. – № 3. – С. 37–50.

4. Краснов А. А., Соколов А. В., Элинсон Л. С. Новый аэроморской гравиметр серии «Чекан» // Гидрокопия и навигация. – 2014. – № 1 (84). – С. 26–34.
5. Блажнов Б.А., Несенюк Л.П., Пешехонов В.Г., Соколов А.В., Элинсон Л.С., Железняк Л.К. Интегрированный мобильный гравиметрический комплекс. Результаты разработки и испытаний // Применение гравиинерциальных технологий в геофизике. Санкт-Петербург. 2002. – С. 33–44.
6. Евстифеев М.И., Краснов А.А., Соколов А.В., Старосельцева И.М., Элинсон Л.С., Железняк Л.К., Конешов В.Н. Гравиметрический датчик нового поколения // Измерительная техника. – 2014. – № 9. – С. 12–15.
7. Железняк Л. К., Попов Е. И. Новая упругая система морского гравиметра / Гравиинерциальная аппаратура в геофизических исследованиях. – М.: ИФЗ АН СССР. – 1988. – С. 78–90.
8. Морской гравиметрический комплекс «Чекан - АМ». Проспект. – СПб: ЦНИИ «Электроприбор». – 2003. – 1 с.

RESULTS OF MARINE GRAVIMETRIC SURVEY IN POLAR LATITUDES, USING «ЧЕКАН-АМ» AND «ШЕЛЬФ-Э» GRAVIMETERS

V. V. Glazko («GNINGI» OJSC),

A. A. Krasnov, A. V. Sokolov («Concern CSRI Elektropribor» JSC)

The main results of the marine gravimetric survey in the Arctic Ocean as part of the 2014 expedition «Шельф-2014» are presented. The specific features of survey under the heavy ice conditions are shown. As a result of the work, 10200 lin km were surveyed, the catalog of gravimetric points containing 71149 independent measurements was formed.

УДК 551.46

О НЕКОТОРЫХ ПРИЧИНАХ ОШИБОК ПРИ РАСЧЁТЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ СКОРОСТИ ЗВУКА И ПЛОТНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

В. Г. ЛЯМЗИНА, С. И. МАСТРЮКОВ (ОАО «ГНИНГИ»)

В статье применительно к акватории Норвежского, Гренландского и Баренцева морей изложены результаты оценки роли нелинейности взаимосвязей гидрофизических параметров. Оценена роль других причин ошибок расчёта средних значений плотности воды и скорости звука. Выявлены диапазоны совместной изменчивости температуры и солёности воды. Показано, что гипотеза о наличии невозможных по физическим причинам сочетаний температуры и солёности воды может относиться только к глубинным водным массам, а роль нелинейности уравнения состояния морской воды при расчёте её средних значений некоторыми специалистами сильно преувеличена.

Эффективность применения подводных военно-морских сил, скрытность подводных объектов, безопасность подводного плавания существенно зависит от наличия информации о состоянии гидрофизических полей. Наряду с развитием средств и методов оперативной океанологии, за рубежом не прекращаются работы по развитию статичных цифровых моделей гидрофизических полей Мирового океана.

Так, в ВМС США создана третья версия цифровой модели поля скорости звука Мирового океана – Generalized Digital (GDEM) [1]. Это трёхмерная база климатоло-

гических данных о скорости звука в Мировом океане с разрешением по пространству от 10 до 30 угловых минут, с высоким переменным разрешением по вертикали. База входит в состав стандартной библиотеки программ и баз гидрометеорологических данных – Oceanographic and Atmospheric Master Library (OAML). Эта библиотека, в свою очередь, является элементом систем для информационной поддержки принятия решений различного уровня [2].

В Национальном центре океанографических данных (НЦОД) США с использованием мировых данных измерений гидрофизических и гидрохимических показателей в 2013 г. создана очередная версия глобальной базы данных по Мировому океану. На её основе разработана цифровая модель полей температуры и солёности Мирового океана с пространственным разрешением 1 угловой градус и с высоким вертикальным разрешением [3].

В нашей стране пока подобных цифровых моделей в глобальном масштабе не создано. Продолжаются дискуссии о методах климатической обработки данных. Недавно Ю. Н. Жуковым обращено внимание на некоторые проблемы климатической обработки гидрофизических данных [4]. Были выделены две из них. Первая связана с тем, что косвенно рассчитываемые гидрофизические характеристики, такие как условная плотность воды (σ) и скорость звука (c) нелинейно зависят от температуры (T), солёности (S) и давления (P) воды. Обычно при расчёте климатических показателей этих характеристик это обстоятельство учитывается, и средние значения определяются путём осреднения результатов косвенного расчёта для каждого набора измеренных величин по формулам:

$$\sigma_1 = \overline{\sigma(T, S, P)}, \quad c_1 = \overline{c(T, S, P)}. \quad (1)$$

По мнению Ю. Н. Жукова, при создании «традиционных климатических пособий» расчёт скорости звука и плотности воды ведётся по средним значениям температуры, солёности и давления воды с использованием формул:

$$\sigma_2 = \sigma(\bar{T}, \bar{S}, \bar{P}), \quad c_2 = c(\bar{T}, \bar{S}, \bar{P}). \quad (2)$$

Хотя это мнение и ошибочно (авторам неизвестно ни одного пособия, где средние значения плотности воды и скорости звука рассчитывались бы по средним полям температуры и солёности воды), представляет интерес рассмотреть насколько велики невязки δ между величинами, определёнными по формулам (1) и (2). Для понимания значимости этих невязок оценим вклад других видов ошибок в результаты расчёта средних значений условной плотности и скорости звука.

Кроме того, в цитируемой работе автор утверждает, что в пределах реальных диапазонов изменчивости каждой из характеристик состояния морской воды (температуры и солёности воды) могут быть не все формально возможные сочетания температуры и солёности.

Поскольку роль нелинейности по сравнению с другими погрешностями расчёта средних значений в цитируемой работе не оценивалась, а безоговорочная гипотеза о невозможности существования некоторых сочетаний температуры и солёности, кроме общих рассуждений, ничем не была подкреплена, возникла необходимость проверки сделанных утверждений.

Исходные данные. В качестве исходных использованы данные отечественных и международных гидрологических наблюдений из банка океанографических данных НИОЦ ОАО «ГНИНГИ» за период наблюдений с 1900 по 2012 гг. На их основе сформирована база гидрологических данных на акватории Норвежского, Гренландского и Баренцева морей по району 60–80°с. ш., 20°з. д. – 60°в. д. Данные прошли принятые в НИОЦ процедуры контроля качества, в том числе проверку на инверсию плотности. Общее число гидрологических станций превысило четверть миллиона. Поэтому полученные выводы априори можно считать представительными.

Для расчёта условной плотности использовано международное уравнение состояния морской воды МУС-80, а для расчёта скорости звука – уравнение Чена и Миллера, рекомендованные для использования Межправительственной океанографической комиссией ЮНЕСКО [5].

Оценка невязок средних значений гидрофизических параметров, вызванных нелинейностью их связи с температурой и солёностью воды. Расчёт средних значений условной плотности и скорости звука был выполнен двумя способами – по уравнениям (1) и (2) для двух масштабов пространственного и временного осреднения. В первом случае масштаб пространственного обобщения принят равным всему району и всему периоду наблюдений. Во втором случае пространственный масштаб обобщения данных – трапеция размером 1 угловой градус, масштаб временного обобщения – 1 месяц. В первом случае оценены средние гидрофизические характеристики на всей акватории за более чем столетний период наблюдений. Во втором – использованы типичные для климатических пособий масштабы пространственного и временного осреднения, но без учёта многолетней изменчивости. Результаты расчёта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения средних годовых значений температуры (T), солёности (S), а также условной плотности (σ) и скорости звука (c), рассчитанных по формулам (1) и (2) и соответствующие невязки δ на всей акватории Норвежского, Гренландского и Баренцева морей за весь период наблюдений

Горизонт, м	\bar{T} , °C	\bar{S} , ‰	σ_1 , кг/м ³	c_1 , м/с	σ_2 , кг/м ³	c_2 , м/с	$\delta\sigma$, кг/м ³	δc , м/с	Число наблюдений
0	4,60	34,01	26,89	1467,4	26,93	1467,8	-0,05	-0,44	256307
10	4,81	34,38	27,18	1468,7	27,25	1469,3	-0,07	-0,58	230706
20	4,65	34,49	27,34	1468,4	27,40	1469,0	-0,07	-0,57	229169
30	4,39	34,56	27,47	1467,6	27,54	1468,2	-0,06	-0,55	228444
50	4,06	34,68	27,69	1466,7	27,76	1467,2	-0,07	-0,49	221552
75	4,01	34,77	27,91	1467,1	27,96	1467,6	-0,05	-0,43	205116
100	3,94	34,85	28,09	1467,3	28,14	1467,8	-0,05	-0,41	200485
125	3,95	34,91	28,26	1467,9	28,30	1468,3	-0,05	-0,38	183017
150	3,77	34,94	28,42	1467,6	28,46	1468,0	-0,05	-0,38	179507
200	3,52	34,97	28,71	1467,4	28,75	1467,8	-0,04	-0,36	154208
250	3,31	34,99	28,99	1467,3	29,03	1467,7	-0,04	-0,35	129479
300	3,16	35,00	29,25	1467,5	29,29	1467,9	-0,04	-0,31	102867
400	2,39	34,98	29,78	1465,9	29,81	1466,1	-0,03	-0,22	79581

Горизонт, м	\bar{T} , °C	\bar{S} , ‰	σ_1 , кг/м ³	c_1 , м/с	σ_2 , кг/м ³	c_2 , м/с	$\delta\sigma$, кг/м ³	δc , м/с	Число наблюдений
500	1,49	34,95	30,32	1463,6	30,34	1463,7	-0,02	-0,15	68166
600	0,76	34,93	30,85	1461,9	30,86	1462,0	-0,01	-0,09	56337
800	-0,05	34,91	31,86	1461,5	31,86	1461,5	0,00	-0,03	50028
1000	-0,43	34,91	32,84	1462,9	32,83	1462,9	0,00	-0,01	39834
1200	-0,52	34,90	33,79	1465,8	33,78	1465,8	0,01	0,00	20943
1500	-0,66	34,89	35,20	1470,0	35,21	1470,0	-0,01	0,03	15079

Максимальные невязки оценки средней годовой плотности не превышают 0,07 кг/м³, что составляет около 0,25 от величины условной плотности. Максимальные невязки оценки средней годовой скорости звука не превышают 0,6 м/с, что составляет около 0,04% от величины скорости звука.

Отличия двух способов расчёта средних значений косвенно определяемых гидрофизических параметров в узлах одноградусной сетки можно охарактеризовать средней абсолютной невязкой $|\bar{\delta}|$ по всем одноградусным трапециям, а также минимальной (Min δ) и максимальной невязками в одной из трапеций. Наибольшие невязки расчёта «средних» значений отмечаются в июле. В табл. 2 приведены результаты оценки перечисленных показателей невязок только для июля на двух горизонтах – поверхность и 500 м.

Таблица 2

Средняя абсолютная невязка ($|\bar{\delta}|$) расчёта средних значений гидрофизических характеристик по всей рассматриваемой акватории и экстремальных невязок (Min δ и Max δ) в отдельных одноградусных трапециях в июле в Норвежском, Гренландском и Баренцевом морях

Горизонт, м	Параметр	$|\bar{\delta}|$	Min δ	Max δ
0	Усл. плотность, кг/м ³	0,011	-0,13	0,04
	Скорость звука, м/с	0,05	-1,05	0,10
500	Усл. плотность, кг/м ³	0,003	-0,06	0,0
	Скорость звука, м/с	0,03	-0,51	0,0

Т. е. средняя абсолютная по всему району невязка расчёта «средней» плотности во всех одноградусных квадратах составляет 0,01 кг/м³, а максимальная абсолютная невязка в одном квадрате может достигать 0,13 кг/м³. Средняя абсолютная невязка между «средними» скоростями звука составляет 0,05 м/с, а максимальная абсолютная невязка достигает 1,05 м/с.

Максимальные невязки между двумя способами расчёта средней плотности воды и скорости звука отмечаются в эстуариях и фьордах Норвегии, а также в юго-восточной части Баренцева моря и в прилегающей части Карского моря, где велика изменчивость солёности воды за счёт стока рек и таяния льдов.

Погрешность оценки средних значений. В первом приближении для генеральной совокупности, подчиненной нормальному закону распределения, среднеквадратичная

тическая ошибка (σ) оценки среднего (m_x), зависит от среднеквадратического отклонения (σ_x), числа наблюдений N и имеет вид:

$$\sigma_{m_x} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Расчёт СКП расчёта средних был выполнен по одноградусным квадратам рассматриваемой акватории, где число наблюдений превышало двух. Результаты оценки средней квадратической погрешности (СКП) расчёта по всему району и максимальной СКП в одноградусных квадратах выбранной акватории приведены в табл. 3.

Таблица 3

Погрешности оценки средних значений в июле по данным в одноградусных трапециях Норвежского Гренландского и Баренцева морей

Глубина, м	Параметр	СКП по всему району	Макс. СКП
0	Усл. плотность, кг/м ³	0,22	12,4
	Скорость звука, м/с	1,77	15,8
500	Усл. плотность, кг/м ³	0,014	0,73
	Скорость звука, м/с	0,19	6,12

Наибольшие погрешности оценки средних значений отмечаются в удалённых и слабоосвещённых данными наблюдений районах, а также в прибрежных районах с повышенной изменчивостью гидрофизических полей.

Как видим, характерные погрешности, вызванные недостатком наблюдений и высокой изменчивостью гидрофизических полей существенно (более чем на порядок) выше невязок, вызванных неучётом нелинейной взаимосвязи гидрофизических параметров. СКП оценки средней скорости звука по всей рассматриваемой акватории достигает 2 м/с, а максимальная – 16 м/с. В качестве иллюстрации на рис. 1 приведены невязки между двумя способами расчёта средних значений σ в июле, а на рис. 2 – соответствующие оценки СКП расчёта средней условной плотности воды.

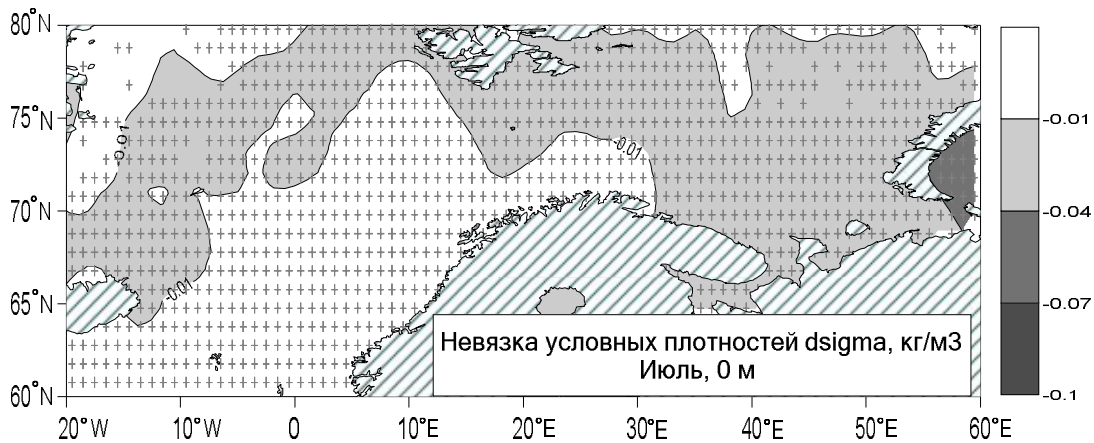


Рис. 1. Невязка условных плотностей воды, вызванная неучётом её нелинейной зависимости от температуры и солёности воды в июле на поверхности

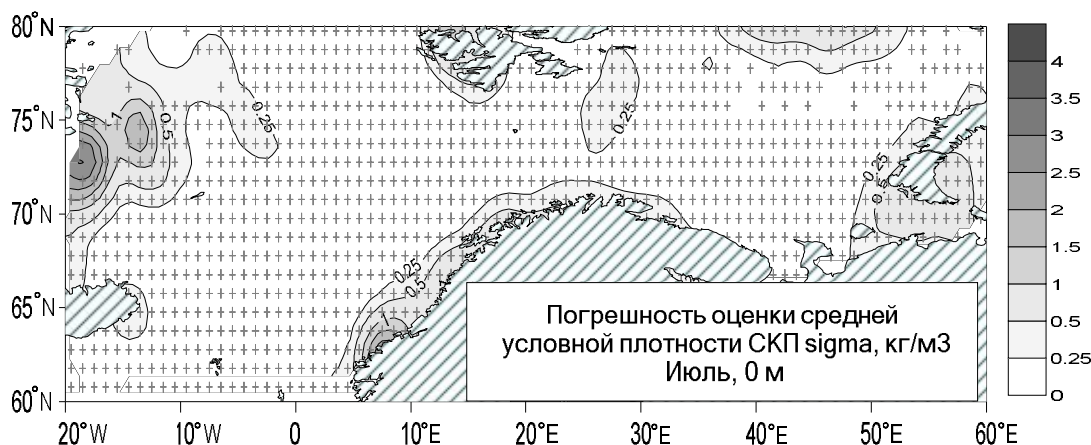


Рис. 2. Средняя квадратическая погрешность расчёта средней условной плотности воды в июле на поверхности

Другой проблемой при подготовке климатических пособий являются наблюдаемые изменения климата или многолетняя изменчивость как метеорологических, так и гидрофизических параметров.

