

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

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1995 ГОДА

**38
2014**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

**Главный редактор
А. Ф. Зеньков**

Редакционная коллегия:

д. т. н., проф. С. П. Алексеев (первый заместитель главного редактора),
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. Мастрюков;
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. Щукин

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»
2014**

**THE STATE RESEARCH NAVIGATION-HYDROGRAPHIC
INSTITUTE**

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

PUBLISHED SINCE 1995

**38
2014**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint-Petersburg

Editor-in-chief

A. Zenkov

Editorial board

S. Alekseyev, DSc, professor (first vice-editor-in-chief),
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. Mastyukov, 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»

2014

СОДЕРЖАНИЕ

О состоянии и основных приоритетных направлениях научной деятельности ОАО «ГНИНГИ» на ближайшую перспективу. А. Ф. Зеньков.....	7
---	---

НАВИГАЦИЯ

К вопросу обеспечения безопасности сооружений зрительных средств навигационного оборудования при внешних воздействиях. К. В. Блинкова.....	14
--	----

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

О приоритетных направлениях развития импортозамещаемых средств съемки и обследования морского дна. А. Ф. Зеньков	22
Об основных требованиях к разработке комплексной технологии поиска и идентификации подводных потенциально опасных объектов в Арктическом регионе РФ. Ю. Н. Балесный, П. Г. Бродский, Е. И. Руденко.....	30
Ограничения на возможные значения гармонических параметров приливов. Ю. Н. Жуков	36
Алгоритм автоматизированного построения дерева Кронрода-Риба. Ю. Н. Жуков.....	44
Подготовка данных для построения непрерывной поверхности дна по электронным навигационным картам. Л. Д. Ястребов, А. Г. Карманов	50
Некоторые аспекты технологии гидролокационного поиска донных объектов. Н. А. Нестеров	57

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Оценка степени суровости климата севера Евразии в зимний период. С. И. Мاستрюков, Н. В. Червякова	66
Анализ поля радиолокационной отражаемости на основе метода оптимальной интерполяции. И. А. Готюр, В. Ю. Жуков, А. А. Корыстин	74
Обзор современных отечественных и зарубежных методов оценки ветрового охлаждения человека. С. И. Мастрюков, Н. В. Червякова.....	83

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

К 130-летию со дня рождения Владимира Владимировича Каврайского. Н. Н. Неронов	91
---	----

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	95
----------------------------------	----

РЕФЕРАТЫ	98
-----------------------	----

C O N T E N T S

On the State and Main Priority Directions of “GNINGI” OJSC Research Activities for the Nearest Future. A. F. Zenkov	7
--	---

NAVIGATION

On Safety Provision for Visual Aids to Navigation against External Influence. K. V. Blinkova	14
---	----

HYDROGRAPHY AND MARINE CARTOGRAPHY

On Priority Directions of Development for Import Replaceable Means for Sea Bottom Survey and Exploration. A. F. Zenkov	22
---	----

On the Main Requirements to Development of Complex Technology for Search and Identification of Potentially Dangerous Objects in the Arctic Region of the Russian Federation. Y. N. Balesny, P. G. Brodsky, E. I. Rudenko	30
---	----

Limitation for Possible Values of Harmonic Parameters of Tides. Y. N. Zhukov	36
---	----

Algorithm of the Automated Construction of the Kronrod-Reeb Tree. Y. N. Zhukov	44
---	----

Preparation of Data for Constructing the Seamless Bottom Surface Using the Electronic Navigation Charts. L. D. Yastrebov, A. G. Karmanov	50
---	----

Some Aspects of Sonar Search Technology for Bottom Objects. N. A. Nesterov	57
---	----

HYDROMETEOROLOGY

Evaluation of Climate Severity Degree of Northern Eurasia in Winter Period. S. I. Mastryukov, N. V. Chervyakova	66
--	----

Analysis of the Radiolocation Reflectivity Field Based on the Method of Optimal Interpolation. I. A. Gotyur, V. Y. Zhukov, A. A. Korystin	74
--	----

Review of Current National and Foreign Methods of Evaluation of Wind Chill of Man. S. I. Mastryukov, N. V. Chervyakova	83
---	----

PAGES OF HISTORY

On the Occasion of 130-th Birthday Anniversary of Vladimir V. Kavrayskiy. N. N. Neronov	91
--	----

INFORMATION ABOUT AUTHORS	95
--	----

ABSTRACTS	98
------------------------	----

УДК 656.6:551.48

**О СОСТОЯНИИ И ОСНОВНЫХ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ
НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОАО «ГНИНГИ» НА БЛИЖАЙШУЮ
ПЕРСПЕКТИВУ**

А. Ф. ЗЕНЬКОВ
(ОАО «ГНИНГИ»)

Приводится обобщение результатов развития ОАО «ГНИНГИ». Представлена оценка состояния и основные приоритетные направления научной деятельности Института на ближайшую перспективу.

История становления Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института МО РФ и превращения его в крупную современную научно-исследовательскую организацию неразрывно связана с развитием Военно-Морского Флота и использованием морских пространств в интересах обороны и экономики страны.

Результаты научной деятельности Института, его роль в НГО и ГМО морской деятельности были предметом обсуждения на конференциях, проведенных Институтом, опубликованы в 37 выпусках журнала «Навигация и гидрография» и закрытых научно-технических сборниках [1–6].

Анализ этих материалов показывает, что за последние 20 лет в истории Института можно выделить ряд характерных периодов деятельности.

С начала 1990-х годов после известных коренных геополитических и экономических изменений в связи с разработкой «Основ новой военной доктрины», провозглашением и началом реализации военной реформы в РФ возникла необходимость переосмысления оценки роли и места Института в общей системе военных наук, формирования перспектив и стратегии его развития.

Проведенный анализ показал, что сложное финансово-экономическое положение страны отразилось и на Институте. Существенное уменьшение оборонного заказа на строительство новых кораблей и разработку соответствующего навигационного вооружения, неустойчивое финансирование НИОКР Института привело к свертыванию ряда перспективных исследований и разработок, снижению темпов развития научных школ и подготовки научного задела. Для ситуации того времени было характерно то, что сложившаяся практика управления развитием вооружения и военной техники уже не работала, а рыночные отношения, стимулирующие научно-техническое развитие, еще не работали, реальностью являлась политика выживания. В этих условиях без изменения стратегии развития Институт был обречен на «умирание».

В 1997 г. руководство и специалисты Института пришли к выводу о том, что имеются все основания перейти к стратегии, ориентированной на долгосрочные цели и приоритеты, и при проведении исследований и разработок Институту следует от решения внутриведомственных задач перейти к общегосударственным в интересах

различных учреждений, министерств и ведомств с соблюдением приоритета интересов Минобороны России. Были приняты соответствующие решения [4].

Стратегия развития Института в тот период состояла в:

- решении актуальных проблем создания средств и разработки методов НГО и ГМО ВМФ для поддержания необходимого уровня обеспечения боеспособности сил флота;

- концентрации усилий на приоритетных направлениях совершенствования традиционных и разработки качественно новых средств НГО и ГМО с целью недопущения критического отставания от передовых военных технологий в условиях финансовых ограничений выполнения НИОКР;

- гибком изменении подходов в научно-практической проработке проблем военно-технической политики в области НГО и ГМО по глубокому всестороннему обоснованию путей развития ВС РФ применительно к прогнозируемым условиям политической, экономической и демографической обстановки;

- совершенствовании стратегического управления и технологии проведения исследований, поиске новых сфер приложения и областей применения, а также источников финансирования для выполнения исследований.

Основные направления деятельности Института были уточнены в 2000 году в соответствии с обозначенным Министром обороны вопросом военно-технической политики России о необходимости обеспечивать расширение конверсионного использования научно-технического потенциала [5].

При этом необходимо было учитывать:

- ограниченные возможности государства по финансированию оборонных потребностей;

- значительное ослабление научно-технического, технологического и интеллектуального потенциалов и, как следствие, усиление внешней технологической зависимости страны;

- увеличение военно-технологического отрыва ведущих мировых держав и наращивания их возможностей по созданию вооружения и военной техники (В и ВТ) новых поколений, что фактически означало качественно новый этап гонки вооружений.

Выполненный поиск альтернатив деятельности привел к следующим принципам достижения поставленной цели:

- сбалансирование систем вооружений по средствам поражения, информационного, оперативного, технического и другим видам обеспечения;

- опережающее развитие научно-технического задела военного и двойного назначения;

- государственное стимулирование «прорывных» технологий двойного применения;

- сосредоточение ресурсов на повышении уровня информатизации и «интеллектуализации» В и ВТ.

В этот период деятельность Института состояла в переходе от стратегии «выживания» (1995–1998 гг.) к устойчивому сбалансированному развитию на основе реализации гибкой системы планирования, совершенствования организации и использования современных методов управления в существующей системе рыночных отношений. В перспективе это позволило ГНИНГИ стать специализированным научным учреждением, обладающим существенным научно-техническим потенциалом,

обеспечивающим комплексное решение научных проблем и задач в области навигации, гидрографии, морской картографии и океанографического обеспечения ВМФ (МО), а также в интересах других ведомств на общегосударственном уровне.

На основе анализа научной деятельности ГНИНГИ МО РФ за последующие десять лет (в 2008 г.) показана принципиальная особенность развития Института того времени – диверсификация производства при решении задач навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности Российской Федерации, что представляло значительное расширение сфер применения традиционных методов и средств навигации и гидрографии [6].

В настоящее время представляется актуальным произвести необходимые уточнения основных приоритетных направлений научных исследований на ближайшую перспективу с учетом фактического состояния дел.

Деятельность ОАО «ГНИНГИ» в 2014 г. была нацелена на реализацию основных положений нормативных правовых и программных документов в сфере навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности, а также поддержку полномочий Министерства обороны при осуществлении морской политики Российской Федерации [7–12]. ОАО «ГНИНГИ» сформировал портфель заказов на НИОКР по полному профилю функций Гидрографической службы ВМФ, включая функции оперативного обеспечения ВМФ в части НГО и ГМО и государственных функций в сфере НГО морской деятельности РФ.

После придания Институту статуса «государственный» и определением его головной научно-исследовательской организацией, ответственной за разработку и обоснование технической политики в области навигации, гидрографии, морской картографии, океанографического обеспечения обороны и экономики страны (Постановление Правительства РФ от 19.06.94 г. № 711) дальнейшим шагом укрепления позиций ОАО «ГНИНГИ» стало внесение его в перечень стратегических организаций (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 2 июля 2014 г. № 1205-р), обеспечивающих реализацию единой государственной политики в отраслях экономики, в которых осуществляют деятельность эти организации.

Согласно занимаемой рыночной нише и с учетом особенностей осуществляемых ОАО «ГНИНГИ» уставных видов деятельности в 2014 были выполнены следующие наиболее значимые работы и исследования:

1. Осуществлена научно-техническая поддержка деятельности органов государственного и военного управления в сфере полномочий Министерства обороны по реализации национальной морской политики.

К настоящему времени на основе результатов завершенных в 2013 г. «Системных исследованиях морской деятельности Российской Федерации и разработке проектов Морской доктрины Российской Федерации на период до 2030 года, разработке нормативного правового акта о государственном управлении морской деятельностью Российской Федерации», начаты работы по НИР «Комплекс исследований проблем нормативного правового обеспечения морской деятельности Российской Федерации и научное сопровождение подготовки и реализации законопроекта «О государственном управлении морской деятельностью Российской Федерации».

2. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на разработку средств и методов навигации, гидрографии, морской картографии и гидрометеорологии, проведение всех видов испытаний и научно-техническое со-

провожение ОКР по созданию новых и модернизации существующих технических средств.

2.1. «Комплекс исследований и разработок по развитию средств и технологий навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения сил (войск) ВМФ». В рамках этой научно-исследовательской работы проводится комплекс исследований и разработок по навигационно-гидрографическому обеспечению морских стратегических ядерных сил и сил общего назначения, оборонной и экономической деятельности на море и подготовки морских районов – вероятных театров военных действий.

2.2. По заказу ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 21 февраля 2008 г. № 103):

– разработаны отчетные материалы составной части ОКР «Разработка технического предложения по созданию комплексной технологии и технических средств для поиска и идентификации затопленных крупногабаритных и тяжеловесных морских объектов» (Шифр «Технология-АГ»).

Продолжение ОКР «Разработка технического проекта комплексной технологии поиска, идентификации, подъема и передачи на утилизацию подводных потенциально опасных объектов», будет осуществлено в рамках государственного контракта в период 2015–2016 гг.

2.3. Завершены исследования и разработаны отчетные материалы по НИР «Разработка системы государственных нормативных правовых актов по формированию требований к морским техническим средствам для эксплуатации в российской Арктике в части НГО, безопасности морской экономической и экологической безопасности Арктического региона» (шифр «Арктические требования»).

3. Навигационно-гидрографические и океанографические исследования, морские инженерные изыскания.

Среди работ 2014 года проведены:

3.1. Морские научные исследования по программе «Русалка».

ОАО «ГНИНГИ» принял участие в морских научных исследованиях в Беринговом проливе, Восточно-Сибирском и Чукотском морях по российско-американской программе долговременного изучения Арктики РУСАЛКА (The Joint Russian-American Long-term Census of the Arctic (RUSALCA)). В десятой по счету экспедиции, которая проводилась в период с 8 по 17 июля 2014 г. на научно-исследовательском судне «Профессор Хромов» ДВНИИГМИ Росгидромета, приняли участие одиннадцать ученых и специалистов из семи научных организаций России и США: ОАО «ГНИНГИ», Коммерческой компании «Группа «Альянс», ДВНИИГМИ, ИО РАН им. П. П. Ширшова, NOAA, University of Washington, U.S. Fish and Wildlife Service. Экспедиция 2014 г. является продолжением цикла исследований, начатых в 2004 г. в рамках «Меморандума о взаимопонимании в области изучения Мирового океана и полярных регионов между Национальной океанической и атмосферной администрацией (NOAA) США и Российской академией наук».

Цель проекта – выполнение продолжительного и детального мониторинга индикаторов климатических изменений Арктики, включая мониторинг Берингова пролива – единственного места обмена теплом и солью между Тихим и Северным Ледовитым океанами.

В ходе экспедиционных работ в Российском канале Берингова пролива (рис. 1) установлена автономная буйковая станция с оборудованием для измерения гидрологических параметров и течений, проведены СТД-зондирования водной толщи на 28 океанологических станциях и наблюдения за морскими птицами и млекопитающими. Полученные данные продолжают многолетний ряд наблюдений в этой части Арктического бассейна и являются весомым вкладом в базу знаний о природной среде Чукотского моря и Берингова пролива, дают уникальный материал для изучения процессов, протекающих в зоне водообмена Тихого и Северного Ледовитого океанов.