Многолетняя изменчивость гидрофизических полей. Для иллюстрации изменений, вызванных многолетней изменчивостью, использованы результаты объективного анализа гидрофизических полей World Ocean DATABASE 2013 [3].

Для повышения представительности полученных оценок оценка выполнена для значительной акватории Баренцева моря – от 67 до 75 °с. ш., и от 30 до 50°в. д. В качестве иллюстрации на рис. 3 приведены графики изменения среднегодовых значений температуры воды по десятилетиям, начиная с 1955 г.

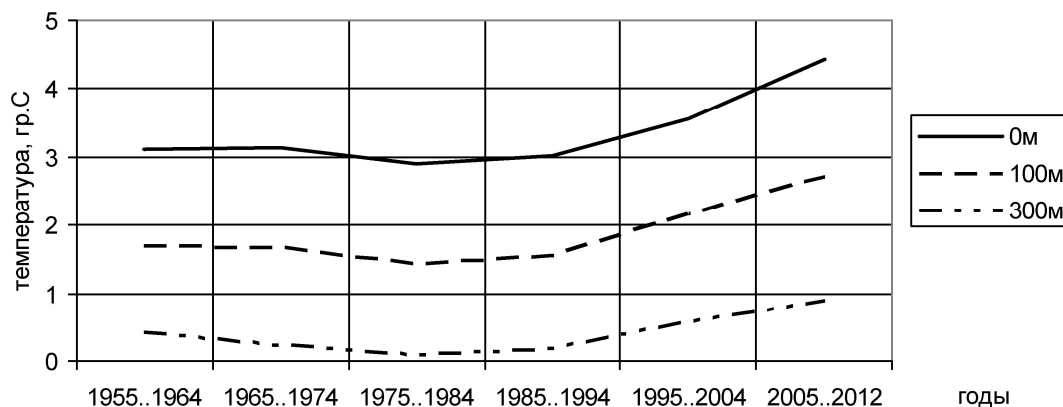


Рис. 3. Многолетняя изменчивость среднегодовой температуры воды в Баренцевом море по данным НЦОД США [3]

На рисунке видно, что за последние полвека среднегодовая температура воды на поверхности в Баренцевом море выросла примерно на 1,3 °С. При этом солёность практически не изменилась. Изменения среднегодовой скорости звука, соответственно, достигли 4 м/с.

Оценка возможности табуированных сочетаний температуры и солёности воды. Для проверки выдвинутой в работе [4] гипотезы о наличии «запрещённых» сочетаний температуры и солёности на основе описанного массива данных наблюдений выполнена выборка сочетаний температуры и солёности в верхнем 300-метровом слое и в глубинных слоях, на глубинах выше 1500 м. Такое деление вызвано тем, что в океанологии выделяют деятельный слой, толщиной 300 м, где велика роль процессов перемешивания и глубинные воды, где процессы перемешивания происходят в небольших масштабах, практически на молекулярном уровне. Диаграммы сочетаний температуры и солёности воды в верхнем 300-метровом слое и на глубинах свыше 1500 м приведены на рис. 4.

Видим, что утверждение о том, что в природе могут отсутствовать некоторые сочетания температуры и солёности воды может быть отнесено только к глубинным водным массам, образование которых действительно происходит в определённых районах Мирового океана в период зимнего выхолаживания и которые, заполняя придонные слои, уже не подвержены динамическому воздействию атмосферы. Для деятельного слоя океана, испытывающего влияние атмосферы, где роль процессов перемешивания довольно велика, в разумном диапазоне изменчивости солёности (30..36 ‰) и температуры (-2.. 30 °С), возможны практически любые сочетания температуры и солёности воды (рис. 4а).

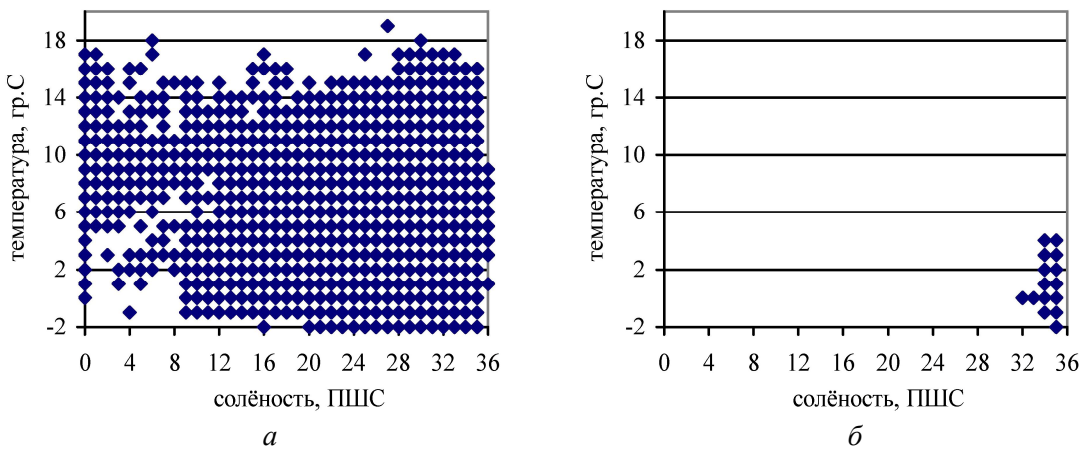


Рис. 4. Диапазон изменчивости температуры и солёности воды по данным непосредственных измерений в Норвежском, Гренландском и Баренцевом морях в деятельном слое (а) и на глубинах свыше 1500 м (б)

Единственным физическим ограничением на эти сочетания является очевидное требование к вертикальной структуре – отсутствие инверсий плотности воды, т. е. более лёгкая вода должна находиться над более тяжёлой. Как только это условие нарушается, моментально начинает работать механизм вертикального перемешивания воды.

Вместе с тем рис. 4б иллюстрирует хорошо выраженную однородность донных водных масс. Это позволяет предположить, что *TS* анализ водных масс может дополнить традиционные методы контроля данных гидрофизических наблюдений, осно-

ванных на проверке региональных диапазонов изменчивости гидрофизических полей и на проверке наличия инверсий вертикальной структуры.

Выводы

– Нелинейность взаимосвязи гидрофизических параметров обычно учитывают, а если этого не происходит, то ошибки, вызванные учётом нелинейности, оказываются пренебрежимо малыми по сравнению с ошибками, вызванными низкой освещённостью данными наблюдений и наблюдаемыми климатическими изменениями.

– Гипотеза о наличии запрещённых сочетаний температуры и солёности воды может относиться только к глубинным водным массам.

– *TS* анализ водных масс может быть включён в процедуры контроля качества данных гидрофизических наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carnes M. R. Description and evaluation of GDEM-v3.0 // – Naval Research Laboratory 2009. – 27 p.
2. Joint meteorological and oceanographic (METOC) handbook//U.S. Joint Forces Command, 2011. – 293 p. URL: http://www.dtic.mil/doctrine/doctrine/jwfc/metoc_hbk.pdf.
3. Портал НЦОД США. World Ocean Database 2013. URL: <https://www.nodc.noaa.gov>.
4. Жуков Ю. Н. Физические законы и гидрометеорологические пособия // Навигация и гидрография. – 2015, № 40, с. 63–69.
5. Algorithms for computation of fundamental properties of sea water/ UNESCO technical report in marine science No 44. – 1983. – 53 p.

ON SOME CAUSES OF ERRORS WHEN CALCULATING THE AVERAGE VALUES OF SOUND VELOCITY AND SEA WATER DENSITY

V. G. Lyamsina, S. I. Mastryukov («GNINGI» OJSC)

The results of evaluation of the role played by the nonlinearity of hydrophysical parameters correlations are presented, as applied to the water area of the Norwegian, Greenland and Barents Seas. The role played by the other causes of errors in calculation of average values of water density and sound velocity is evaluated. The ranges of combined changeability of temperature and salinity are revealed. It is shown that the hypothesis about the presence of combinations of water temperature and salinity impossible by physical considerations can refer only to deep-sea water masses, and the role of nonlinearity of equation for sea water state when calculating its average values is greatly exaggerated by some specialists.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.501.815.003.121

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ МЕТОДОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИИ ВМФ

ЩУКИН Г. Г. (ВКА им. А. Ф. Можайского),
ДРОЗДОВ А. Е. (ОАО «ГНИНГИ»),
ЖУКОВ В. Ю. (ВКА им. А. Ф. Можайского),
ЖИЛЬЦОВ Н. Н. (ОАО «ГНИНГИ»),
ИЛЬИН М. Ю. (ООО «НПП «Лазерные системы»)

Рассматриваются новые возможности использования доплеровских метеорологических радиолокаторов для метеорологического обеспечения авиации в интересах оповещения их об опасных явлениях погоды и определения метеорологического сдвига ветра и его распределения в пограничном слое атмосферы. Приведены рекомендации по составу радиолокационных средств для метеорологического обеспечения наземной и корабельной авиации.

Метеорологическое обеспечение авиации Военно-морского флота организуется и осуществляется в соответствии с руководящими документами [1, 2], которыми устанавливается перечень обязательных измеряемых и определяемых на аэродромах и авианесущих кораблях метеорологических параметров, сроки и организация проведения их измерений, а также места расположения технических средств.

Наиболее высокие требования предъявляются к метеообеспечению корабельной авиации, поскольку здесь ограничен сектор взлета и особенно посадки, а также отсутствуют запасные аэродромы.

Безопасность выполнения взлетно-посадочных операций должна обеспечиваться непрерывной оценкой ветровых характеристик на взлетно-посадочной полосе (ВПП), измерением дальности видимости, высоты нижней границы облаков в районе корабля. В соответствии с Инструкцией по производству полетов корабельной авиации минимумы погоды, при которых разрешены полеты самолетов СУ-33, СУ-25утг, вертолетов Ка- 27, Ка- 29, составляют:

- день: облачность – 10 баллов, высота нижней границы облачности – 300 м, видимость – 3000 м;
- ночь: облачность – 10 баллов, высота нижней границы облачности – 400 м, видимость – 4000 м.

Взлет самолетов производится при направлении воздушного потока в секторе $\pm 25^\circ$ к ДП корабля, посадка – в секторе $0-7^\circ$ с левого борта.

Необходимо непрерывное выявление и слежение за опасными явлениями (ОЯ) погоды (туман, ливень, гроза, град, смерч, шквал, снежные заряды и др.) в радиусе до 300 км от корабля. Полеты ограничиваются при достижении расстояния 70 км до зон

ОЯ, смещающихся в сторону корабля, и прекращаются при достижении расстояния 40 км до указанных зон. Внезапное непредвиденное закрытие ВПП при подлете самолетов после выполнения задания может привести к тяжелым летным происшествиям и катастрофам.

Для удовлетворения этих требований была разработана «Корабельная автоматизированная информационно-измерительная система гидрометеорологического обеспечения безопасности полетов корабельной авиации» («Касметео-К»), которая в 2005 г. принята на снабжение ВМФ. Одним из ее элементов был некогерентный радиолокатор «Контур-К», который предоставлял информацию только об ОЯ. За прошедшее с момента внедрения системы «Касметео-К» десятилетие в метеорологической радиолокации произошли радикальные, можно сказать революционные, изменения, заключающиеся во введении доплеровского и поляризационного режимов, приведших к получению совершенно новой информации, включая характеристики ветрового поля атмосферы [3, 4]. В связи с этим представляется целесообразным рассмотреть возможности использования этих изменений в метеорологической радиолокации в интересах метеообеспечения наземной и корабельной авиации.

Разработанные в начале нынешнего столетия отечественные доплеровские метеорологические радиолокаторы позволяют оценивать шесть параметров входного сигнала:

- радиолокационную отражаемость;
- среднюю частоту спектра;
- ширину спектра;
- дифференциальную отражаемость;
- дифференциальную фазу;
- модуль коэффициента взаимной корреляции поляризационных составляющих сигнала.

Это значительно расширяет их возможности по сравнению с применявшимися ранее некогерентными радиолокационными станциями, способными измерять только первый параметр из приведенного списка. Его величина Z определяется размерами и агрегатным состоянием составляющих метеообразование частиц [5]:

$$Z = \sum_i D_i^6 \left| \frac{m_i^2 - 1}{m_i^2 + 2} \right|^2, \quad (1)$$

где D_i – диаметр i -й частицы, m_i – ее коэффициент преломления, суммирование ведется по единице объема.

Оценивается данный параметр по величине принимаемой мощности $P_{\text{пр}}$ отраженного сигнала в соответствии с выражением:

$$Z = \frac{P_{\text{пр}} R^2}{\Pi}, \quad (2)$$

где R – расстояние до элемента разрешения, сигнал от которого принимается, Π – метеорологический потенциал радиолокатора, полностью определяемый его собственными параметрами.

Получаемой при этом информации достаточно, чтобы с большой степенью вероятности обнаруживать и прогнозировать развитие таких опасных явлений погоды, как:

- гроза;
- град;
- сильные ливни.

Накопленный в этой области опыт был обобщен в работе [6].

На основании оценок радиолокационной отражаемости до сих пор формируется большая часть информации, содержащейся в картах, разрабатываемых по данным метеорологических радиолокаторов:

- максимальной отражаемости для высот более 1 км;
- отражаемости в горизонтальных слоях толщиной 1 км обычно для различных высот;
- интенсивности осадков;
- количества осадков за выбранный промежуток времени;
- верхней границы облачности;
- нижней границы облачности;
- видимости в осадках;
- вертикально интегрированной водности.

Спектральные параметры, под которыми понимаются средняя частота и ширина спектра радиальных скоростей составляющих метеоцель частиц, измеряются только в когерентных радиолокаторах. Полученные оценки легко пересчитываются в более близкие к метеорологии величины – среднюю по элементу разрешения радиолокатора радиальную скорость (составляющую реальной скорости, направленную вдоль антенного луча) гидрометеоров и ширину спектра этих скоростей.

Первая из них зависит от направления ветра и азимута антенны. Поэтому ее используют для восстановления вектора скорости в наблюдаемом участке пространства по результатам измерений, получаемых на различных азимутах антенны при ее вращении. Метод получил название VAD (Velocity Azimuth Display).

Разбивая окружающее пространство на горизонтальные слои (как правило, толщиной в 1 км) и восстанавливая в каждом из них упомянутым методом вектор средней скорости, рассчитывают вертикальный профиль ветра в соответствии со следующей аппроксимацией:

$$\tilde{V}_{Rij} = V \cos(\theta - \alpha_i) \cos \beta_j, \quad (3)$$

где V, θ – величина и направление вектора средней по слою горизонтальной скорости ветра, α_i, β_j – текущие значения азимута и угла места антенны радиолокатора. Пример подобных расчетов с применением метода VAD, реализованных на базе доплеровского метеорологического радиолокатора с двойной поляризацией (ДМРЛ-С), приведен на рис. 1–3.

Если горизонтальный слой разбить на участки и в каждом из них искать подобным же образом вектор средней скорости, то восстанавливается поле скоростей ветра на выбранной высоте.

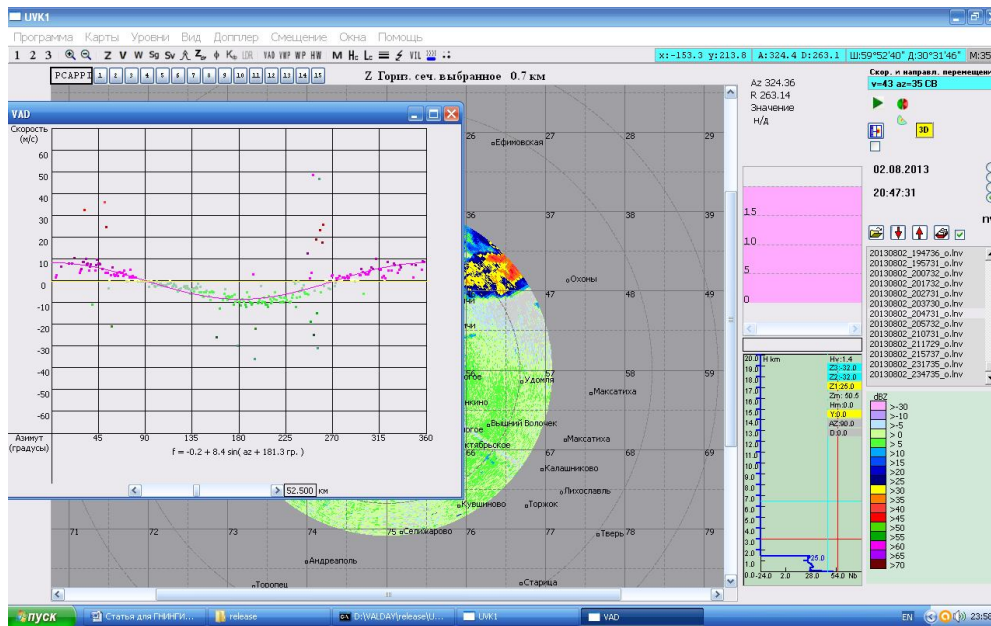


Рис. 1. Аппроксимация полученных на одной высоте оценок средней радиальной скорости частиц

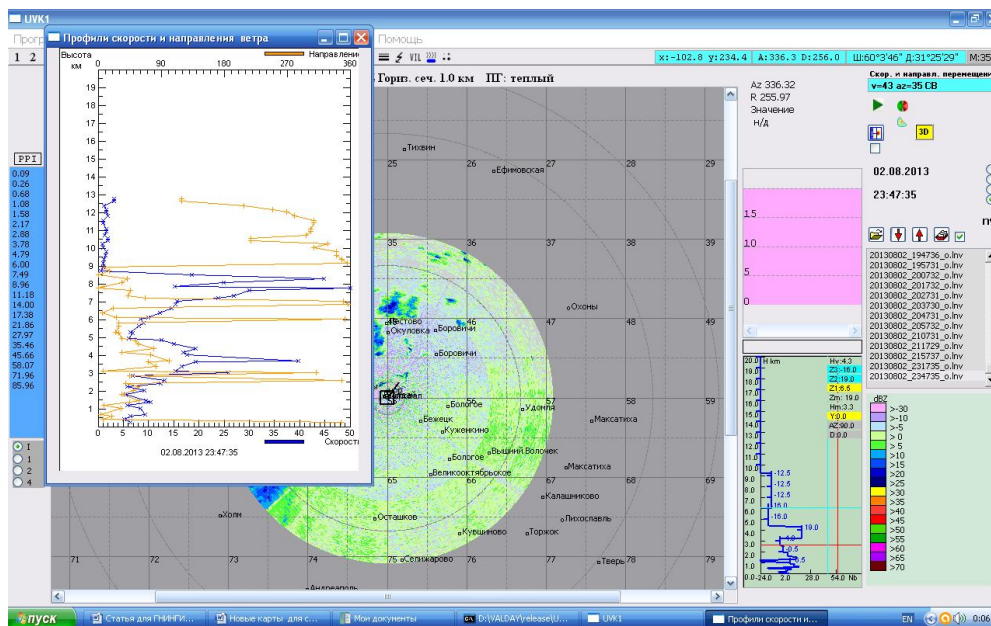


Рис. 2. Вертикальный профиль скорости и направления ветра

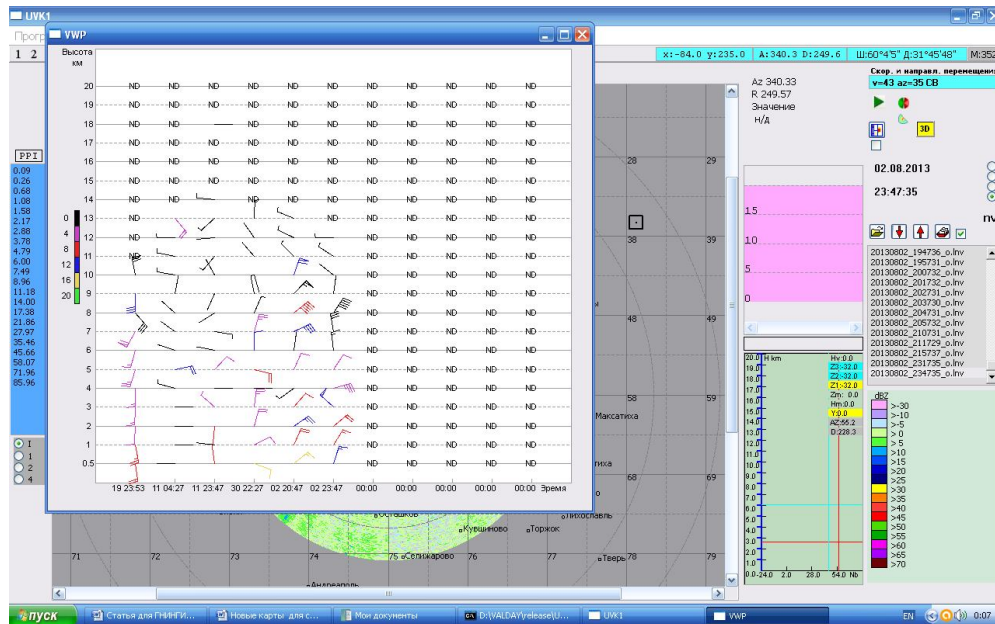


Рис. 3. Изменение профиля ветра во времени

Ширина спектра радиальных скоростей характеризует величину разброса скоростей частиц, которая вызывается двумя факторами – сдвигом ветра и турбулентностью. Существуют процедуры, позволяющие разделить влияние каждого из них и таким образом построить карты распределения турбулентности, а также вертикальных и горизонтальных сдвигов ветра.

Внедрение когерентного (доплеровского) режима в метеорологические радиолокаторы добавило к обнаруживаемым радиолокаторами опасным явлениям еще шесть:

- зоны сильного ветра;
- смерчи;
- фронты порывистости;
- области сдвига ветра;
- зоны повышенной турбулентности;
- микрошквалы,

а к уже упоминавшимся видам карт, разрабатываемых по данным метеорологических радиолокаторов, еще пять:

- распределения радиальной скорости частиц в слоях толщиной 1 км на различных горизонтах, высота расположения которых может выбираться оператором;
- распределения ширины спектра радиальных скоростей частиц в горизонтальных слоях;
- вертикального сдвига ветра в горизонтальных слоях;
- горизонтального сдвига ветра в горизонтальных слоях;
- турбулентности.

Дальнейшее развитие метеорологической радиолокации заключалось в оценивании поляризационных характеристик сигнала. Оно практически не расширяет список обнаруживаемых опасных явлений, но позволяет детализировать возможность

оценки интенсивности осадков и открывает для радиолокации новые возможности в плане классификации наблюдаемых целей (метеорологические, местные предметы (местники), птицы и насекомые) и определения агрегатного состояния частиц метеообразования.

Отечественная промышленность в настоящее время предоставляет возможность выбора подобной аппаратуры, такой как перечислена ниже.

1. ДМРЛ-С (рис. 4а). Стационарный радиолокатор для оснащения национальной сети штормооповещения. Он оснащен полным набором инструментов для спектральных и поляризационных измерений. За счет использования сложного зондирующего сигнала излучает эквивалентную импульсную мощность 900 кВт. Разработан и выпускается ОАО «НПО «Лианозовский электромеханический завод», г. Москва.

2. Малогабаритный метеорологический радиолокатор «Зодиак» (рис. 4б). Разработан ОАО «Завод «Энергия», г. Санкт-Петербург, совместно с ВКА им. А. Ф. Можайского как мобильная станция для применения в войсках. Имеет когерентный режим работы, но не имеет поляризационного режима.

3. Контур МЕТЕО-01» (рис. 4в). Разработан и выпускается ООО «Контур-НИИРС», г. Санкт-Петербург, для обеспечения активных воздействий в регионах, не оснащенных стационарными метеорологическими радиолокаторами [7]. Легко подключается к стандартной электрической сети при помощи обычной розетки и может перемещаться в багажнике джипа. В настоящее время разработан доплеровский вариант.

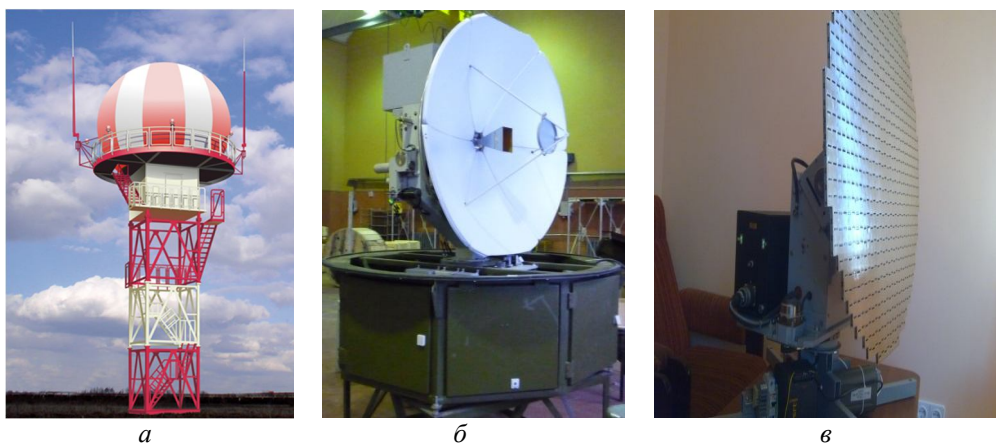


Рис. 4. Внешний вид метеорологических радиолокаторов: а – ДМРЛ-С, б – малогабаритного МРЛ «Зодиак», в – малогабаритного МРЛ «Контур МЕТЕО-01»

4. Метеокомплекс 1Б67 (рис. 5а) разработан и выпускается ОАО «ЦКБА», г. Тула, предназначен для восстановления вертикального профиля ветра при артиллерийских стрельбах.

5. Профилометр ПЛВ-300 (рис. 5б) в отличие от предыдущих изделий – не радиолокатор, а лидар. Во многих аэропортах они устанавливаются одновременно с радиолокационными измерителями параметров ветра, чтобы дополнять друг друга. Профилометр работает по «чистому небу», когда в атмосфере отсутствуют гидрометеоры. В этом случае радиолокатор неработоспособен ввиду отсутствия отражателей. С появлением гидрометеоров эффективность работы лидара быстро падает, и прихо-

дит время радиолокационных измерений. Профилометр разработан и изготавливается ООО «НПП «Лазерные системы», г. Санкт-Петербург.



Рис. 5. Внешний вид метеоконкомплекса 1Б67 (а) и профилометра ПЛВ-300 (б)

Основные характеристики упомянутых изделий приведены в таблице.

Основные характеристики отечественных метеорологических радиолокаторов и профилометров

Наименование параметра	Значение параметра				
	ДМРЛ-С	«Зодиак»	«Контур МЕТЕО-1»	1Б67	ПЛВ-300
Длина волны	5,3 см	3,2 см	3.2 см	8 мм	1560 нм
Когерентность	+	+	-	+	+
Двойная поляризация	+	-	-	-	-
Сжатие импульса	+	-	-	-	-
Максимальная рабочая дальность, км	256	160	160	4	0,3
Размер антенны, м	Ø 4,5	Ø 1,5	Ø 0,8	0,5×0,5	
Ширина диаграммы направленности антенны, град	1,0	2,0	3,0	1,0	
Тип передатчика	клистрон	магнетрон	магнетрон	клистрон	Fabier-лазер
Импульсная мощность, кВт	15; 900	50	5	6	100 мкДж
Длительность зондирующего импульса, мкс	1,0; 60,0	1,0	1–4	0,4	0,3
Габариты, м		Ø2,5×2	Ø1,2×1,1	0,6×0,76×0,56 мм	1428×1137 мм
Вес, кг	5000	450	60	14	120

Разнообразие выпускаемой радиолокационной техники позволяет оптимизировать состав аппаратуры для каждого из потребителей. Очевидно, что предъявляемые к ней требования различны для наземных аэродромов и авианесущих кораблей.

В первом случае ввиду отсутствия ограничений по занимаемой оборудовани- ем площади, его весу и габаритам логично использовать максимальный набор опций, предоставляемых современной метеорологической радиолокацией. Поэтому здесь следует рекомендовать установку ДМРЛ-С совместно с измерителями профиля ветра 1Б67 и ПЛВ-300. Однако максимальное количество опций требует максимальных финансовых средств. В целях уменьшения последних рассмотрим, всегда ли оправдана установка радиолокатора ДМРЛ-С как самого дорогостоящего из перечислен- ных изделий.

Прежде всего отметим, что длина несущей волны, равная 5,3 см (*S*-диапазон), выбиралась как разумный компромисс между *X*- и *C*-диапазонами. *X*-диапазон (длина волны 3,2 см) характерен тем, что лучше двух других различает слабоотражающие цели, но имеет наибольший коэффициент затухания в облаках и осадках. *C*-диапазон (длина волны 10 см), напротив, – наихудшее различение слабых целей и наименьшее затухание на трассе распространения. Поэтому в тех случаях, когда отсутствует опасность потери радиолокатором работоспособности при попадании в тропический ливень, нет необходимости использовать компромиссный вариант и резонно приме- нять несущие колебания с длиной волны 3,2 см. Речь идет о радиолокаторе «Зодиак», а места, где его использование оптимально, – северные районы.

В еще большей степени сказанное относится к оборудованию корабля. Основ- ным в этом случае является не широта его расположения, ибо она может меняться, а соображения минимизации веса и габаритов устанавливаемой аппаратуры. Этим тре- бованиям вполне удовлетворяет работающий в слое до 400 м доплеровский радиоло- катор на базе РЛС «Контур МЕТЕО-01» совместно с профилометрами 1Б67 и пер- спективным лидаром ЛПВ-400.

Существенный минус в предлагаемой конфигурации заключается в наличии сразу трех изделий, каждое из которых требует места для установки, подведения пи- тания и линий связи, устройств отображения информации. Исходя из этих соображе- ний, для установки на корабль следует рекомендовать разрабатываемый в ООО «НПП «Лазерные системы» лидарно-радиолокационный комплекс [8]. По сути, это объединение на одной поворотной платформе устройств, аналогичных изделиям «Контур МЕТЕО-01» с когерентным режимом работы и профилометрами 1Б67 и ЛПВ-400. Внешний вид комплекса с максимально возможным количеством опций (к уже указанным добавляется телевизионная камера) представлен на рис. 6.

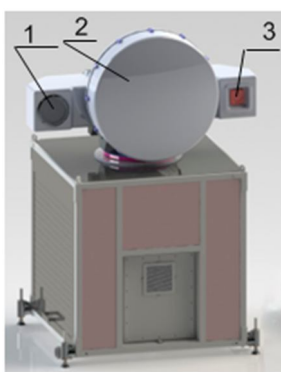


Рис. 6. Внешний вид лидарно-радиолокационного комплекса:
1 – радар Ка диапазона, 2 – радар X диапазона, 3 – ИК лидар и видеочкамера

Комплексирование трех устройств на одной платформе позволит не только сократить площадь размещения антенн на палубе, но и предоставит оператору всю собранную информацию в интегрированном виде, что значительно повышает ее информативность и достоверность.

Выводы:

- на наземных аэродромах, расположенных в южных и умеренных широтах, следует устанавливать радиолокатор ДМРЛ-С и пару профилометров 1Б67 – ПЛВ-300;
- на северных аэродромах – малогабаритный когерентный радиолокатор «Зодиак» и пару профилометров ПЛВ-300;
- для установки на корабль оптимальным является лидарно-радиолокационный комплекс.

В первых двух случаях вместо указанной пары профилометров возможна установка и лидарно-радиолокационного комплекса, но с другим набором опций (например, лидар и радар Ка диапазона).