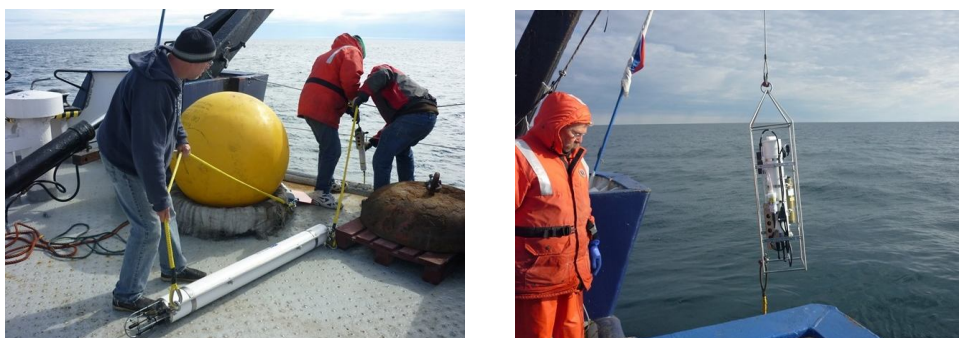


Рис. 1. Экспедиционные работы в Российском канале Берингова пролива

3.2. Проведена морская экспедиция «Шельф-2014» по подготовке пересмотренного Представления РФ по внешней границе континентального шельфа в Северном Ледовитом океане. В состав экспедиции вошёл морской отряд ОАО «ГНИНГИ» в составе восьми сотрудников, имеющих опыт проведения работ в экспедициях «Шельф-2010» и «Шельф-2011».

Выполнен комплекс работ по многолучевой съемке рельефа дна и надводная гравиметрическая съемка.

Работы проведены в акватории Северного Ледовитого океана на научно-экспедиционном судне «Академик Федоров» под проводкой атомного ледокола «Ямал» (рис. 2). Гидрографические и гравиметрические исследования проведены на галсах (профилях), пересекающих котловины Амундсена, Нансена, Подводников, Макарова, хребты Гаккеля, Ломоносова и Альфа-Менделеева, прогиб Вилькицкого, внешний шельф морей Лаптева и Восточно-Сибирского.



Рис. 2. В акватории Северного Ледовитого океана на НИС «Академик Федоров» под проводкой атомного ледокола «Ямал»

4. Проектирование комплексных систем навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания. Проектирование путей движения судов и средств навигационного оборудования акваторий.

Используя разработанную в ОАО «ГНИНГИ» технологию проектирования морских систем обеспечения безопасности объектов в рамках гособоронзаказа выполнен ряд проектных работ в интересах модернизации и строительства военно-морских баз и пунктов базирования кораблей ВМФ (СФ – Североморск, г. Сайда, и др.), ТОФ – ВМБ Камчатки, б. Улисс и др. В стадии оформления находится ряд договоров на 2015 г. на разработку проектной документации по модернизации причалов в б. Крашенинникова, в губе Ваенга.

Учет состояния инфраструктуры архипелага Новая Земля и планов по ее модернизации, позволяет предположить, что в 2015 г. ОАО «ГНИНГИ» необходимо будет выполнять комплекс работ по обеспечению безопасности мореплавания на подходах и акваториях архипелага Новая Земля.

Институт занимает ответственное место в реализации положений энергетической политики Российской Федерации, участвуя в выполнении проектов освоения морских нефтегазовых месторождений и развитии морской системы транспортировки углеводородов (проекты ШГКМ, ПМН, «Сахалин-3» и др.). В настоящее время проведение совместной деятельности организаций Минобороны и крупнейших нефтяных и газовых компаний продолжает оставаться актуальным, так как существует целый комплекс вопросов, решение которых может быть обеспечено только при взаимодействии на уровне Минобороны.

В частности, завершена НИР «Разработка требований к подготовке сил и средств аварийно-спасательного обеспечения» (шифр «Газпром – АСО – 2014»), ведутся исследования по НИР «Разработка требований к организации авиационного поиска и спасания» (шифр «АСО-Авиация»), НИР «Разработка нормативных документов в области аварийно-спасательного обеспечения морских месторождений углеводородов». Результатами указанных работ должны быть нормативные документы системы стандартизации ОАО «Газпром» в области АСО объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений.

Наряду с проведением работ по навигационно-гидрографическому обеспечению морской деятельности, Институт планирует принять участие в нефтегазовых проектах по освоению российского шельфа по заказам таких крупных компаний, как ОАО НК «Роснефть», ОАО «Гипроспецгаз», ООО «Газпром-нефть» и др.

5. Работы по обслуживанию, содержанию и развитию Федеральной государственной информационной системы «Банк океанографических данных (БОД) научно-исследовательского океанографического центра Министерства обороны России.

В целом необходимость решения государственных задач обороноспособности и экономики страны в области морской деятельности – обеспечение развития Военно-морского флота, безопасности морского и водного транспорта, объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений, других объектов ведения морской деятельности, определяет потребность в НГО морской деятельности.

Таким образом, приведенное обобщение позволяет сделать заключение о том, что Институт, опираясь на разработанную и уточненную стратегию развития своей деятельности, в настоящее время находится на этапе формирования научно-технического потенциала роста и использования его в интересах обеспечения морской деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев С. П. Основные направления технической политики в области навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения морской деятельности на современном этапе // Труды конференции «НО-2007». – 2007. – С. 4–12.
2. Алексеев С. П. Инновационное развитие системы навигационно-гидрографического обеспечения – важный фактор реализации стратегии совершенствования морской деятельности Российской Федерации // Труды конференции «НО-2011». – 2011. – С. 24–39.
3. Федотов А. В. Из истории Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института МО РФ // Навигация и гидрография, 1995. – №1. – С. 117–121.
4. Макода В. С. О современном состоянии, стратегии развития и основных направлениях деятельности Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института МО РФ // Навигация и гидрография, 1996, №3. – С. 9–12.
5. Алексеев С. П. Стратегия развития Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института МО РФ // Навигация и гидрография. – 2000. – №10. – С. 7–15.
6. С. П. Алексеев, А. Н. Добротворский, П. Г. Бродский. Диверсификация научной деятельности как принципиальная особенность развития ГНИНГИ на современном этапе // Навигация и гидрография, 2008, №26. – С. 7–14.
7. ФЗ от 31.07.1998 г. № 155-ФЗ «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации».
8. ФЗ от 30.04.1999 г. № 81-ФЗ «Кодекс торгового мореплавания».
9. Основы политики РФ в области военно-морской деятельности (Утверждены Указом Президента РФ от 4.03.2000 г.).
10. Указ Президента РФ «Вопросы Министерства обороны РФ» от 16.08.2004 г.
11. Военная доктрина РФ (Утверждена Указом Президента РФ от 21.04.2000 г.).
12. Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года (Утверждена Указом Президента РФ от 27.07.2001 г.) // Красная звезда. – 23.08.2001 г.

ON THE STATE AND MAIN PRIORITY DIRECTIONS OF “GNINGI” OJSC RESEARCH ACTIVITIES FOR THE NEAREST FUTURE

A. F. Zenkov (OJSC «GNINGI»)

The generalized results of «GNINGI» OJSC development are presented. The state and the main priority directions of the research activities of the Institute for the nearest future are evaluated.

НАВИГАЦИЯ

УДК 626.01, 510.67

***К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ
ЗРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ
ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ***

К. В. БЛИНКОВА
(ОАО «ГНИНГИ»)

В статье представлены результаты исследований по оценке взаимного влияния сооружений средств навигационного оборудования при природных и техногенных воздействиях.

Развитию военно-морского и торгового флотов сопутствовало строительство опорных пунктов для обеспечения их функционирования. Система навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) на подходах к портам являлась «лицом» морской державы и свидетельствовала о силе и благополучии флота. Некоторые объекты инфраструктуры, в том числе здания и сооружения средств навигационного оборудования (СНО), представляли собой соединение вековых традиций и передовой инженерной мысли.

В настоящее время состояние специальных зданий и сооружений системы СНО (маячных башен, технических зданий, где размещается или размещалась аппаратура энергообеспечения маячного городка, аппаратура технических СНО, жилых домов маячнослужащих, территорий маячных городков, гидротехнических сооружений, вспомогательных сооружений, светооптической аппаратуры и т. п.) катастрофически ухудшается (рис. 1) [1].



Рис. 1. Южно-Курильский маяк

Необходимо отметить, что ряд маяков и навигационных знаков относится к объектам морского наследия, которые представляют историческую и культурную ценность. В числе таких объектов, в частности, – передний и задний маяки Санкт-Петербургского морского канала, маяки Толбухин, Махачкалинский, Красный Партизан, Балтийск задний и другие.

Причиной ухудшения состояния и даже утраты маячного фонда часто является принадлежность объектов СНО к хозяйствующему субъекту, для которого решение вопросов их технического состояния не является профильным или по разным причинам стало невозможным.

Согласно статистике [2] на балансе Министерства обороны находится более 90% маяков, Министерства транспорта – около 8%. Постепенно эти объекты частично утрачивают свое первоначальное значение с точки зрения обеспечения обороноспособности страны и безопасности мореплавания, приходят в упадок, некоторые выводятся из эксплуатации.

Использование зрительных СНО является важной частью обеспечения безопасности мореплавания. Важно то, что визуальная ориентация органична человеческой природе, упрощает объективное восприятие информации, а также является традицией судоводителей во всем мире. В этой ситуации вопрос сохранения и развития системы НГО, основанной на зрительных СНО, остается актуальным как мера резервирования и дублирования современных радионавигационных и других средств и как неотъемлемая часть комплексного обеспечения безопасности мореплавания. Для выполнения своих функциональных задач здания и сооружения средств НГО должны соответствовать требованиям, предъявляемым непосредственно к их конструкциям, обеспечивать штатные режимы работы и сохранность специального оборудования при техногенных и природных воздействиях.

В настоящее время происходит повышение интенсивности судоходства, увеличение габаритных размеров судов, выполняется большой объем изыскательских и строительных работ. Вопреки стремительному развитию новых технических средств обеспечения безопасности мореплавания в мире ежегодно терпят крушение более 200 крупных судов, погибает свыше 2 тыс. человек, теряется более 1 млн тонн грузов, в морскую среду попадают нефтепродукты и др. загрязняющие вещества [3]. Необходимо учитывать также, что в случае военных конфликтов применение радиотехнических средств будет ограничено или невозможно.

Одним из основных направлений в решении проблемы технического состояния объектов системы НГО становится обеспечение необходимых размеров охранных зон СНО. В существующей Инструкции по навигационному оборудованию [4] содержатся основные требования, согласно которым охранные зоны для стационарных СНО должны обеспечить стабильность их основных технических характеристик: дальности и сектора действия зрительных и радионавигационных средств, контрастности фона, на который проектируется зрительный СНО, отсутствие помех в работе СНО со стороны излучателей световых, электромагнитных и акустических сигналов, а также состояния зданий и сооружений СНО, самого берега, гидрогеологического режима на территории СНО. Однако в некоторых случаях нормативные требования, предъявляемые к охранным зонам, не гарантируют необходимых условий для работы этих СНО. Многие объекты испытывают негативное влияние застройки прилегающих территорий. Так, например, маяк «Мыс Толстый» (рис. 2, 3) и створный маяк в Геленджике (рис. 4, 5) раньше являлись приметными ориентирами, но в связи с ак-

тивной застройкой береговой линии оказались в окружении городских огней и в ночное время могут быть трудноразличимы, что создает значительные помехи при использовании этих средств судоводителями.

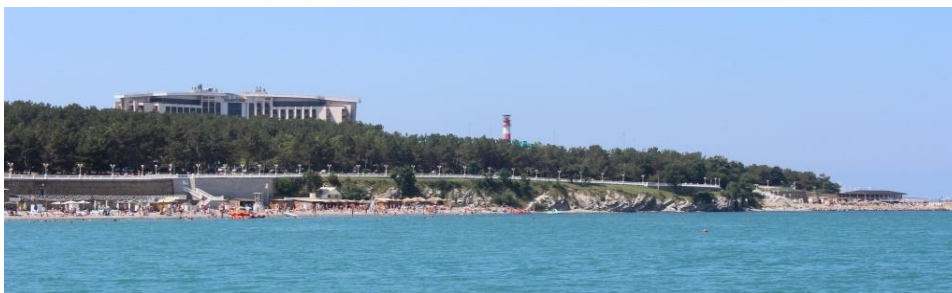


Рис. 2. Маяк «Мыс Толстый», вид в дневное время

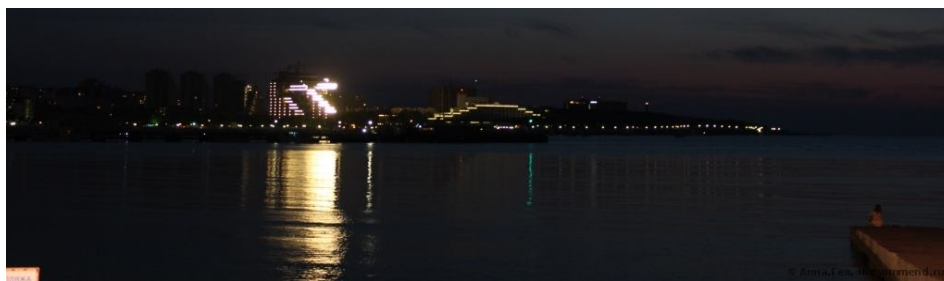


Рис. 3. Маяк «Мыс Толстый», вид в ночное время



Рис. 4. Створный маяк в Геленджике, вид в дневное время

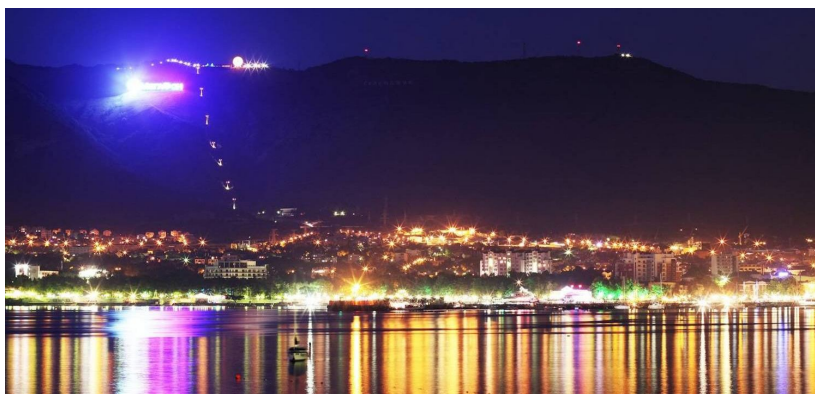


Рис. 5. Створный маяк в Геленджике, вид в ночное время

К сложности использования СНО и выходу из строя их оборудования могут приводить повреждения зданий и сооружений СНО. Основными факторами, оказывающими негативное влияние на их функциональные свойства, являются опасные геологические процессы и техногенные воздействия (взрывы, землетрясения, оползни, обвалы, просадки, сели, ветровые, волновые и ледовые нагрузки, транспортная вибрация, строительные работы на прилегающих территориях и т. п.). Многие прибрежные районы характеризуются сложным рельефом местности, а также высокой сейсмической активностью. В некоторых случаях ситуация усугубляется тем, что не учитывается возможное повышение сейсмичности территории, вследствие чего при возведении ряда строительных объектов антисейсмические мероприятия могут быть недостаточными или полностью отсутствовать.