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации. Приложение к приказу Министра обороны Российской Федерации от 24 сентября 2004 г. № 275. – URL: <http://www.aex.ru/docs/8/2009/8/10/768/>
2. Наставление по метеорологической службе авиации Вооруженных сил России, 2014 г. (НАМС – 2014) Введено в действие приказом главнокомандующего Военно-воздушными силами от 29 ноября 2014 г. № 434 дсп.
3. Готюр И. А., Жуков В. Ю., Кулешов Ю. В., Чернышев С. В., Щукин Г. Г. Доплеровский радиолокационный метод определения характеристик поля ветра и некоторые результаты // Ученые записки РГГМУ. – 2011. – № 21. – С. 66–75.
4. Готюр И. А., Десяткин А. М., Жуков Ю. В., Кулешов Ю. В., Щукин Г. Г. Информационные возможности доплеровских метеорологических радиолокаторов с двойной поляризацией // Ученые записки РГГМУ. – 2013. – № 31. – С. 66–82.
5. Жуков В. Ю., Щукин Г. Г. Состояние и перспективы сети доплеровских метеорологических радиолокаторов // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 2. – С. 92–100.
6. РД 52.04.320-91. Руководящий документ по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. – СПб: Гидрометеоздат, 1993. – 358 с.
7. Бычков А. А., Колосков Б. П., Корнеев В. П., Шаповалов А. В., Щукин Г. Г., Жуков В. Ю. Использование мобильного метеорологического радиолокатора «Контур-Метео-01» в работах по активному воздействию на облака // Изв. ВУЗов, Северо-Кавказский регион, Естественные науки. – 2014. – Т. 11. – № 3. – С. 259–267.
8. Щукин Г. Г., Борейшо А. С., Жуков В. Ю., Ильин М. Ю., Коняев М. А. Лидарно-радиолокационный метеорологический комплекс // Известия вузов. – Томск, 2015. – Физика. – Т. 57. – № 10. С. 83–87.

NEW POSSIBILITIES OF RADIOLOCATION METHODS OF METEOROLOGICAL SUPPORT FOR THE NAVY AIR FORCE

A. E. Drozdov, N. N. Zhiltsov («GNINGI» OJSC),
G. G. Shchukin, V. Y. Zhukov (A. F. Mozhaisky Military Space Academy),
M. Y. Ilyin («SIE «Laser Systems» Ltd.)

New possibilities to use the Doppler meteorological radars for meteorological air force support with the aim to inform them about the dangerous weather phenomena and to determine the meteorological wind shift and its distribution in the boundary layer of the atmosphere, are considered. Recommendations on the composition of the radar aids of meteorological support for the land-based and ship-based aircraft, are given.

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМУ РЕЖИМУ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

Н. В. ЧЕРВЯКОВА, А. Ф. ГЛУШКОВА
(ОАО «ГНИНГИ»)

В статье изложены результаты работ Научно-исследовательского океанографического центра ОАО «ГНИНГИ» по проектированию электронных информационно-справочных систем по гидрометеорологическому режиму морских акваторий. Показано, что такого рода системы, приходящие на смену традиционным бумажным пособиям, отвечают современным требованиям обеспечения морской деятельности климатической информацией и являются «мостиком» для создания сеточных баз климатических данных, необходимых для поддержки автоматизированных систем управления.

В последнее десятилетие в области гидрометеорологического обеспечения морской деятельности наблюдается тенденция перехода от использования традиционных бумажных пособий по гидрометеорологическому режиму морских акваторий к использованию электронных информационно-справочных систем (ИСС) [1, 2]. Так, в рамках работ по созданию Единой системы информации о состоянии Мирового океана (ЕСИМО) институтами Росгидромета разработан ряд электронных океанографических атласов и информационно-справочных систем по акваториям морей, прилегающих к территории России [3–5].

Отмеченная тенденция вызвана объективными преимуществами электронных ИСС перед традиционными бумажными пособиями. В числе таких преимуществ основными являются:

- отсутствие ограничений по объёму и составу климатических показателей;
- отсутствие затрат на издательскую деятельность;
- низкие затраты на подготовку ИСС, вызванные возможностью применения современных информационных технологий для обработки данных и визуализации результатов обработки;
- возможность дополнения и обновления ИСС за сравнительно короткий период.

Вместе с тем уже сейчас, особенно за рубежом, на смену электронным аналогам традиционных бумажных пособий приходят цифровые модели фоновых и экстремальных характеристик природной среды или сеточные базы климатических показателей. Поскольку в отличие от оперативной информации климатическая информация не требует частого обновления, такого рода базы получили название статичных. Особенно развито применение статичных баз гидрометеорологических данных в Военно-Морских Силах (ВМС) США, где в состав автоматизированных систем принятия решений различного уровня входят две стандартные библиотеки с данными о состоянии природной среды [6]. Ответственность за поддержание цифровых моделей и актуализацию баз данных на современном уровне возложена на Военно-

Морской океанографический офис (NAVO). Всего в ВМС США насчитывается несколько десятков статичных баз данных о состоянии природной среды глобального охвата.

В Научно-исследовательском океанографическом центре (НИОЦ) ОАО «ГНИНГИ» уже не первый год идёт работа по проектированию электронных информационно-справочных систем по гидрометеорологическому режиму морских акваторий. В отличие от большинства электронных ИСС общего пользования, созданных институтами Росгидромета, в НИОЦ ведётся разработка специализированных ИСС не только по морям России, но и по удалённым, но важным с точки зрения мореплавания акваториям Мирового океана. Разработанные электронные информационно-справочные системы размещаются в сети автоматизированной системы гидрометеорологического обеспечения Военно-Морского флота (АС ГМО ВМФ) и доступны потребителям ВМФ. В настоящее время разработаны следующие электронные ИСС:

- Атлас гидрометеорологических условий мореплавания в Балтийском море;
- Атлас гидрометеорологических условий мореплавания в Северном море;
- Атлас гидрометеорологических условий общего мореплавания в Норвежском, Гренландском, Баренцевом и Белом морях;
- Атлас природных условий Норвежского, Гренландского и Баренцева морей, влияющих на безопасность подводного плавания.

В 2015 году готовится к выпуску информационно-справочная система по Чёрному морю.

Разработка электронных информационно справочных систем включает следующие основные этапы:

- проектирование ИСС согласно целям и задачам потребителя, для которого создаются ИСС;
- обобщение и систематизация информации по областям знаний, связанным с проектируемой ИСС;
- создание пользовательских баз и массивов данных, осуществление контроля качества данных;
- статистическая обработка и оптимальная интерполяция результатов обработки;
- оценка погрешности результатов расчёта климатических показателей;
- построение карт, графиков, таблиц с информацией климатического характера;
- интеграция результатов расчёта, обобщения и визуализации климатических показателей.

От уже существующих справочных пособий информационно-справочные системы, проектируемые в НИОЦ, отличаются системным представлением справочного материала, подробным описанием исходных данных и методов обработки данных наблюдений.

Наряду с расширенным составом показателей гидрометеорологического режима, в состав разрабатываемых ИСС входят:

- ограничения Морского и речного регистра судоходства России по ветроволновым и ледовым условиям плавания;
- обязанности штурманского состава на этапе заблаговременного планирования морских операций;
- справочные сведения об особенностях судовых наблюдений за гидрометеорологическими условиями;
- характеристика использованных материалов и методов их обработки;

– справочные сведения об источниках оперативной гидрометеорологической информации.

В качестве источников информации при подготовке ИСС используется вся доступная гидрометеорологическая информация как российских, так и зарубежных исследований. Контроль качества исходных данных и расчёт показателей гидрометеорологического режима проводится с использованием Методических рекомендаций, разработанных в НИОЦ согласно с международными и отечественными рекомендациями по климатической обработке данных [7–9].

К особенностям обработки данных следует отнести метод районирования и выбор квадратов осреднения данных (рис. 1). В НИОЦ введен в практику расчёт показателей гидрометеорологического режима, главным образом, ветрового волнения по районам неправильной формы для прибрежных зон, что позволяет отразить особенности волнового режима морских акваторий. Районирование выполняется, исходя из следующих принципов:

- однородность волнового режима (глубины, морфометрия, ориентация береговой черты, удаленность от берега);
- достаточность для статистических обобщений.

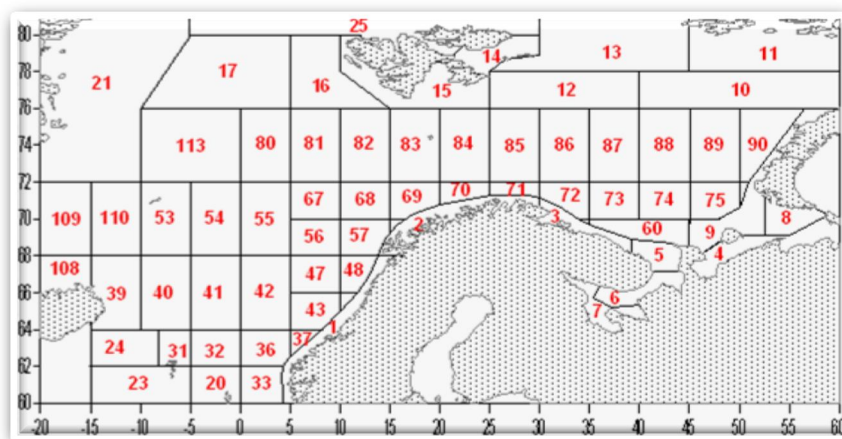


Рис. 1. Районирование и выбор квадратов осреднения данных показателей гидрометеорологического режима

На этапе оптимальной интерполяции результатов обработки данных в процессе построения полей показателей гидрометеорологического режима обычно применяются стандартные функции широко распространённых геоинформационных систем (ГИС). В НИОЦ для этих целей используются возможности пакета «Surfer Golden Software». В качестве основного метода при построении картосхем для расчета значения климатологических рядов выбран метод триангуляции и линейной интерполяции, обеспечивающий наилучшее представление пространственной изменчивости полей.

В процессе построения полей климатических показателей средствами ГИС формируются сеточные массивы показателей гидрометеорологического режима. По существу, эти массивы могут быть положены в основу цифровых моделей климати-

ческих полей. С этой точки зрения работы по созданию ИСС можно рассматривать как «мостик» к созданию статичных баз гидрометеорологических данных для обеспечения автоматизированных систем управления силами флота. Очевидно, что при переходе к созданию цифровых моделей среды следует учитывать физические закономерности формирования гидрометеорологических полей, их взаимосвязи между собой. Особые сложности возникают при создании цифровых моделей гидрофизических условий, поскольку стандартные технологии существующих ГИС для этого не подходят. При создании цифровых моделей гидрофизических полей целесообразно использовать опыт ВМС США [10].

При проектировании информационно-справочных систем в НИОЦ был использован язык гипертекстовой разметки «html». Разработан удобный интерфейс пользователя, позволяющий легко ориентироваться в разделах электронного атласа, осуществлять переход между ними, находить нужную информацию, в том числе справочные сведения. Техническое решение интерфейса дает возможность расширения содержательной части информационно-справочной системы, наращивание дополнительных разделов либо видоизменение существующей структуры в рабочем порядке.

Описание элементов гидрометеорологического режима сопровождается ссылками на использованные источники, приводится подробная характеристика исходных данных с указанием распределения количества наблюдений по годам, месяцам и районам обобщения.

Форма отображения информации наглядно представляет сведения о пространственной и временной (сезонной) изменчивости гидрометеорологических условий, влияющих на безопасность мореплавания, в картированном, графическом или табличном виде (рис. 2).

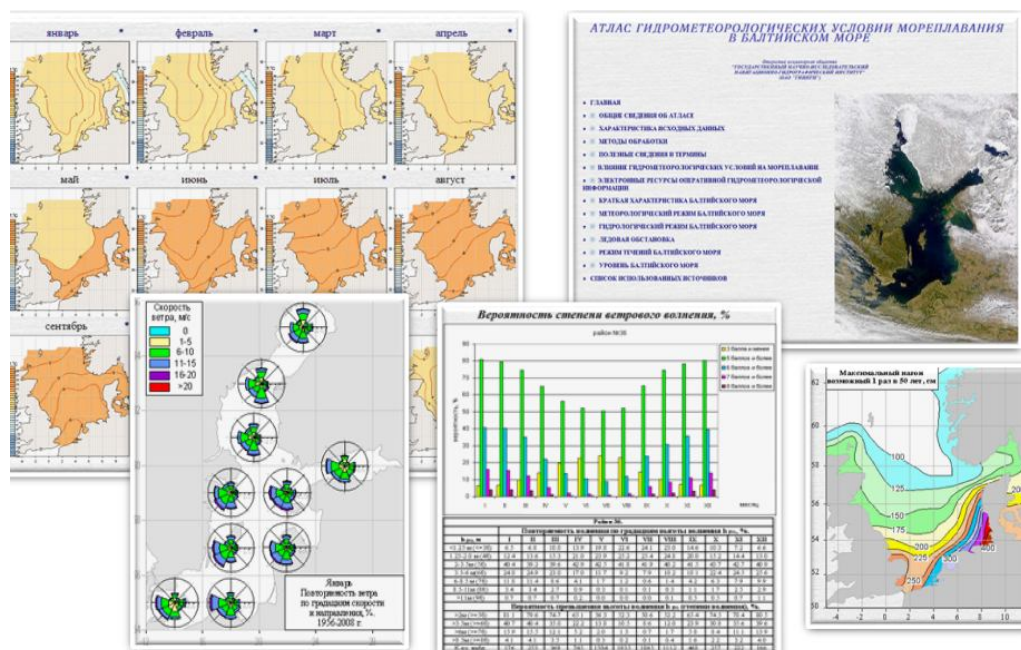


Рис. 2. Формы отображения сведений о пространственной и временной изменчивости гидрометеорологических условий

Разработанные в научно-исследовательском океанографическом центре ОАО «ГНИНГИ» электронные информационно-справочные системы по гидрометеорологическому режиму морских акваторий – новый вид справочного пособия, отличающийся от уже созданных ранее традиционных (бумажных) и электронных пособий системным подходом представления информации, более полным перечнем гидрометеорологических параметров, использованием стандартных и оригинальных методов статистической обработки и анализа данных. Для работы с ними не требуются особо мощный компьютер, высокоскоростной канал связи или установка специальных программных средств.

В настоящее время электронные информационно-справочные системы следует рассматривать в качестве дополнения к официально издаваемым УНиО МО РФ логиям и справочным пособиям. Они могут быть использованы штурманским составом при подготовке к плаванию и морским транспортным операциям, а также специалистами в области планирования развития и проектирования инфраструктуры и объектов морского транспорта.

По мере развития автоматизированных систем управления военно-морской деятельностью на смену электронным аналогам традиционных климатических пособий должны прийти сеточные массивы климатических показателей. Технологии их создания частично разработаны при создании электронных ИСС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов А. А. Подход к проблемам создания электронных справочных пособий по морской природной среде с применением новых информационных технологий в рамках ЕСИМО / А. А. Воронцов, А. Л. Белинских, С. А. Олейников // Новости ЕСИМО. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2003. – Вып. 14. – URL: <http://oceaninfo.ru/news/news14.htm#st5>.
2. Воронцов А. А. Применение ГИС/СУБД-технологий при создании электронных справочников по морской природной среде / А. А. Воронцов, В.А. Плотников // Материалы 4-й Российской научно-технической конференции «Современное состояние, проблемы навигации и океанографии», СПб, 6–9 июня 2001 г. – СПб: изд-во ГосНИНГИ, 2001. – С.235–237.
3. Климат морей России и ключевых районов Мирового океана: Электронный атлас [входит в Единую систему информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО)] / ВНИИГМИ-МЦД. – Обнинск, 2007. – URL: <http://www.esimo.ru/atlas/>.
4. Природопользование, состояние и тенденции изменений морской среды прибрежных и сопредельных районов дальневосточных морей России. Портал Владивосток: Электронный атлас [входит в Единую систему информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО)]. – URL: <http://portal.esimo.ferhri.ru/portal/portal/poi/main/pacificKISWindow?action=2&uri=%2F>.
5. ДЭСИ и Справочники. ААНИИ: Электронный атлас [входит в Единую систему информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО)]. – URL: <http://www.aari.ru/projects/ЕСИМО/index.php?im=200>.
6. Joint meteorological and oceanographic (METOC) handbook // U.S. Joint Forces Command, 2011. – 293 p. – URL: http://www.dtic.mil/doctrine/doctrine/jwfc/metoc_hbk.pdf.
7. Бирман Б. А. Логический контроль данных судовых метеорологических наблюдений / Б. А. Бирман, Ю. А. Краюшкин, Л. Г. Шушакова // Труды / ВНИИГМИ-МЦД. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – Вып. 117. – 120 с.
8. Guide to climatological practices. – Geneva: WMO, 1983. – № 100 (Second edition). – 198 p.
9. Методики расчета параметров многолетнего гидрометеорологического, гидрологического, гидрохимического (включая загрязнения) режима морской среды при подготовке электронного справочного пособия. – М.: ГОИН, 2006. – URL: <http://www.oceanography.ru/esimo/baltMethods/method.htm>.
10. Carnes M. R. Description and evaluation of GDEM-v3.0 // Naval Research Laboratory, 2009. – 27p.