Оценка фактического технического состояния зданий и сооружений, формирующих структуру застройки, является сложной многокритериальной задачей ввиду того, что расположенные рядом объекты различаются по функциональному назначению, характеру эксплуатации, времени возведения, этажности, планировочным и конструктивным решениям, качеству производства строительного-монтажных работ, материалов, конструкций и т. д.

Анализ разрушений объектов застройки, подвергшихся динамическому воздействию, свидетельствует о том, что в группах зданий, расположенных даже на значительных расстояниях друг от друга, наблюдаются повреждения различной локализации и степени, свидетельствующие о возможном наличии взаимного влияния этих объектов через грунт основания. Отсюда следует важность задачи выявления и оценки взаимного влияния в системах застройки при природных и техногенных воздействиях.

Для решения поставленной задачи возьмем три сооружения различной конфигурации (тип 1, 2, 3), расположенные на грунтовом основании на различных расстояниях друг от друга (рис. 6).

Учет многообразия вариантов компоновки объектов в системе застройки и их характеристик осуществим путем варьирования типов зданий, значений периодов их собственных колебаний T (с), расстояний между ними l (м) и характеристик грунтового основания. Таким образом, в каждом расчетном случае модель, имитирующая фрагмент системы сооружений, состоит из трех объектов «тип 1, 2, 3» или «тип 1, 2, 1», которым последовательно присваиваются различные значения периодов соб-

ственных колебаний T (0,05 с, 0,10 с, 0,20 с, 0,23 с, 0,45 с, 0,90 с), на глинистом или песчаном основании.

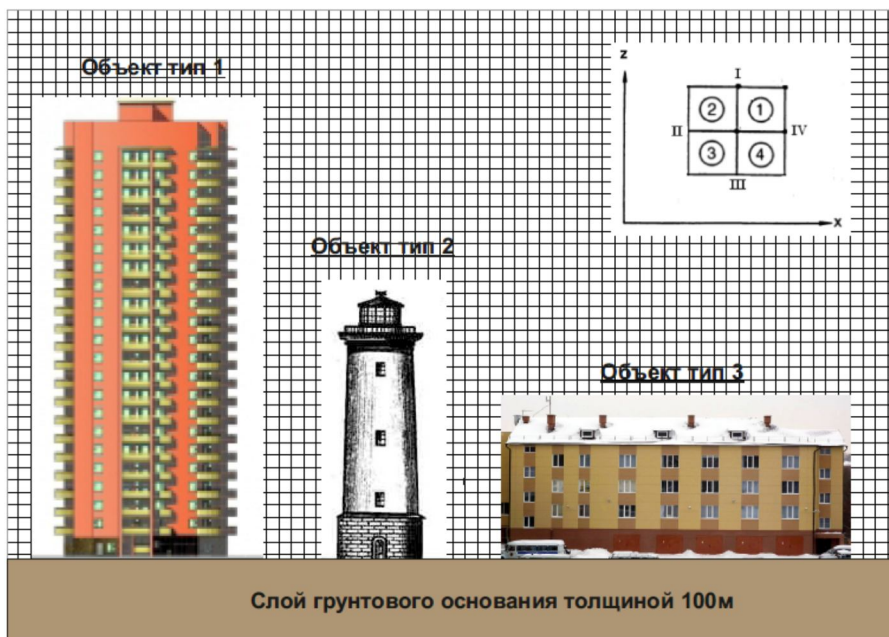


Рис. 6. Схема расположения объектов

Рассмотрим результаты сейсмического воздействия на объекты исследования. Воздействие осуществим на основе акселерограмм Н. Ньюмарка, которые были использованы при разработке американских кодов по сейсмостойкому строительству [5]. Пиковое значение горизонтального ускорения грунта на площадке строительства примем равным 4 м/с^2 , отношение вертикальной составляющей к горизонтальной – 0,7. В процессе расчета для акселерограмм были проведены все необходимые процедуры уравнивания. Максимальная фаза процесса колебаний при рассматриваемом 9-балльном землетрясении имеет длительность ~ 10 с. Во время землетрясения сооружения колеблются вместе с основанием, поэтому при расчетах рассмотрены не изолированные строительные объекты, а системы «сооружение – основание» (с учетом геологического строения основания).

Задача решалась с использованием математического аппарата, предложенного М. Л. Уилкинсом [6], в программной среде, разработанной в НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ [7].

Описание расчетных процедур с применением вышеуказанного математического аппарата представлено на укрупненной блок-схеме алгоритма вычислений (рис. 7).

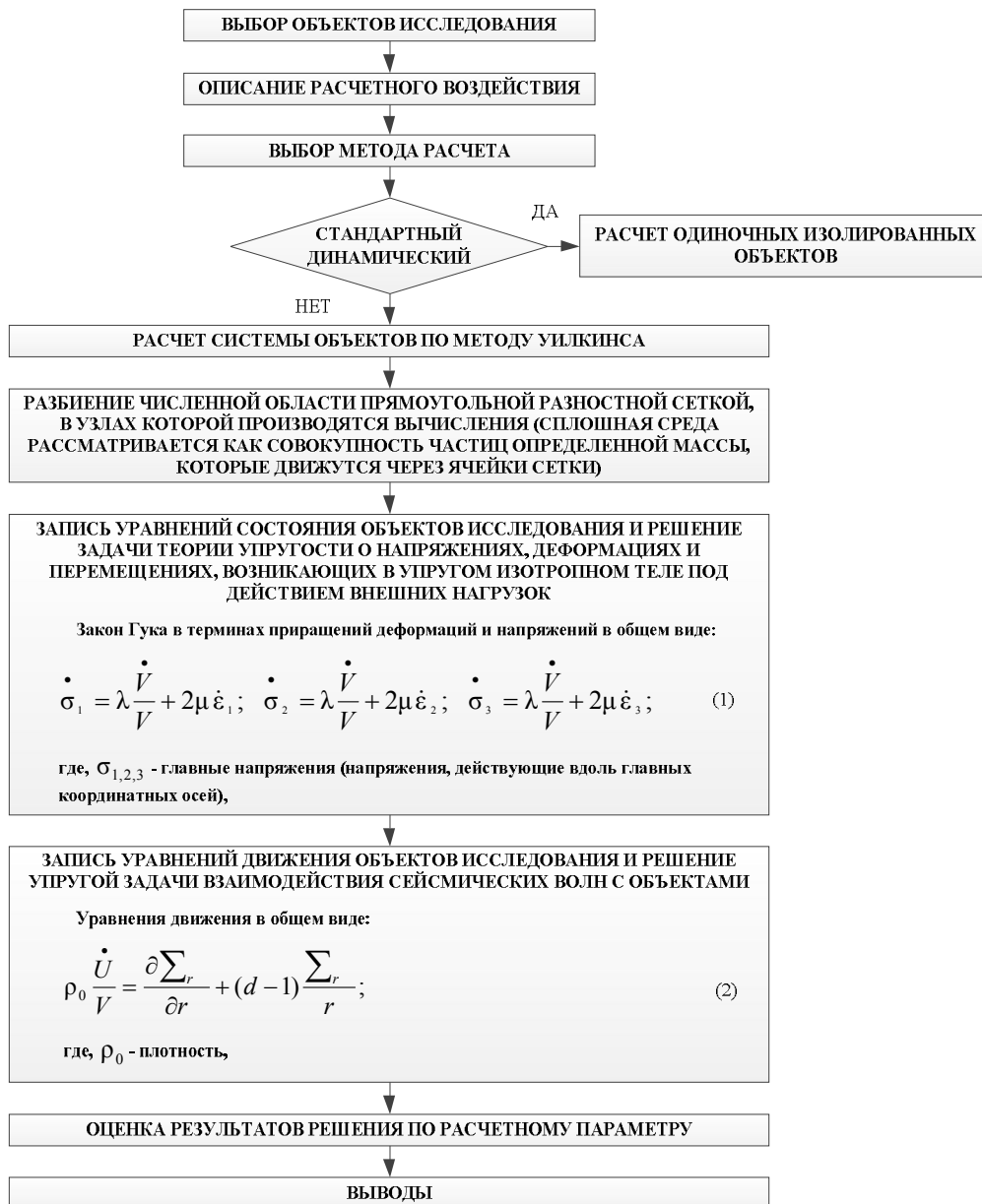
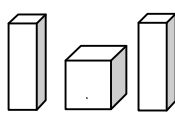
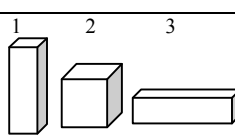


Рис. 7. Блок-схема алгоритма решения задачи

Для решения поставленной задачи были проанализированы колебания отдельно одиночных объектов и тех же объектов, находящихся в группе застройки. В качестве расчетных параметров для оценки взаимного влияния сооружений были приняты отношения амплитуд ускорений колебаний одиночных сооружений к амплитудам ускорений тех же сооружений в системе застройки. Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета увеличения амплитуд колебаний

№ п/п	Здание, относительно которого рассматривается влияние, тип	Периоды собственных колебаний зданий T, c			Расстояние между зданиями, м	Увеличения амплитуды колебаний, %	Грунт	Эскиз фрагмента застройки
		1	2	3				
1	2	0,45	0,23	0,45	0,30	1,80	Глинистый грунт 	
2	1	0,45	0,23	0,45	0,90	6,40		
3	1	0,45	0,23	0,45	0,30	6,80		
4	2	0,45	0,23	0,45	15,00	6,80		
5	2	0,10	0,05	0,10	0,30	9,50		
6	2	0,45	0,23	0,45	9,00	10,00		
7	1	0,45	0,23	0,45	15,00	12,50		
8	1	0,10	0,05	0,10	0,30	13,50		
9	1	0,20	0,10	0,20	0,90	14,00		
10	2	0,45	0,23	0,45	0,30	14,00		
11	2	0,45	0,23	0,45	1,80	14,50		
12	3	0,45	0,23	0,90	0,30	15,00	Песчаный грунт 	
13	1	0,20	0,10	0,20	0,30	17,00		
14	2	0,20	0,10	0,20	0,30	23,50		
15	1	0,45	0,23	0,45	9,00	27,50		
16	1	0,45	0,23	0,45	1,80	28,50		
17	1	0,45	0,23	0,90	0,30	21,00		
18	1	0,45	0,23	0,45	0,30	29,00		

Анализ полученных результатов позволяет судить о том, что при сейсмическом воздействии объекты, расположенные вблизи друг друга, могут оказывать взаимное влияние. Из табл. 1 видно (п. 15, 16, 18), что наибольшее влияние испытывают условно «гибкие» по конструктивным решениям объекты (с периодом собственных колебаний $T \approx 0,5$ с), находящиеся в системе застройки непосредственно вблизи более «жестких» (с $T \approx 0,2$ с), когда наблюдаются значительные раскачки и рост амплитуд ускорений колебаний, причем в этих же условиях «жесткие» объекты испытывают наименьшее влияние (п. 1) соседних сооружений по сравнению со всеми возможными вариантами компоновок. Взаимное влияние зданий и сооружений СНО и прилегающей застройки при различных воздействиях может носить негативный характер и стать причиной массовых обрушений строительных конструкций, человеческих жертв и выхода из строя оборудования.

На основе полученных результатов разработаны конструктивные элементы зданий, использование которых позволит повысить сейсмостойкость объектов. На

эти конструкции оформлены патенты на полезные модели RU 95010, 2010 г. и RU 104602, 2011 г.

Полученные результаты позволяют выработать рекомендации по повышению сейсмостойкости объектов, а также расширить нормативную базу по строительству и эксплуатации зданий и сооружений и соответствующие инструкции по навигационному оборудованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. О маяках и маячниках. Электронный ресурс. URL: <http://www.mayachnik.ru/book/export/html/718>.
2. Маячок. Электронный ресурс. URL: http://www.farosvet.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=99:2013-06-08-19-30-04&catid=11:2011-01-16-16-51-36&Itemid=25
3. Авраменко Д. В., Касаткин И. П. Причины аварийности морских судов и повышение безопасности мореплавания. – Сайт Научно-инженерного общества судостроителей им. А. Н. Крылова. Электронный ресурс. URL: http://www.shipdesign.ru/Sea/2011-02-15/3_276-279.pdf
4. Инструкция по навигационному оборудованию (ИНО – 2000). – СПб.: ГУНиО МО РФ, 2001 г. – 327 с.
5. Ньюмарк Н., Розенблют Э. Основы сейсмоактивного строительства. – М.: Стройиздат, 1980. – С. 61–99.
6. Уилкинс М. Л. Расчет упруго-пластических течений. Вычислительные методы в гидродинамике. – М.: Мир, 1967 г. – 383 с.
7. Белаш Т. А., Блинкова К. В., Капустянский С. М. Оценка степени влияния рядом стоящих зданий различных конструктивных решений при сейсмических воздействиях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2011. – №6. – С. 28–30.

ON SAFETY PROVISION FOR VISUAL AIDS TO NAVIGATION AGAINST EXTERNAL INFLUENCE

К. В. Blinkova (OJSC «GNINGI»)

The results of explorations intended to evaluate the mutual influence of aids to navigation structures under the natural and technogenous impacts are presented.

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

УДК 551.466.18

О ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ ИМПОРТОЗАМЕЩАЕМЫХ СРЕДСТВ СЪЕМКИ И ОБСЛЕДОВАНИЯ МОРСКОГО ДНА

А. Ф. ЗЕНЬКОВ
(ОАО «ГНИНГИ»)

Рассматриваются вопросы возобновления создания отечественных технических средств съемки рельефа и обследования дна в условиях импортозамещения. Приведены приоритетные направления их развития.

Одна из основных мер по реализации государственной политики Российской Федерации в области военно-морской деятельности – развитие военной инфраструктуры, совершенствование системы управления военной организацией государства [1]. Одной из составных частей военно-морской деятельности является навигационно-гидрографическое обеспечение (НГО) [2].

Анализ состояния гидрографической изученности операционных зон ВМФ показывает, что качество выполнявшихся ранее работ по съемке рельефа дна, удовлетворявших требованиям к НГО морской деятельности государства конца XX века не соответствует современным требованиям безопасности мореплавания. В частности, сравнение результатов промера со льда во время работы дрейфующей станции СП-35, выполненного с использованием спутниковых систем, показало наличие значительного расхождения с данными глубин, нанесенными на навигационные морские карты (НМК) масштаба 1:500000. В районе островов Северная Земля и восточной части котловины Нансена расхождения в глубинах достигают 100 м, в районе подводного хребта Гаккеля – около 300 м, максимальное расхождение составило 727 м. В открытой части морей имеются районы, где сведения о рельефе дна получены по данным съемки 40–50-летней давности. Безопасность плавания в этих районах, особенно подводных лодок, не может быть гарантирована и требует срочного выполнения повторных съемок. Подобные расхождения данных о глубинах имеются в Баренцевом, Белом, Беринговом, Охотском и Японском морях. Это относится преимущественно к акваториям морей со сложными формами рельефа – как прибрежным, так и акваториям открытого моря. Кроме того, повторные съемки рельефа дна необходимо периодически проводить на каналах, фарватерах, рекомендованных путях, подходах к портам и портопунктам, особенно там, где рельеф дна подвержен изменениям, а также на специальных полигонах. На участках, где плавание кораблей и судов наиболее интенсивно, съемку дна необходимо проводить ежегодно, а также после схода льда, после землетрясений, ураганов, инженерных работ и т. п. Устаревание

имеющейся картографической информации по рельефу дна может привести к навигационным авариям с тяжелыми последствиями. Вместе с тем имеющиеся в ВМФ средства съемки рельефа и обследования дна и обработки данных съемки уже не отвечают современным требованиям, а использование подобных зарубежных средств встречает серьезные трудности.