CONCERNING THE DESIGN OF ELECTRONIC INFORMATION-REFERENCE SYSTEMS ON THE HYDROMETEOROLOGICAL REGIME OF THE MARITIME WATER AREAS**N. V. Chervyakova, A. F. Glushkova** («GNINGI» OJSC)

The results of the work carried out by the Research Oceanographic Center, «GNINGI» OJSC, are presented. The aim of the work is to design the electronic information-reference systems on hydrometeorological regime of the maritime water areas. It is shown that the systems of this kind coming to replace the traditional paper aids meet the present-day requirements of support for the maritime activities by climatic information and are "the bridge" for creating the grid bases of climatic data necessary for support of the automated control systems.

УДК 551.501.74

МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛЯ ГЕОПОТЕНЦИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ, ПОСТУПАЮЩИХ ОТ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ**И. А. ГОТЮР, П. А. ПРОХОРЕНКО,
М. Ю. РУДЬ** (ВКА им. А. Ф. Можайского)

Предлагается основанная на сплайн-аппроксимации методика, позволяющая использовать данные диагностирования поля ветра с помощью облаков-трассеров при восстановлении поля геопотенциала над территориями, не охваченными метеорологическими наблюдениями. Источником информации для диагностирования поля ветра с помощью облаков-трассеров являются данные геостационарных метеорологических космических аппаратов. Зональные и меридиональные составляющие векторов скорости ветра, полученные при диагностировании поля ветра, используются в качестве ограничений при построении аппроксимационного сплайна.

Повышение требований, предъявляемых к современным военно-техническим системам, ведет к их непрерывному совершенствованию. Вместе с улучшением тактико-технических характеристик указанных систем возрастают и требования к их всестороннему обеспечению. Одним из видов такого обеспечения является гидрометеорологическое, для осуществления которого необходимо иметь как можно более точную и полную информацию о полях метеорологических величин.

Поле геопотенциала является одним из важнейших полей метеорологических величин, так как именно от его точности зависит правильное определение синоптического положения, которое является отправной точкой при прогнозировании метеорологических условий. Кроме того, на основе поля геопотенциала составляются синоптические карты абсолютной и относительной барической топографии, постоянно используемые в повседневной деятельности метеорологических подразделений в процессе гидрометеорологического обеспечения [1].

В метеорологических подразделениях прогнозирование поля геопотенциала осуществляется с помощью физико-статистических методов, которые представляют собой полуэмпирические модели, позволяющие прогнозировать перемещение центров барических образований, используя минимальное количество параметров, описывающих состояние атмосферы и рассматривая только основные процессы. Минимизация количества исходных параметров, необходимых для прогнозирования, производится исходя из физики рассматриваемого процесса, а установление взаимосвязи исходных и прогнозируемых параметров происходит с помощью зависимостей полученных статистически. Исходя из сказанного, можно сделать вывод, что физико-статистические методы весьма чувствительны к достоверности поля геопотенциала, используемого в качестве начальных данных для прогнозирования.

Следует отметить, что на земном шаре существуют такие районы, которые слабо или совсем не освещены метеорологическими наблюдениями. Когда такие районы достаточно велики и сравнимы с размерами барических образований, существует большая вероятность того, что отображаемая на карте синоптическая ситуация в этом районе не будет соответствовать действительности. В таком случае возникает необходимость в применении метода аппроксимации.

В качестве такого метода в настоящее время часто используют метод сплайн-аппроксимации. Он обеспечивает получение глобальных непрерывных полей диагностируемых величин, а также позволяет учитывать информацию о других полях.

Метод сплайн-аппроксимации основан на построении и использовании аппроксимационного сплайна для нахождения значений геопотенциала в узлах регулярной сетки. В общем виде вариационная задача нахождения сглаживающего сплайна выглядит следующим образом [2]:

$$\int_{(D)} (\nabla^2 \tilde{f})^2 dD = \min_{p(X) \in L_2^{(2)}(R^{\dim\{X\}})} \int_{(D)} (\nabla^2 p(X))^2 dD, \quad (1)$$

$$\frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\frac{\tilde{f}(X) - f_i}{w_i} \right]^2} \leq \sigma, \quad (2)$$

где \tilde{f} – аппроксимированное значение геопотенциала, f_i – известные значения геопотенциала в точках с координатами X_i , w_i – относительные весовые коэффициенты, σ – значение невязки, $i = 1(1)N$.

В задаче минимизации (1–2) в качестве ограничений можно использовать не только значения функции $f(X_i)$ в некоторых точках X_i , но и значения производных по направлениям:

$$\frac{\partial f}{\partial v} = \frac{\partial f(P_i)}{\partial v}, \quad i = N+1, N+2, \dots, K. \quad (3)$$

В свободной атмосфере в качестве таких значений пригодны зональные и меридиональные составляющие вектора скорости ветра. Возможность их использова-

ния обусловлена тем, что в первом приближении в атмосфере выше пограничного слоя режим движения определяется градиентом геопотенциала и параметром Кориолиса [3]. В этом случае зональная и меридиональная составляющие вектора скорости ветра определяются следующим образом:

$$u_g = -\frac{g}{l} \frac{\partial H}{\partial y}, \quad v_g = \frac{g}{l} \frac{\partial H}{\partial x}, \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения; l – параметр Кориолиса; H – геопотенциальная высота.

В работе [4] для нахождения значений меридиональных и зональных составляющих скорости ветра (в качестве производных по направлениям) (4), предлагается использовать данные полученных в результате обработки снимков с МИСЗ. Суть методики, предложенной в этой работе, заключается в нахождении на спутниковых снимках облачных образований, соответствующих циклонам, которые в 67% случаев [5] представляют собой логарифмическую спираль, и сравнении найденных спиралей с эталонными, для которых статистически были получены характерные значения направления и скорости ветра в различных точках этих спиралей. Эти характерные значения направления и скорости ветра использовались в качестве ограничений для (1–2).

Следует отметить, что над территориями, не освещенными метеорологическими наблюдениями, не всегда наблюдаются циклоны, с которыми, как было сказано выше, лишь в 67% случаев связаны облачные системы, пригодные для использования в методике, описанной в работе [4], что значительно ограничивает ее применение.

В работе [6] была предложена методика диагностики поля ветра по данным геостационарных метеорологических космических аппаратов. В основе ее лежит идея идентификации объекта (трассера), переносимого ветром, на разнесенных во времени спутниковых снимках. Для идентификации трассера в работе [6] используется корреляционно-экстремальный алгоритм, в котором коэффициент корреляции рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{1}{4nm\sigma_1\sigma_2} \sum_{i=-n}^{n-1} \sum_{j=-m}^{m-1} [[B(x_i, y_j) - \bar{B}(x_i, y_j)][B'(x_i, y_j) - \bar{B}'(x_i, y_j)]], \quad (5)$$

где $B(x_i, y_j)$, $B'(x_i, y_j)$ – значения яркостей в точках координат пикселей $\langle x_i, y_j \rangle$ трассеров на 1-ом и 2-ом изображениях; $\bar{B}(x_i, y_j)$, $\bar{B}'(x_i, y_j)$, σ_1 , σ_2 – средние значения и среднеквадратические отклонения яркостей трассеров на 1-ом и 2-ом изображениях; n , m – размер трассеров пикселей в зональном и меридиональном направлениях.

Идентифицируя трассеры на последовательных спутниковых изображениях, можно рассчитать модуль и направление скорости ветра в данной области атмосферы и таким образом диагностировать поле ветра

Предлагается проводить восстановление поля геопотенциала на территориях, не освещенных метеорологическими наблюдениями, с помощью метода сплайн-

аппроксимации, в котором в качестве ограничений будут использоваться зональные и меридиональные составляющие вектора скорости ветра, полученные с применением методики диагностики поля ветра по данным геостационарных метеорологических космических аппаратов [6].

Суть предлагаемого метода состоит в следующем.

На первом этапе осуществляется подготовка исходных данных для идентификации трассеров (формирование последовательности изображений и т.п.), а также определение параметров корреляционно-экстремального алгоритма [6].

На втором этапе определяются потенциальные трассеры на первичном изображении с учетом физико-статистической модели трассера [6] и идентифицируются трассеры на последующих изображениях.

На третьем этапе определяется высота трассеров, их направление и скорость смещения.

На четвертом этапе осуществляется верификация полей скорости ветра с использованием сформулированных правил контроля достоверности данных [6].

На пятом этапе с помощью интерполяционного сплайна (1) (с применением в качестве ограничений меридиональных и зональных составляющих вектора скорости ветра, полученных на предыдущих этапах), проводится восстановление поля геопотенциала на интересующих территориях.

С использованием предлагаемого метода был проведен ряд численных экспериментов. В качестве исходных данных использовались данные аэрологических наблюдений с 2007 по 2013 гг.

Результаты численных экспериментов по восстановлению поля геопотенциала на территориях, не освещенных метеорологическими наблюдениями, с помощью предлагаемого метода приведены в таблице.

Численные эксперименты проводились над полем геопотенциала на уровне 700 гПа. Расчеты над полем геопотенциала производились с применением методов сплайн-интерполяции с учетом и без учета геострофического соотношения.

В ходе экспериментов рассчитывались погрешности в каждой точке области, выбирались максимальные, минимальные значения и рассчитывалось СКО абсолютных погрешностей. Шаг регулярной географической сетки точек составлял 1° .

Результаты аппроксимации поля геопотенциала с помощью предлагаемого метода

Метод аппроксимации	Максимум абсолютной погрешности, гпм	СКО абсолютной погрешности, гпм	Доверительный интервал для СКО, $I_{0,95;467}$; его длина, гпм
Без учета геострофического соотношения	15,569	12,375	[11,552; 13,146]; 1,594
С учетом геострофического соотношения	14,183	10,943	[10,216; 11,625]; 1,409

Представленные в этом примере характеристики являются наиболее типичными, и расхождения в их значениях при проведении повторных экспериментов незначительны и составляют менее 4%.

Целесообразным представляется объединение предлагаемой методики восстановления поля геопотенциала с методикой, предлагаемой в работе [4]. На рисунке приведена схема алгоритма восстановления поля геопотенциала на территориях, не освещенных метеорологическими наблюдениями, с помощью эталонных циклонических спиралей и трассеров.

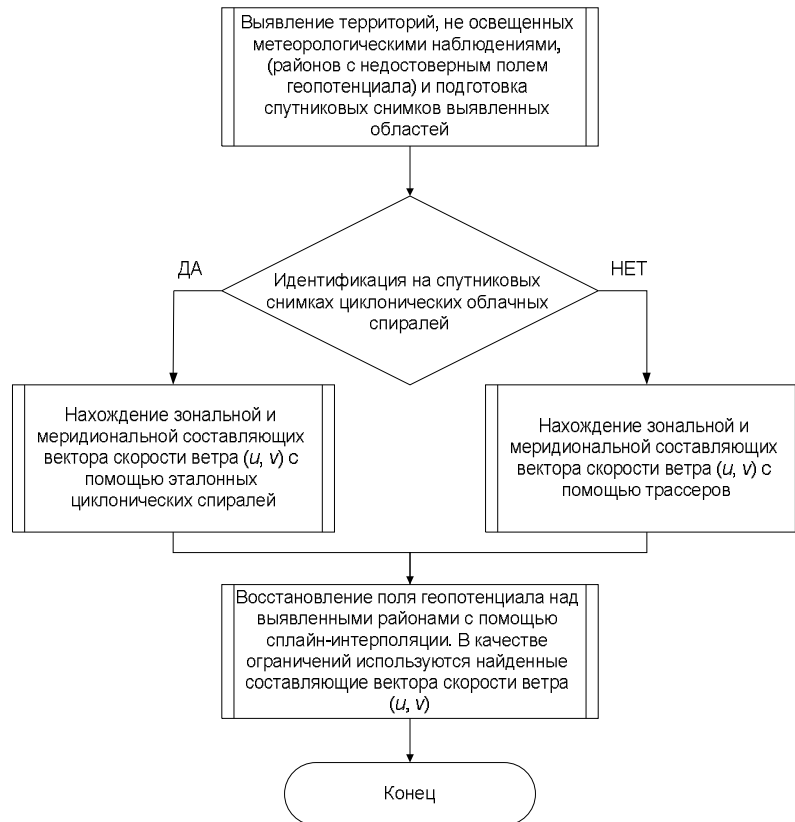


Схема алгоритма восстановления поля геопотенциала на территориях не освещенных метеорологическими наблюдениями

Таким образом, использование предлагаемого метода позволит существенно расширить возможности методики, предложенной в работе [4], и проводить восстановление поля геопотенциала на любых территориях, где по данным геостационарных метеорологических космических аппаратов возможно идентифицирование трассера или циклонической облачной спирали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гандин Л. С. Объективный анализ метеорологических полей. – Л.: Гидрометиздат, 1963. – 288 с.
2. Игнатов М. И., Певный А. Б. Натуральные сплайны многих переменных. – М.: Наука, 1991. – 128 с.
3. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 2000. – 639 с.
4. Готюр И. А., Костромитинов А. В. Методика уточнения поля геопотенциала над акваториями океанов // Навигация и гидрография. – 2013. – № 36. – С. 97.

5. Использование изображений со спутников в анализе и прогнозе погоде. Техническая записка ВМО №124 / ред. Р. Н. Андерсона и Н. Ф. Вельтищева – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 275 с.
6. Иванец М. О., Готюр И. А. Методика диагностирования поля ветра по данным метеорологических космических аппаратов // Труды ВКА им. А. Ф. Можайского. – 2009. – С. 208.

THE TECHNIQUE OF RECONSTRUCTION OF THE GEOPOTENTIAL FIELD OVER THE TERRITORY NOT COVERED BY METEOROLOGICAL OBSERVATIONS BASED ON THE GEOSTATIONARY METEOROLOGICAL SATELLITES DATA

I. A. Gotyur, P. A. Prokhorenko, M. Y. Rud' (A. F. Mozhaisky Military Space Academy)

The technique based on spline approximations is suggested. It allows to use the wind field data diagnostics by clouds-tracers during reconstruction of geopotential fields over the territories not covered by meteorological observations. The images obtained by geostationary meteorological satellites are used as the source of information for wind field diagnostics by clouds-tracers. The zonal and meridional components of wind speed vectors obtained by wind field diagnostics are used as constraints when constructing the approximation spline.

УДК 528.92

***ЦЕЛОСТНОСТЬ ГЕОВЕРСУМА И ЕЕ СВЯЗЬ С
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ
МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ***

Ю. Н. ЖУКОВ (ОАО «ГНИНГИ»)

Выдвигается тезис: проблемы прогнозирования погоды связаны с отсутствием законов, описывающих круговороты вещества и энергии в геоверсуме. Эти законы не могут быть описаны физическими величинами, применяемыми при измерении физических полей Земли. Для выявления законов круговоротов следует найти геовеличины, представляющие комплексы физических величин

Геоверсум – это совокупность, состоящая из элементов: верхней части литосферы, нижней части атмосферы (тропосферы, стратосферы), всей гидросферы и биосферы, а также антропосферы. Это понятие о «наружной сфере земли» введено русским метеорологом и географом П. И. Броуновым в 1910 г. Геоверсум может являться источником стихийных бедствий для человечества. По данным ООН ежегодный ущерб от стихийных бедствий в мире сейчас превышает 300 миллиардов долларов. Для России, как считает Минприроды, ежегодный ущерб от стихийных бедствий составляет около 30 миллиардов рублей. Все это свидетельствует о том, что сокращение рисков стихийных бедствий является важнейшим вызовом человечеству. Усиливающееся воздействие стихийных бедствий на жизнедеятельность людей на Земле не может игнорироваться.

Основным фактором снижения отрицательного воздействия окружающей среды является решение задачи прогнозирования опасных явлений среды с различной заблаговременностью. Одним из возможных направлений в совершенствовании решения этой задачи является использование принципа целостного представления всех

составляющих планеты Земля. Этот принцип известен с глубокой древности. Его применение проповедовали такие великие ученые как Пьер Тейяр де Шарден, Владимир Иванович Вернадский. Принцип утверждает, что «целое больше, нежели сумма его частей».

Однако бурное развитие наук о Земле в XX веке происходило путем дифференциации объектов и предметов исследования. Например, тропосферу изучает метеорология, гидросферу – океанология и т. д. В свою очередь, эти науки дробятся на множество направлений, изучающих их частные элементы. При этом предполагается, что целостное представление можно получить суммированием отдельных элементов описания, применяя метод «комплексирования» или «системного подхода». Такое понимание целого предполагает, что «нет ничего в целом, чего бы не было в частичном».

В обоих подходах планета Земля считается целостным объектом, и кажется, что эти подходы тождественны. Однако, по существу, они противоречивы. В них принципиально по-разному понимается понятие «целое». В первом случае предполагается, что целое больше чем сумма частей, а во втором целое – просто сумма частей.

Естественно, что геоверсум обладает только одним из этих свойств. Каким именно? Решение этого вопроса чрезвычайно важно для его исследований. Определение истинных качеств целостности геоверсума позволит обнаружить многие представления, которые являются заблуждениями и догмами. Эффективность прогнозирования стихийных бедствий может быть повышена только за счет избавления от них.

В статье дается обоснование целостности геоверсума в первом понимании целостности, то есть как объекта, обладающего новыми свойствами по сравнению со свойствами его составляющих частей; приводится значимость этого факта для задач описания и прогнозирования геопроцессов, и предлагается стратегия включения его в сферу научных исследований.

Основная идея в понимании свойств целостности – это идея несводимости свойств целого образования к сумме свойств его частей, причем принимается, что целое больше суммы частей [2]. Эти новые свойства целого, отсутствующие у частей, носят название эмерджентных свойств. Целое распадается на части только в случаях, когда суммарная энергия движения частей или энергии внешнего воздействия превышает энергию ее внутренних связей [3].

Целостный объект должен обладать тремя качествами: 1) эмерджентными свойствами, 2) специфическими свойствами структуры целого и 3) специфическими свойствами дискретности [3].

Проверим наличие эмерджентных свойств для геоверсума. Для этого воспользуемся табл. 1. В таблице для различных масштабов геоверсума представлены: элементы материи, форма проявления и характеристика эмерджентности, соответствующие масштабу. Представлены три масштаба: микроуровень, макроуровень и геоуровень.

Микроуровень образуют элементарные частицы. Эмерджентными свойствами микроуровня являются различные силы атомных взаимодействий. Физики описывают силы взаимодействия микроуровня с помощью набора атомных величин: спина, заряда и т. д.

В свою очередь, совокупности атомов образуют новые элементы материи в виде газов, жидкостей и твердых тел, представляющих масштаб макроуровня. Здесь

эмерджентными свойствами являются физические поля: гравитационное, магнитное, электрическое, сейсмическое, тепловое, радиационное. Для их описания физики применяют физические величины: плотность, температуру, соленость, влажность, электропроводность и т. д.

Таблица 1

Эмерджентные свойства различных уровней материальных сущностей

Уровень	Элементы материи	Форма проявления эмерджентности	Характеристики описания эмерджентности
Микроуровень	Элементарные частицы	Силы взаимодействия	Атомные величины: спин, заряд, ...
Макроуровень	Газы, жидкости, твердые тела	Физические поля: гравитационное, магнитное, электромагнитное, сейсмо-волновое, тепловое, радиационное, ...	Физические величины: плотность, температура, соленость, влажность, ...
Геоуровень	Атмосфера, океан, литосфера, живое вещество	Круговороты вещества и энергии: воды, воздуха, азота, углерода, ...	Геовеличины: ???

На геоуровне совокупность газов образует атмосферу Земли, совокупность жидкостей образуют гидросферу Земли, твердые тела составляют литосферу, а живое вещество образует биосферу. На этом уровне эмерджентными свойствами являются круговороты вещества и энергии: воды, воздуха, азота, углерода и т. д. Очевидно, что этим круговоротам, по аналогии с микроуровнем и макроуровнем, должны соответствовать какие-то величины. Назовем их геовеличинами. Но в настоящее время не существует понятий, соответствующих геовеличинам. Этот факт отмечен в соответствующей ячейке табл. 1 вопросительными знаками.

Значимость этого факта огромна. Действительно, если нет геовеличин, то нельзя содержательно описать процессы круговоротов, а если нельзя описать круговороты, то нельзя качественно прогнозировать опасные явления окружающей среды. Таким образом, выявлено существенное противоречие между необходимостью описания и прогнозирования процессов круговоротов и отсутствием понятийного аппарата, описывающего круговороты.

Итак, показано, что геосумма обладает эмерджентными свойствами.

Выполнение для геосуммы второго качества целостности объекта требует проверки специфических свойств структуры целого, а именно: 1) функциональной разнородности частей; 2) наличия внутренней связи между частями, являющейся интегративным фактором; 3) неделимости целого, то есть невозможности отдельного существования частей. Первое и третье свойства для атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы очевидным образом удовлетворяются. Второе свойство справедливо для геосуммы по той причине, что силы взаимодействия микроуровня, физические поля макроуровня и круговороты вещества и энергии геоуровня взаимодействуют как между уровнями, так и на одном уровне. Это интегрирует процессы геосуммы во всех масштабах изменчивости.

Третье качество целого связано с дискретностью целостных образований. Здесь понятие дискретности понимается как ограниченность от других, то есть между

дискретными образованиями должна существовать «граница» – относительная резкая зона перехода (скачок свойств). Реальность отграниченности друг от друга атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы наблюдается явно. Следовательно, и это свойство справедливо для геOVERСУМА.

Таким образом, установлено, что геOVERСУМ является целостным объектом со свойствами, отсутствующими у его частей. Остаются неизвестными геOVERВЕЛИЧИНЫ, позволяющие описывать и прогнозировать процессы на геOURОВНЯ – КРУГООБОРОТЫ.

Рассмотрим стратегии (табл. 2) снятия выявленного противоречия, связанного с отсутствием геOVERВЕЛИЧИН.

Традиционно в науках о Земле круговороты вещества и энергии косвенно описываются различными наборами физических величин, являющимися параметрами математических моделей. В их основу положен метод синтеза, то есть метод исследования при котором из общего выводят свойства частного. Эти методы наиболее часто используют сетевые потоковые модели типа моделей системной динамики ДЖЕЯ ФОРРЕСТЕРА. Например, в океанологии они называются моделями водного баланса морей, в экологии – моделями биотической регуляции. Представляется сомнительным, что эта стратегия может привести к определению геOVERВЕЛИЧИН, так как в ней неявно предполагается, что нет ничего в целом, чего бы не было в составляющих его частях. Кроме того, каждая из моделей разрабатывается для решения конкретной индивидуальной задачи и, следовательно, отсутствует свойство всеобщности результата. Значительна и существенна субъективная составляющая в разработке моделей.

В качестве альтернативы предлагается стратегия, основанная на методе анализа, то есть на методе исследования, в котором из частей выводят свойства общего. В данном случае под частями следует понимать как уже имеющиеся наблюдения и измерения среды, полученные традиционными методами, так и наблюдаемые свойства пространственно-временной изменчивости процессов в геOVERСУМЕ. Представляется, что совокупность такой информации позволит с течением времени выявить необходимую номенклатуру понятий, представляющих геOVERВЕЛИЧИНЫ. Для этой стратегии в качестве далеких аналогий могут служить: в математике – граничные и начальные условия для систем уравнений в частных производных, в физике – уравнения состояния для воздуха и морской воды.

Таблица 2

Стратегия формирования геOVERВЕЛИЧИН

Стратегия	Отправной уровень	Метод исследования	ГеOVERВЕЛИЧИНЫ	Аналоги
Традиционный	ГеOURОВЕНЬ	Синтез	Физические величины, описывающие потоки вещества и энергии между элементами модели	Системная динамика ДЖЕЯ ФОРРЕСТЕРА. Океанология: потоковые модели водного баланса морей. Экология: биотическая регуляция
Предлагаемая	МакрOURОВЕНЬ и геOURОВЕНЬ	Анализ	???	Математика: граничные и начальные условия для уравнений в частных производных. Физика: уравнения состояния термодинамики

Таким образом, в статье обосновано, что:

1) геOVERСУМ является целостным образованием, в котором круговороты вещества и энергии являются основными свойствами, формирующими состояния среды;

2) полностью отсутствуют геОВЕЛИЧИНЫ, позволяющие описывать и прогнозировать процессы круговоротов;

3) наиболее приемлемой стратегией формирования геОВЕЛИЧИН является стратегия, основанная на применении имеющихся данных традиционных измерений и изученных свойств пространственно-временной изменчивости физических полей геOVERСУМА.

Формирование понятийного аппарата геОВЕЛИЧИН позволит повысить эффективность описания и прогнозирования стихийных бедствий путем разработки специализированных долгосрочных прогнозов. Эти прогнозы будут строиться не на гидродинамических моделях, а на выявлении и наблюдении «предвестников» гидрометеорологических ситуаций и опасных явлений. Здесь «предвестники» – это явления того же характера, что и прогнозируемое, но существенно меньшего пространственно-временного масштаба и интенсивности. Прогнозы будут основываться на связях, выявленных как внутри, так и между круговоротами воздуха и воды. Автор полагает, что такое направления исследований в ГМО морской деятельности позволит повысить ее эффективность как с точки зрения заблаговременности, так и оправдываемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шальнев В. А. Проблемы взаимодействия общества и природы: взгляд географа. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2006. – 110 с.
2. Аристотель. Сочинения. Т. 1. – М.: Мысль, 1976. – 550 с.
3. Афанасьев В. Г. Проблемы целостности в философии и биологии. – М.: Мысль, 1964. – 416 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

БРОДСКИЙ Павел Григорьевич,

начальник центра инновационных исследований ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в запасе, докт. воен. н., профессор. Окончил Каспийское ВВМУ, Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация: штурман. Автор более 200 печатных работ.

E-mail: cii@gningi.ru

Глазко Владимир Валерьевич,

начальник отдела ОАО «ГНИНГИ», капитан 2 ранга в запасе. Окончил Высшее военно-морское училище имени М. В. Фрунзе. Специализация – инженер-гидрограф. Область научных интересов – гидрография, геофизика, НГО. Автор десяти печатных работ.

E-mail: +7(812)322-66-48

ГЛУШКОВА Александра Фёдоровна,

начальник лаборатории НИОЦ ОАО «ГНИНГИ» (лаборатория методов специализированной обработки баз океанографических данных и создания информационно-справочных систем). Окончила Ленинградский горный институт. Специализация – прикладная геодезия. Автор трех печатных работ.

E-mail: mail@gningi.ru

ГОТЮР Иван Алексеевич,

начальник кафедры в Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, докт. техн. н., подполковник. Окончил Военно-космическую академию имени А. Ф. Можайского. Специализация – метеорология. Автор более 60 печатных работ.

E-mail: gotur@newmail.ru

ДРОЗДОВ Александр Ефимович,

ведущий научный сотрудник гидрометеорологического отдела ОАО «ГНИНГИ», канд. техн. н., капитан 1 ранга в отставке. Окончил Ленинградский электротехнический институт. Специализация – технические средства гидрометеорологии. Автор более 60 печатных работ.

E-mail: akvaley@gmail.ru

Pavel G. BRODSKY,

Chief of Centre of Innovation Research, «GNINGI» OJSC, Captain 1-st rank (Ret.), DSc, professor. Graduated from Caspian Naval College and Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigation. Author of more than 200 publications.

E-mail: cii@gningi.ru

Vladimir V. GLAZKO,

Chief of division, «GNINGI» OJSC, Captain 2-nd Rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College. Speciality – engineer-hydrographer. Sphere of scientific interests: hydrography, geophysics, navigation-hydrographic support. Author of ten publications.

E-mail: +7(812)322-66-48

Alexandra F. GLUSHKOVA,

Chief of laboratory, Research Oceanographic Center, «GNINGI» OJSC (laboratory of methods of design and creation of oceanographic databases). Graduated from Leningrad Mining Institute. Speciality: applied geodesy. Author of 3 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Ivan A. GOTYUR,

Chief of chair, Mozhaisky Military Space Academy, DSc, Lieutenant Colonel. Graduated from Mozhaisky Military Space Academy. Speciality: meteorology. Author of more than 60 publications.

E-mail: gotur@newmail.ru

Aleksander E. DROSDOV,

Leading researcher of hydrometeorological division, «GNINGI» OJSC, CandSc, Captain 1-st Rank (Ret.). Graduated from Leningrad Electrotechnical Institute. Speciality: technical aids of hydrometeorology. Author of more than 60 publications.

E-mail: akvaley@gmail.ru

ЖИЛЬЦОВ Николай Николаевич,

заместитель начальника управления гидрографии, геофизики и гидрометеорологии ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в запасе. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – гидрометеорология. Автор более 100 печатных работ.

E-mail: 12345nik1@rambler.ru

ЖУКОВ Владимир Юрьевич,

старший научный сотрудник ВКА им. А. Ф. Можайского, канд. техн. н. Окончил Ленинградский механический институт. Специализация – метеорологическая радиолокация. Автор более 30 печатных работ.

E-mail: vuzhukov2002@list.ru

ЖУКОВ Юрий Николаевич,

ведущий научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», докт. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – гидрометеорология. Автор более 80 печатных трудов.

Тел.: +7(812)322-63-39

ИЛЬИН Максим Юрьевич,

инженер-конструктор ООО «НПП Лазерные системы». Окончил Балтийский государственный технический университет «Военмех». Специализация – лазерные системы. Автор четырех печатных работ.

E-mail: +7 (812) 612-02-88

КАВРАЙСКИЙ Александр Владимирович,

старший научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в отставке. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – гидрография, математическая картография, геодезические системы координат. Автор более 40 печатных трудов.

Тел.: +7(812)322-66-48

КОЛОБОВ Евгений Владиславович,

праб ОАО «ГНИНГИ». Специализация – компьютерные технологии, электронная картография. Автор пяти печатных трудов.

E-mail: logistmira@yandex.ru

Nikolai N. ZHILTSOV,

Deputy chief of Department of Hydrography, geophysics and hydrometeorology, «GNINGI» OJSC. Graduated from Frunze Naval College and N. G. Kuznetsov Naval Academy. Speciality: hydrometeorology. Author of more than 100 publications.

E-mail: 12345nik1@rambler.ru

Vladimir Y. ZHUKOV,

Senior researcher, Mozhaisky Military Space Academy, CandSc. Graduated from Leningrad Mechanical Institute. Speciality: meteorological radiolocation. Author of more than 30 publications.

E-mail: vuzhukov2002@list.ru

Yuri N. ZHUKOV,

Leading researcher, «GNINGI» OJSC, DSc. Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute. Speciality: hydrometeorology. Author of more than 80 publications.

Tel.: +7(812)322-63-39

Maxim Y. ILYIN,

engineer-designer, «SIE «Laser Systems» Ltd. Graduated from the Baltic State Technical University. Speciality: laser systems. Author of 4 publications.

E-mail: +7 (812) 612-02-88

Alexander V. KAVRAISKY,

Senior researcher, «GNINGI» OJSC, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College, Naval Academy. Speciality: hydrography, mathematical cartography, geodetic co-ordinate systems. Author of more than 40 publications.

Tel.: +7(812)322-66-48

Evgeny V. KOLOBOV,

Work superintendent, «GNINGI» OJSC. Speciality: computer technologies, electronic cartography. Author of 5 publications.

E-mail: logistmira@yandex.ru

КОСОЛАПОВ Владимир Григорьевич,

старший помощник командира крейсера «Пётр Великий» по боевому управлению. Капитан 2 ранга. Окончил Высшее военно-морское училище им М. В. Фрунзе. Специализация – судовождение.

E-mail: vlar0990@mail.ru

КОСТЕНИЧ Александр Валерьевич,

начальник гидрографической партии ОНЭИ ОАО «ГНИНГИ», канд. техн. наук. Окончил Ленинградский горный институт им. Г. В. Плеханова по специальности горный инженер-геофизик. Специализация – проблемы внешней границы континентального шельфа, электронная картография. Автор более 70 печатных трудов.

E-mail: alkostenich@mail.ru

КОСТИН Виктор Николаевич,

начальник лаборатории ОАО «ГНИНГИ», канд. техн. наук., доцент. Окончил Ленинградский государственный университет. Область научных интересов – морская астронавигация. Автор 95 печатных трудов.