Указанное обстоятельство, а также введение экономических санкций в отношении России, диктуют необходимость рассмотрения вопросов возобновления создания отечественных технических средств и систем военной гидрографии, в том числе, средств съемки рельефа и обследования дна (импортозамещение). «Это ключевые вопросы военной, экономической безопасности России, нашей технологической и производственной независимости, технологического суверенитета» (из выступления Президента РФ В. В. Путина на совещании в Ново-Огарево 28 июля с. г.). Под импортозамещением понимается уменьшение или прекращение импорта определенного товара посредством производства, выпуска в стране того же или аналогичных товаров [3].

Результатом импортозамещения должно стать повышение конкурентоспособности отечественной продукции посредством стимулирования технологической модернизации производства, повышения его эффективности и освоения новых конкурентоспособных видов продукции с относительно высокой добавленной стоимостью.

В настоящее время за рубежом разработаны и применяются принципиально новые гидроакустические технические средства съемки и обследования морского дна, в которых реализованы передовые технологии и методы обработки гидроакустических сигналов. Эти технические средства позволяют существенно повысить разрешающую способность, точность измерения глубин и их местоположения и, что особенно существенно, повысить детальность и производительность выполнения съемки и обследования рельефа и грунта дна по сравнению с ранее использовавшимися средствами аналогичного назначения (однолучевые эхолоты и гидролокаторы бокового обзора). К таким средствам относятся следующие: многолучевые эхолоты (МЛЭ); интерферометрические гидролокаторы бокового обзора (ИГБО), совмещающие функции МЛЭ как прибора, измеряющего глубину и ее местоположение и гидролокатора бокового обзора для поиска объектов на дне; гидролокаторы бокового обзора с частотной модуляцией сигнала для повышения разрешающей способности по дальности путем сжатия длительности импульса; гидролокаторы бокового обзора с синтезируемой апертурой антенны (ГСА), в которых благодаря применению голографического принципа регистрации гидроакустического сигнала добиваются высокой разрешающей способности по азимуту.

Количество используемых для выполнения промерных работ многолучевых эхолотов известных зарубежных фирм невелико. В основном это эхолоты компаний Reson (Дания), Kongsberg (Норвегия) и SeaBeam (Германия). Их основные технические характеристики приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

Основные технические характеристики многолучевых эхолотов компании Reson

Модель	Частота (кГц)	Дальность действия (м)	Ширина сектора, град	Кол-во лучей
Sea Bat 7111	100	100–1000	150	101/201
Sea Bat 7125	200/400	200/600	140/165	256/512
Sea Bat 7150	12/24	От 200 до 15000	150	256/880
Sea Bat 8160	50	3000	150	126

Таблица 2

Основные технические характеристики многолучевых эхолотов компании Kongsberg

Модель	Частота, кГц	Дальность действия, м	Ширина захвата отн. к глубине D максимальная, м	Кол-во лучей
EM-3002	300	0,5–150	10×D/250	254
EM 2040	200	1–250	7,5×D/300	111
EM-710	70–100	3–2000	5,5×D/2000	128/256
EM-302	30	10–7000	5,5×D/7000	864
EM 120	12	50–11000	6×D/25000	191
EM 121	12	10–11000	3,5×D/25000	121

Таблица 3

Основные технические характеристики многолучевых эхолотов компании SeaBeam

Модель	Частота (кГц)	Дальность действия (м)	Сектор охвата, м	Кол-во лучей
1180/1185	180	1–300	1530	126
1050/1055	50	50–3000	1500	384
2112	12	700–11000	1500	149
3030	30	3–7000	1400	384

Наиболее рациональным для выполнения детальных работ на значительных глубинах погружения является эхолот с низкой частотой и большой шириной полосы захвата SeaBat 7150 (Дания) (табл. 4). Его точность соответствует специальным требованиям ИНО (Международная Гидрографическая Организация).

Таблица 4

Технические характеристики многолучевого эхолота SeaBat 7150

Максимальная глубина погружения антенны	100 м
Диапазон глубин	до 12000 м
Погрешность измерения глубины	0,2% от глубины
Частота излучения	12кГц, 24кГц
Ширина луча поперек трассы	2°
Ширина луча вдоль трассы	2°
Максимальная скорость носителя	выше 20 узлов

Сравнительный анализ ТТХ зарубежных МЛЭ, программного обеспечения, методов калибровки МЛЭ показывает, что лидером в производстве высококачественных МЛЭ является норвежская фирма Kongsberg Maritime, эхолоты которой превосходят аналогичные образцы других фирм.

Так, по точности измерения глубин, по максимальной ширине полосы захвата, количеству отсчетов глубин на полосу скорости съемки лидером является «мелководный» МЛЭ EM 3002. Также имеются преимущества у МЛЭ EM 710 для среднего диапазона глубин (3–2000 м), являющегося последней разработкой (2005 г.) МЛЭ четвертого поколения. В МЛЭ EM 710 впервые реализована так называемая технология обработки широкополосных гидроакустических сигналов, ширина полосы захвата достигает 5,5 глубины под антенной эхолота. Для повышения разрешающей способности в эхолоте применена технология динамической фокусировки луча. «Глубоководный» МЛЭ EM 302 имеет диапазон глубин 10–7000 м и значительную полосу захвата, достигающую 10 км. Максимальная допустимая скорость обследования данным образцом составляет 16 узлов, что также является самым высоким показателем [5].

Разработки МЛЭ компании Kongsberg – системы EM 3002, EM 710 и EM 302 и модель компании RESON по указанным показателям в целом в наибольшей степени подходят для оснащения ими гидрографических судов ВМФ (для решения задач военной гидрографии) до появления отечественных технических средств, имеющих ТТХ не хуже зарубежных аналогов [4, 5].

Необходимо иметь в виду, что применение МЛЭ предполагает соответствующий уровень навигационного обеспечения съемки, что, в свою очередь, требует интеграции самого МЛЭ с навигационным комплексом судна или комплектом навигационных приборов, включающим приемник спутниковых или высокоточных РНС, датчик курса, датчики угловой и вертикальной качек.

Планируемые УНиО МО РФ для закупки МЛЭ моделей EM 3002, EM 302, EM 2040 фирмы «Kongsberg» (Норвегия) по своим характеристикам превосходят модели других фирм. Учитывая, однако, что эта фирма не производит установку своих приборов на корабли, имеющие боевое вооружение, целесообразно одновременно с закупками перечисленных МЛЭ закупать также МЛЭ других зарубежных фирм, например, «RESON». Наиболее полно требованиям для решения задач НГО ВМФ отвечают МЛЭ следующих моделей данной фирмы: SeaBat 7125 – для малых глубин, SeaBat 7111 и SeaBat 8160 – для средних глубин, модель SeaBat 7150 – для больших глубин.