E-mail: mail@gningi.ru

КРАСНОВ Антон Алексеевич,

начальник сектора АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». Окончил Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ». Специализация – магистр техники и технологии по направлению «автоматизация и управление». Область научных интересов – гироскопия, геофизика. Автор 32 печатных работ.

E-mail: +7(812)232-99-70

ЛАВРЕНТЬЕВ Анатолий Васильевич,

ведущий научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», докт. воен. наук, профессор. Окончил ТОВВМУ им. С. О. Макарова, ВСОК ВМФ, адъюнктуру ВВМКУ им. М. В. Фрунзе. Специализация – методы подготовки специалистов ВМФ, военное кораблевождение, технические средства навигации. Автор более 300 печатных трудов.

E-mail: mail@gningi.ru

ЛАЗАРЬ Александр Сергеевич,

старший преподаватель, Херсонской государственной морской академии, капитан дальнего плавания. Окончил Горьковский институт инженеров водного транспорта. Специализация – «Морское судовождение».

E-mail: Leonov_V_E@i.ua

Vladimir G. KOSOLAPOV,

Second-in-command of the cruiser “Петр Великий” battle control. Captain 2-nd Rank. Graduated from Frunze Naval College. Speciality: ship navigation.

E-mail: vlar0990@mail.ru

Alexander V. KOSTENICH,

Chief of hydrographic party, Section of Scientific Experimental Explorations, «GNINGI» OJSC, CandSc. Graduated from Leningrad Mining Institute majoring as mining engineer-geophysicist. Speciality: problems of the continental shelf outer limit, electronic cartography. Author of more than 70 publications.

E-mail: alkostenich@mail.ru

Victor N. KOSTIN,

Chief of laboratory, «GNINGI» OJSC, CandSc, reader. Graduated from Leningrad State University. Sphere of scientific interests: marine astronavigation. Author of 95 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Anton A. KRASNOV,

Chief of sector, “Concern CSRI Elektropribor” JSC. Graduated from St. Petersburg State Electrotechnical University. Speciality: MSc, engineering and technology – automation and control. Sphere of scientific interests: gyroscopy, geophysics. Author of 32 publications.

E-mail: +7(812)232-99-70

Anatoly V. LAVRENTYEV,

Leading researcher, «GNINGI» OJSC, DSc, professor. Graduated from the Pacific Makarov Naval College, the Navy Higher Officer Classes, post-graduate work at Frunze Naval College. Speciality: training of the Navy specialists, ship navigation, technical aids to navigation. Author of more than 300 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Alexandr S. LAZAR’,

Senior lecturer at Kherson State Maritime Academy, Deep Sea Captain. Graduated from Gorky Institute of Water Transport Engineers. Speciality: maritime ship navigation.

E-mail: Leonov_V_E@i.ua

ЛЕОНОВ Валерий Евгеньевич,

профессор Херсонской государственной морской академии, докт. техн. н. Окончил Азербайджанский институт нефти и химии им. М. Азизбекова. Специализация: «Аппараты химических производств». Автор 336 печатных работ.

E-mail: Leonov_V_E@i.ua

ЛИТВИНОВ Геннадий Дмитриевич,

ведущий научный сотрудник НИИ оперативно-стратегических исследований строительства ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА», канд. техн. н., почётный работник науки и техники РФ. Окончил высшее военно-морское училище радиоэлектроники (ВВМУРЭ) им. А. С. Попова, Военно-морскую академию. Автор более 100 печатных работ.

E-mail: vunc-vmf-4fil@mil.ru

ЛОБАНОВ Андрей Александрович,

начальник центра инновационных исследований ОАО «ГНИНГИ», капитан 2 ранга в запасе, канд. техн. н. Окончил Высшее военно-морское училище подводного плавания им. Ленинского комсомола и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – штурманская кораблей, управление воинскими частями и соединениями. Автор девяти печатных работ.

E-mail: cii@gningi.ru

ЛЯМЗИНА Валерия Григорьевна,

старший научный сотрудник НИОЦ ОАО «ГНИНГИ», Окончила Ленинградский государственный университет. Специализация – географ-океанолог. Автор десяти печатных работ.

E-mail: mail@gningi.ru

МАСТРЮКОВ Сергей Иванович,

ведущий научный сотрудник НИОЦ ОАО «ГНИНГИ», полковник в запасе, докт. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – океанология. Автор более 100 печатных трудов.

E-mail: mail@gningi.ru

Valery E. LEONOV,

Professor, Kherson State Maritime Academy, DSc. Graduated from M. Azizbekov Oil and Chemistry Institute. Speciality: Equipment of Chemical Production. Author of 336 publications.

E-mail: Leonov_V_E@i.ua

Gennady D. LITVINOV,

Leading researcher, The Research Institute of the Operative-Strategic Investigations for the Navy Construction, the Military Educational Scientific Centre of the Navy, N. G. Kuznetsov Naval Academy, CandSc. Graduated from Popov Naval College of Radioelectronics and the Naval Academy. Author of more than 100 publications.

E-mail: vunc-vmf-4fil@mil.ru

Andrei A. LOBANOV,

Chief of division, Center of Innovation Research, «GNINGI» OJSC, Captain 2-nd rank (Ret.), CandSc. Graduated from Naval College of Submerged Sailing and N. G. Kuznetsov Naval Academy. Speciality: ship navigator, control of military units. Author of 9 publications.

E-mail: cii@gningi.ru

Valeriya G. LYAMSINA,

Senior researcher, ROC «GNINGI» OJSC. Graduated from Leningrad State University. Speciality: geographer-oceanologist. Author of 10 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Sergei I. MASTRYUKOV,

Leading researcher, «GNINGI» OJSC, Colonel (Ret.), PhD. Graduated from St. Petersburg Hydrometeorological Institute. Speciality: oceanology. Author of more than 100 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

НЕСТЕРОВ Николай Аркадьевич,

заведующий лабораторией географии и природопользования Института озераведения РАН, капитан 1 ранга в отставке, докт. техн. н., профессор, заслуженный работник геодезии и картографии, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, вице-президент Гидрографического общества СПб. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. А. А. Гречко. Специализация – гидрография. Автор более 100 печатных работ.

E-mail: nnesterovmail@ya.ru

ПРОХОРЕНКО Павел Александрович,

Адъюнкт Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского, старший лейтенант. Окончил Военно-космическую академию имени А. Ф. Можайского. Специализация – метеорология. Автор семи печатных работ.

E-mail: gensek551@mail.ru

РУДЕНКО Евгений Иванович,

заместитель начальника Центра инновационных исследований ОАО «ГНИНГИ», капитан 2 ранга в запасе, канд. техн.н. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе. Специальность – штурманская кораблей. Автор 41 печатной работы.

E-mail: cii@gningi.ru

РУДЬ Мария Юрьевна,

научный сотрудник Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского. Окончила Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. Квалификация – инженер. Автор семи печатных работ.

E-mail: smeyashka@gmail.com

СОКОЛ Игорь Васильевич,

доцент кафедры, Херсонской государственной морской академии, канд. пед. н. Окончил Херсонский государственный педагогический институт, специализация - «Физика и основы информатики» и Херсонский государственный морской институт, специализация – «судовождение». Автор 24 печатных работ.

E-mail: kherson.sokol@gmail.com

Nicolai A. NESTEROV,

Head of laboratory for geography and management of natural resources, the Institute of Limnology, RAS, DSc, professor, Captain 1-st rank (Ret.), the Honoured Worker in Geodesy and Cartography, the RF Government Prize Winner in Science and Technology, Vice-president of St. Petersburg Hydrographic Society. Graduated from Frunze Naval College and A. A. Grechko Naval Academy. Speciality: hydrography. Author of more than 100 scientific publications.

E-mail: nnesterovmail@ya.ru

Pavel A. PROKHORENKO,

Post-graduate student, A. F. Mozhaisky Military Space Academy, Senior Lieutenant. Graduated from A. F. Mozhaisky Military Space Academy. Speciality: meteorology. Author of 7 publications.

E-mail: gensek551@mail.ru

Evgeny I. RUDENKO,

Deputy chief of Centre of Innovation Research, «GNINGI» OJSC. Captain 2-nd rank (Ret.), CandSc. Graduated from Frunze Naval College. Speciality: ship navigation. The author of 41 scientific publications.

E-mail: cii@gningi.ru

Maria Y. RUD',

Researcher, A. F. Mozhaisky Military Space Academy. Graduated from St. Petersburg University of Aerospace Device Engineering. Speciality: engineer. Author of 7 publications.

E-mail: smeyashka@gmail.com

Igor V. SOKOL,

Reader of the chair, Kherson State Maritime Academy, CandSc. Graduated from Kherson State Pedagogical Institute. Speciality – Physics and principles of informatics, and Kherson State Maritime Institute. Speciality: ship navigation. Author of 24 publications.

E-mail: kherson.sokol@gmail.com

СОКОЛОВ Александр Вячеславович,

заместитель генерального директора по инновациям АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», канд. техн. н. Окончил Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ». Специализация – физическая электроника и оптико-электронные приборы и системы. Область научных интересов – гироскопия, геофизика. Автор более 50 печатных работ.

E-mail: +7(812)232-99-70

ЧЕРВЯКОВА Нина Владимировна,

начальник лаборатории НИОЦ ОАО «ГНИНГИ» (лаборатория методов проектирования и создания баз океанографических данных). Окончила Российский государственный гидрометеорологический университет, магистр. Специализация – климатология, гидрометеорология. Автор восьми печатных работ.

E-mail: mail@gningi.ru

ЩУКИН Георгий Георгиевич,

профессор кафедры технологий и средств геофизического обеспечения ВКА им. А. Ф. Можайского, докт. физ.-мат. н., профессор, заслуженный деятель науки РФ. Окончил Ленинградский институт точной механики и оптики. Специализация – радиометеорология, дистанционное зондирование, распространение радиоволн. Автор более 500 печатных работ.

E-mail: ggshchukin@mail.ru

Alexander V. SOKOLOV,

Deputy Chief of Director General for Innovations, «Concern CSRI Elektropribor» JSC, CandSc. Graduated from St. Petersburg State Electrotechnical University. Speciality: physical electronics, optronic devices and systems. Sphere of scientific interests: gyroscopy, geophysics. Author of more than 50 publications.

E-mail: +7(812)232-99-70

Nina V. CHERVYAKOVA,

Chief of laboratory, Research Oceanographic Center, «GNINGI» OJSC (laboratory of methods of design and creation of oceanographic databases), M.Sc. Graduated from the State Hydrometeorological University of Russia. Speciality: climatology, hydrometeorology. Author of 8 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Georgy G. SHCHUKIN,

Professor, chair of technologies and geophysical support aids, A. F. Mozhaisky Military Space Academy, DSc, professor, RF Honoured Worker of Science. Graduated from Leningrad Institute of Fine Mechanics and Optics. Speciality: radiometeorology, remote sounding, propagation of radio waves. Author of more than 500 publications.

E-mail: ggshchukin@mail.ru

РЕФЕРАТЫ

УДК 656.6:551.48

О комплексном подходе в вопросах обеспечения навигационной безопасности плавания кораблей и судов. П. Г. Бродский, Г. Д. Литвинов, А. А. Лобанов, Е. И. Руденко. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 7–15.

На основе анализа состояния и требований по обеспечению навигационной безопасности мореплавания обосновывается необходимость реализации комплексного подхода к развитию навигационно-гидрографического обеспечения, мониторинга и контроля судоходства.

Ключевые слова: навигационно-гидрографическое обеспечение (НГО); Морская доктрина; комплексный подход; мониторинг и контроль судоходства; развитие НГО.

УДК 527.0

Зависимость параллакса светил от принятой модели земного эллипсоида. В. Н. Костин, А. В. Лаврентьев. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 16–23.

В статье рассматриваются параллаксы светил не только по высоте, но и по азимуту, а также зависимость параллаксов от используемых референц-эллипсоидов Земли. Показано, что модели референц-эллипсоидов не влияют на величину параллакса светил с достаточной для морской астронавигации точностью.

Ключевые слова: светило, параллакс, земной эллипсоид, система координат.

УДК 528.28

К вопросу о морской границе России с Соединенными Штатами Америки в Северном Ледовитом океане. А. В. Каврайский, Е. В. Колобов, А. В. Костенич. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 24–28.

В статье показано, что морская граница РФ с США в Северном Ледовитом океане, указанная в Соглашении между СССР и США от 01.06.1990 г., не ратифицированном Россией, географически совпадает с соответствующей границей, указанной в российско-американской Конвенции от 18 (30) марта 1867 г.

Ключевые слова: морские границы, меридиан, географические координаты, геодезические системы координат.

УДК 656.6

Метод контроля циркуляции корабля при плавании по маршруту на основе «неалийных линий». В. Г. Косолапов. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 29–34.

Рассматривается метод контроля циркуляции корабля на основе «неалийных линий». Раскрывается его преимущества в сравнении с используемыми методами контроля циркуляции. Показаны возможности применения метода в алгоритмах для автоматизации задач маневрирования.

Ключевые слова: «неалийные линии», навигационная безопасность плавания, контроль циркуляции, алгоритм расчёта времени начала циркуляции.

УДК 623.827

Оценка погрешности определения места донных объектов при поиске буксируемыми подводными аппаратами. Н. А. Нестеров. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 34–41.

В статье анализируются погрешности определения места донных объектов при поиске гидроакустической аппаратурой. Приводятся сравнительные расчёты величин этих погрешностей при использовании буксируемой и судовой аппаратурой. Даются некоторые рекомендации.

Ключевые слова: буксиремый подводный аппарат, средняя квадратическая погрешность, навигационная гидроакустическая система с ультра-короткой базой, судовая аппаратура.

УДК 656.61.052:527.004.122/124(045)

Анализ морских пособий, применяемых для определения места судна по наблюдениям солнца. В. Е. Леонов, И. В. Сокол, А. С. Лазарь. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 42–46.

В статье рассмотрены вопросы точности определения места судна с использованием астрономических пособий – «Морского астрономического ежегодника» и «Морского альманаха» («The Nautical Almanac») – на примере определения места по одновременным наблюдениям Солнца. В условиях натурных исследований были определены значения элементов высотной линии положения. В результате выполненных аналитических расчетов, а также с использованием различных пособий, применяемых для определения места судна, было установлено, что определить место судна с использованием только «Морского альманаха» в пределах требований Резолюции Международной морской организации (ИМО) А.529(13) (с вероятностью 95% в открытом море) невозможно. Ошибку в определении места вносит расчет числимых высот с помощью данных, приведенных в «Sight Reduction Table» и «Auxiliary Table». С целью снижения погрешности определения места судна при использовании «Морского альманаха» выполнены расчеты по параметрическим закономерностям сферической тригонометрии.

Ключевые слова: морские астрономические пособия, Морской астрономический ежегодник, Морской альманах, определение места, точность определения места, элементы высотной линии положения.

УДК 550.312; 528.27

Результаты морской гравиметрической съемки в полярных широтах гравиметрами «Чекан-АМ» и «Шельф-Э». В. В. Глазко, А. В. Соколов, А. А. Краснов. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 47–51.

В статье приведены основные результаты морской гравиметрической съемки в Северном Ледовитом океане в составе экспедиции 2014 г. «Шельф-2014». Показаны особенности съемки в тяжелых ледовых условиях. В результате работ выполнено 10 200 лин. км съемки, сформирован каталог гравиметрических пунктов, содержащий 71 179 независимых измерений.

Ключевые слова: гравитационное поле Земли, надводная гравиметрическая съемка, аномалия гравитационного поля Земли, гравиметрический комплекс, ледовые условия, Северный Ледовитый океан.

УДК 551.46

О некоторых причинах ошибок при расчёте средних значений скорости звука и плотности морской воды. В. Г. Лямзина, С. И. Мاستрюков. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 51–58.

В статье применительно к акватории Норвежского, Гренландского и Баренцева морей изложены результаты оценки роли нелинейности взаимосвязей гидрофизических параметров. Оценена роль других причин ошибок расчёта средних значений плотности воды и скорости звука. Выявлены диапазоны совместной изменчивости температуры и солёности воды. Показано, что гипотеза о наличии невозможных по физическим причинам сочетаний температуры и солёности воды может относиться только к глубинным водным массам, а роль нелинейности уравнения состояния морской воды при расчёте её средних значений некоторыми специалистами сильно преувеличена.

Ключевые слова: гидрографические условия, плотность морской воды, скорость звука в морской воде, нелинейность, ошибки расчёта.

УДК 551.501.815.003.121

Новые возможности радиолокационных методов метеорологического обеспечения авиации ВМФ. Г. Г. Шукин, А. Е. Дроздов, В. Ю. Жуков, Н. Н. Жильцов, Ильин М. Ю. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 59–67.

Рассматриваются новые возможности использования доплеровских метеорологических радиолокаторов для метеорологического обеспечения авиации в интересах оповещения их об опасных явлениях погоды и определения метеорологического сдвига ветра и его распределения в пограничном слое атмосферы. Приведены рекомендации по составу радиолокационных средств для метеорологического обеспечения наземной и корабельной авиации.

Ключевые слова: метеорологическое обеспечение авиации, метеорологическая радиолокация, профилометр, измерение профиля ветра.

УДК 551.46

К вопросу проектирования электронных информационно-справочных систем по гидрометеорологическому режиму морских акваторий. Н. В. Червякова, А. Ф. Глушкова. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 68–72.

В статье изложены результаты работ Научно-исследовательского океанографического центра ОАО «ГНИНГИ» по проектированию электронных информационно-справочных систем по гидрометеорологическому режиму морских акваторий. Показано, что такого рода системы, приходящие на смену традиционным бумажным пособиям, отвечают современным требованиям обеспечения морской деятельности климатической информацией и являются «мостиком» для создания сеточных баз климатических данных, необходимых для поддержки автоматизированных систем управления.

Ключевые слова: информационно-справочная система, атлас, климатическое пособие, гидрометеорологическая безопасность мореплавания.

УДК 551.501.74

Метод восстановления поля геопотенциала с использованием данных, поступающих от геостационарных метеорологических искусственных спутников Земли. И. А. Готюр, П. А. Прохоренко, М. Ю. Рудь. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 73–77.

Предлагается основанная на сплайн-аппроксимации методика, позволяющая использовать данные диагностирования поля ветра с помощью облаков-трассеров при восстановлении поля геопотенциала над территориями, не охваченными метеорологическими наблюдениями. Источником информации для диагностирования поля ветра с помощью облаков-трассеров являются данные геостационарных метеорологических космических аппаратов. Зональные и меридиональные составляющие векторов скорости ветра, полученные при диагностировании поля ветра, используются в качестве ограничений при построении аппроксимационного сплайна.

Ключевые слова: восстановление поля геопотенциала; территории, не освещенные метеорологическими наблюдениями; данные метеорологических спутников; корреляционно-экстремальный метод; сплайн-аппроксимация.

УДК 528.92

Целостность геосуммы и ее связь с гидрометеорологическим обеспечением морской деятельности. Ю. Н. Жуков. – Навигация и гидрография. – 2015. – № 41. – С. 78–82.

Выдвигается тезис – проблемы прогнозирования погоды связаны с отсутствием законов, описывающих круговороты вещества и энергии в геосумме. Эти законы не могут быть описаны физическими величинами, применяемыми при измерении физических полей Земли. Для выявления законов круговоротов следует найти геовеличины, представляющие комплексы физических величин

Ключевые слова: круговороты в природе, физические величины, геовеличины.

ABSTRACTS

On Complex Approach to Problems of Navigation Safety Provision for Ships and Vessels. P. G. Brodsky, G. D. Litvinov, A. A. Lobanov, E. I. Rudenko. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 7–15.

The necessity to use the complex approach to development of navigation-hydrographic support for monitoring and control of ship traffic is substantiated. It is based on the analysis of state and requirements to provision of maritime navigation safety.

Key words: navigation-hydrographic support, maritime doctrine, complex approach, monitoring and control of ship traffic, development of aids to navigation.

Dependence of Luminaries Parallax on Accepted Model of the Earth Ellipsoid. V. N. Kostin, A. V. Lavrentyev. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 16–23.

The parallaxes of luminaries are considered not only by the altitude but also by the azimuth. The dependence of parallaxes on the used reference-ellipsoid of the Earth is considered as well. It is shown that the models of reference-ellipsoids do not influence the value of luminaries parallax with accuracy sufficient for maritime astronavigation.

Key words: luminary, the Earth ellipsoid, coordinate systems.

On the Maritime Frontier between Russia and the United States of America in the Arctic Ocean. A. V. Kavraisky, E. V. Kolobov, A. V. Kostenich. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 24–28.

It is shown that the maritime frontier between the Russian Federation and the USA in the Arctic Ocean stated in the Agreement between the USSR and the USA (01.06.1990) not ratified by Russia, coincides geographically with the corresponding frontier in the Russian-American Convention (March 18/30 1867), and this frontier can be considered to be accepted.

Key words: maritime frontiers, meridian, geographic (al) co-ordinates, geodetic co-ordinate systems.

Method of Ship Circulation Control when Navigating along the Route Based on Non-aligned Lines. V. G. Kosolapov. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 29–34.

The method of ship circulation control based on non-aligned lines is considered. Its advantages, as compared to the used circulation control methods, are shown. The possibilities of its employment in the algorithms for the automation of the maneuvering problems are demonstrated.

Key words: «non-aligned lines», navigation safety, circulation control, algorithm of calculation of the time to begin the circulation.

The Error in Fixing the Position of Bottom Objects in Search by Means of Towed Equipment. N. A. Nesterov. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 34–41.

The errors of fixing the bottom objects position in search operation using the towed sonar equipment are analyzed. Comparative calculations of the values of these errors when using the towed and ship equipment are presented. Some recommendations are given.

Key words: towed underwater vehicle, mean square error, navigation sonar system with ultra-short base, ship stationary equipment.

Analysis of Maritime Aids Used For Ship Position Fixing By Solar Observation. V. E. Leonov, I. V. Sokol, A. S. Lazar'. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 42–46.

The items of ship position fixing accuracy by astronomical methods using astronomical aids such as “The Nautical Almanac” in terms of position fixing by Solar observation at different times are considered. The items values of Sumner position line were determined under the conditions of full-scale investigation. As a result of per-

formed analytical calculations and with the use of different aids for ship position fixing it was established that it is impossible to fix ship's position with a probability of 95 % in the offing using only "The Nautical Almanac" within the requirements of IMO resolutions A.529(13). The calculation of dead reckoning in "Sight Reduction Table" and "Auxiliary Table" introduces the error. In order to avoid the error while ship position fixing, the calculations by spherical trigonometry formula are suggested to be used.

Key words: maritime astronomical aids, The Nautical Almanac, position fix-ing, ship position fixing accuracy, the items of Summer position line.

Results of Marine Gravimetric Survey in Polar Latitudes, Using «Чекан-АМ» and «Шельф-Э» Gravimeters. V. V. Glazko, A. A. Krasnov, A. V. Sokolov. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 47–51.

The main results of the marine gravimetric survey in the Arctic Ocean as part of the 2014 expedition «Шельф-2014» are presented. The specific features of survey under the heavy ice conditions are shown. As a result of the work, 10200 lin km were surveyed, the catalog of gravimetric points containing 71149 independent measurements was formed.

Key words: gravitation(al) field of the Earth, anomaly of gravitation(al) field of the Earth, gravimetric survey, gravimetric survey from the water surface, gravimetric complex, ice conditions, the Arctic Ocean.

On Some Causes of Errors When Calculating the Average Values of Sound Velocity and Sea Water Density. V. G. Lyamsina, S. I. Mastryukov. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 51–58.

The results of evaluation of the role played by the nonlinearity of hydrophysical parameters correlations are presented, as applied to the water area of the Norwegian, Greenland and Barents Seas. The role played by the other causes of errors in calculation of average values of water density and sound velocity is evaluated. The ranges of combined changeability of temperature and salinity are revealed. It is shown that the hypothesis about the presence of combinations of water temperature and salinity impossible by physical considerations can refer only to deep-sea water masses, and the role of nonlinearity of equation for sea water state when calculating its average values is greatly exaggerated by some specialists.

Key words: hydrographic conditions, density of sea water, sound velocity in sea water, nonlinearity, errors in calculation.

New Possibilities of Radiolocation Methods of Meteorological Support for the Navy Air Force. A. E. Drozdov, N. N. Zhiltsov, G. G. Shchukin, V. Y. Zhukov, M. Y. Ilyin. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 59–67.

New possibilities to use the Doppler meteorological radars for meteorological air force support with the aim to inform them about the dangerous weather phenomena and to determine the meteorological wind shift and its distribution in the boundary layer of the atmosphere, are considered. Recommendations on the composition of the radar aids of meteorological support for the land-based and ship-based aircraft, are given.

Key words: meteorological support for air force, meteorological radiolocation, profilometer, wind profile measurement.

Concerning the Design of Electronic Information-Reference Systems on the Hydrometeorological Regime of the Maritime Water Areas. N. V. Chervyakova, A. F. Glushkova. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 68–72.

The results of the work carried out by the Research Oceanographic Center, «GNINGI» OJSC, are presented. The aim of the work is to design the electronic information-reference systems on hydrometeorological regime of the maritime water areas. It is shown that the systems of this kind coming to replace the traditional paper aids meet the present-day requirements of support for the maritime activities by climatic information and are "the bridge" for creating the grid bases of climatic data necessary for support of the automated control systems.

Key words: information-reference system, atlas, climatic aid, hydrometeorological maritime safety.

The Technique of Reconstruction of the Geopotential Field over the Territory not Covered by Meteorological Observations Based on the Geostationary Meteorological Satellites Data. I. A. Gotyur, P. A. Prokhorenko, M. Y. Rud'. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 73–77.

The technique based on spline approximations is suggested. It allows to use the wind field data diagnostics by clouds-tracers during reconstruction of geopotential fields over the territories not covered by meteorological observations. The images obtained by geostationary meteorological satellites are used as the source of information for wind field diagnostics by clouds-tracers. The zonal and meridional components of wind speed vectors obtained by wind field diagnostics are used as constraints when constructing the approximation spline.

Key words: reconstruction of geopotential fields, territories not covered by meteorological observations, meteorological satellites data, correlative extreme method, spline approximation.

Integrity of Geoversum and its connection with hydrometeorological support for maritime activities.
Y. N. Zhukov. – Navigation and Hydrography. – 2015. – No. 41. – P. 78–82.

The following thesis is proposed: the problems of weather forecasting are connected with the absence of laws describing the rotation of matter and energy in geoversum. These laws cannot be described by the physical values used in measurement of physical fields of the Earth. To reveal the laws of rotation it is necessary to find the geovalues representing the complexes of the physical values.

Key words: rotations in nature, physical values, geovalues.

ИНФОРМАЦИЯ

Глубокоуважаемые коллеги!

Приглашаем Вас к сотрудничеству в журнале «**Навигация и гидрография**», издаваемом с 1995 г. Государственным научно-исследовательским навигационно-гидрографическим институтом.

В журнале публикуются результаты исследований в области навигации, гидрографии, океанографии, гидрометеорологии, морской картографии, морской геофизики и экологии. Издание освещает концептуальные научные положения и осуществляет оперативную публикацию новейших теоретических исследований, знакомит с передовыми техническими достижениями, с материалами симпозиумов, конференций и хроникой важнейших событий научной жизни. Статьи журнала рецензируются.

Журнал «Навигация и гидрография» включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук».

Журнал выходит четыре раза в год и распространяется по подписке. Кроме того, он рассылается в крупнейшие библиотеки России, центры научно-технической информации, органы военного управления различного уровня, научно-технические библиотеки высших военно-морских учебных заведений и научно-исследовательских организаций.

Информация для авторов

Статьи принимаются в формате MS Word с приложением текста на бумаге (шрифт – Times New Roman размером 14, межстрочный интервал 1,5). Все материалы должны быть подписаны автором (авторами).

Объем статьи не должен превышать 0,5 авторского листа (20 000 печатных знаков), включая рисунки, таблицы и список литературы.

Название статьи должно в наиболее краткой форме отражать ее содержание.

В статье указывается *индекс УДК*. К работе прилагаются *аннотация, ключевые слова и сведения об авторах*.

В аннотации приводятся сведения, которые дополняют название и характеризуют тему статьи, рассмотренную проблему, цель и полученные результаты.

В качестве ключевых приводятся слова или словосочетания из текста статьи, несущие существенную смысловую нагрузку с точки зрения информационного поиска. Выбор ключевых слов должен осуществляться по всему тексту статьи с охватом основных смысловых аспектов её содержания.

В сведениях об авторах указываются: фамилия, имя, отчество; полное наименование учреждения, где работает автор; должность; ученая степень, звание; воинское звание (для военнослужащих); полное наименование высшего учебного заведения, которое окончил автор; специализация; количество опубликованных научных трудов. Кроме того, авторам необходимо указать контактную информацию: почтовый или электронный адрес, номера телефонов.

К рукописи прилагается *сопроводительное письмо* организации, в которой работает автор, и один экземпляр *экспертного заключения* о возможности открытого опубликования представленных материалов.

Для написания формул и символов, входящих в формулы, следует использовать редактор формул *MS Equation*.

Используемые в статье *величины и единицы измерения* должны соответствовать стандартным обозначениям согласно Международной системе единиц СИ.

Рисунки должны быть вставлены в текст как *графический файл*, иметь порядковые номера и подписи.

Таблицы должны иметь порядковые номера и названия. Допускается только вертикальная ориентация таблиц, ширина не должна превышать 140 мм.

Список использованной литературы составляется на языке оригинала (исключение – языки с иероглифическим написанием слов) в порядке ссылок на источники по тексту. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках, где указывается номер работы по списку. В списке литературы указываются: фамилии и инициалы авторов, полное название книги или статьи, название сборника, город, издательство, год, том, номер, страницы.

Подписка на журнал «Навигация и гидрография»

Журнал «Навигация и гидрография» включён в каталог «Издания органов научно-технической информации» агентства «Роспечать». Подписной индекс 60941.

Периодичность выхода – четыре номера в год.

Стоимость одного номера 200 руб., включая НДС 18%.

Для заказа издания непосредственно в редакции необходимо направить в адрес редакции заявку в произвольной форме с указанием номера(ов) журнала, контактных данных и реквизитов заказчика.

Архив журнала в формате PDF доступен на сайте ОАО «ГНИНГИ» www.gningi.ru.

Адрес редакции: ОАО «ГНИНГИ»,
199106, Россия, г. Санкт-Петербург, Кожевенная линия, 41,
Телефон/факс: (812) 327-99-80
E-mail: mail@gningi.ru; info@gningi.ru



ДЛЯ ЗАМЕТОК

Уважаемые читатели!

В журнале «Навигация и гидрография» №40/2015 на странице 35 была допущена техническая погрешность в отображении рисунка 3.

Исправленный рисунок представлен ниже.

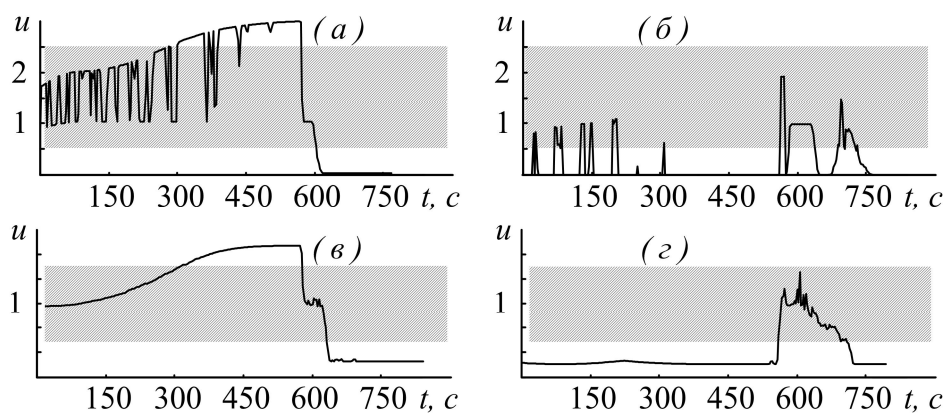


Рисунок 3. Определение уровня опасности навигационной ситуации

Редакция журнала приносит авторам статьи и читателям свои извинения.

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ, 2015, №41

Научный редактор П. И. Малеев
Редактор И. Ю. Бугрова
Редактор-переводчик Г. В. Трибуц
Технический редактор В. Ю. Бахмутов

Подписано в печать 23.09.2015 г.
Тираж 300 экз.
Заказ № 05/32 от 29.09.2015 г.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-43932.

Подписной индекс в каталоге «Издания органов НТИ» Агентства «Роспечать» 60941

Журнал «Навигация и гидрография» включен в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук»

Электронная версия журнала размещена на сайте www.gningi.ru

**© ОАО «Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт»**