Увеличение производительности работ, повышение качества и подробности съёмки рельефа дна, а также возможности обнаружения объектов на дне, достигаются использованием интерферометрических гидролокаторов бокового обзора (ИГБО), с помощью которых методом интерференции можно измерять одновременно до нескольких тысяч глубин. Применение такого ГБО практикуется в основном в критически важных зонах – там, где необходима площадная съёмка со 100-процентным покрытием с высокой плотностью измеренных глубин для особо детальной съёмки рельефа дна, поиска объектов на морском дне или контроля за состоянием нефтепроводов и кабелей, проложенных на дне моря. Хотя с помощью такого ГБО измерения глубин менее точны, чем при съёмке эхолотом, но достигается на порядок большая разрешающая способность и подробность съёмки.

В зависимости от диапазона навигационных глубин для поиска навигационных опасностей в виде поднятия дна или затонувшего объекта наибольший эффект даст применение ИГБО: из-за большой ширины полосы захвата эти средства обладают и высокой производительностью. Производительность обследования ИГБО в мелководных водоемах на 30% – 40% выше, чем у типичного МЛЭ. Необходимо учитывать, однако, что ИГБО не измеряет глубину, но обеспечивает получение информации о рельефе дна и подводных объектах. Главное преимущество ИГБО состоит в том, что при оптимальных условиях, он может произвести почти фотографическую картину морского дна, что существенно облегчает интерпретацию подводных объектов. Примером такой системы является ИГБО GeoSwath фирмы Denbigh (Великобритания).

Учитывая отсутствие серийных образцов МЛЭ отечественного производства, для эффективного решения задач НГО ВМФ предлагалась следующая модель импортозамещения технических средств военной гидрографии:

1. Осуществить закупку нескольких типов современных зарубежных гидроакустических средств съёмки рельефа и обследования дна, включая МЛЭ, ИГБО, ГБО и ГСА, за рубежом у различных фирм для установки их на гидрографические суда и проведения их опытной эксплуатации, а также использования в качестве учебной базы для подготовки специалистов по обслуживанию в интересах решения задач НГО ВМФ.

2. По результатам опытной эксплуатации этих гидроакустических средств определить наиболее эффективные из них.

3. В связи с отсутствием на судах ВМФ отечественных навигационных приборов требуемого уровня точности необходимо одновременно закупить образцы навигационных приборов зарубежного производства. Эта необходимость обусловлена тем, что применение МЛЭ предполагает соответствующий уровень навигационного обеспечения съёмки, что, в свою очередь, требует интеграции самого МЛЭ с навигационным комплексом судна или комплектом навигационных приборов (приемник спутниковых или высокоточных РНС, датчик курса, датчики угловой и вертикальной качек).

4. В дальнейшем, по мере накопления опыта эксплуатации МЛЭ и других гидроакустических приборов исследования морского дна целесообразно организовать их отечественное производство. Учитывая имеющийся отечественный опыт разработки для ВМФ гидроакустических средств съёмки рельефа и обследования дна, привлечь к разработке отечественных средств Институт Радиотехники и Электроники РАН, ОАО «Концерн "Океанприбор"», ЗАО НТП «Реаконт», ОАО НТП «Нави-Далс».

Отечественными производителями по заявке ГУНиО МО в период 1990–2007 гг. был разработан ряд образцов гидроакустических систем для оснащения гидрографических судов ВМФ, однако ни по одному из разработанных образцов серийное производство развернуто не было.

В России к разработкам МЛЭ приступили организации:

- ЗАО НТП «Реаконт»;
- ОАО «Концерн Океанприбор».

Из многолучевых эхолотов отечественного производства серийные изделия выпускает НТП «Реаконт», но данные изделия еще не подтвердили свою конкурентоспособность, несмотря на заявленные разработчиком достаточно высокие технические характеристики.

Технические характеристики многолучевых эхолотов НТП «Реаконт» представлены в табл. 5.

Таблица 5

Технические характеристики многолучевых эхолотов ЗАО НТП «Реаконт»

Модель	Частота, кГц	Глубина под трансдюсером, м	Сектор обзора макс., град.	Ширина луча, град.	Разрешение угловое град./ по дальности м	Количество лучей
P-161	155	1–300	120	7	0,2/0,05	200
P-322	155	1–200	150	3	0,1/0,05	800
P-323	155	3–300	150	3	0,1/0,05	1000

Недостатком МЛЭ компании ЗАО НТП «Реаконт» является неудобный интерфейс, а также недостаточно отработанный порядок использования данных эхолотов.

ОАО «Концерн «Океанприбор» производит и выпускает многолучевой эхолот «Корвет-МЛЭ-250», предназначенный для работы на гидрографических судах и судах технического флота. Однако эти МЛЭ сейчас также почти не используются отечественными организациями, выполняющими гидрографические работы.

В настоящее время в России отсутствуют серийные образцы многолучевых промерных эхолотов, отвечающих международным требованиям и способных конкурировать с зарубежными. В связи с этим ВМФ вынужден оснащать надводные корабли и суда многолучевыми эхолотами зарубежных производителей. По данным 280 ЦКП ВМФ наиболее часто материалы гидрографических работ, передаваемые для картосоставления, получены с использованием МЛЭ фирм RESON (Дания) и Kongsberg (Норвегия). Немного реже для выполнения гидрографических работ используются МЛЭ фирмы SeaBeam / Elac (L3) (Германия).

Анализ МЛЭ отечественных предприятий показывает наличие образцов МЛЭ, не уступающих по своим заявляемым техническим характеристикам изделий иностранного производства. Наиболее предпочтительными изделиями являются разработки Кировского филиала ОАО «Концерн «Океанприбор», прошедшие натурные испытания и как по своей группе исполнения, так и по наличию военной приёмки соответствуют требованиям, предъявляемым к аппаратуре, устанавливаемой на подводных лодках, надводных кораблях и автономных подводных аппаратах. При этом требуется только проведение незначительного объема работ по адаптации образцов к

конкретным носителям и выполнение конструкторских проработок по размещению аппаратуры на кораблях.

Вместе с тем в ВМФ до настоящего времени не удалось в полной мере реализовать представленную выше модель импортозамещения технических средств съемки и обследования дна на основе закупки и использования опыта эксплуатации зарубежных технических средств нескольких типов. В первую очередь это связано с действующими ограничениями на поставки соответствующего оборудования в Россию и введением новых санкций со стороны западных государств.

В связи с изложенным для достижения новых показателей в сфере совершенствования системы НГО безопасности и обороноспособности Российской Федерации одним из приоритетов современной технической политики должна стать разработка технологических инноваций в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности, включая область создания технических средств. Это позволит решить ряд важнейших задач научно-технической и инновационной политики для системного и технико-технологического совершенствования морской деятельности.

Стратегия повышения эффективности НГО морской деятельности Российской Федерации предполагает прежде всего переход к производству отечественной наукоемкой и высокотехнологичной продукции. Это развитие может идти путем создания мощной технологичной базы и создания инноваций. Для реализации этого пути имеются все необходимые предпосылки. Так, задача создания линейки многолучевых эхолотов для всех диапазонов глубин является важной в навигационно-гидрографическом обеспечении ВМФ. Использование современных комплексов многолучевых промерных эхолотов позволит получать качественную информацию о состоянии рельефа дна и использовать ее в картографических целях и для выполнения специальных задач ВМФ.

Непосредственное участие в разработке технических средств изучения Мирового океана в нашей стране, в определении путей и приоритетов в их развитии, в научном сопровождении разработок, принимают специалисты Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института.

Исходя из обобщения имеющегося задела и опыта создания технических средств ОАО «НТП «Нави-Далс», можно ожидать выполнения ОКР «Разработка модельного ряда отечественных многолучевых промерных эхолотов для всех диапазонов глубин», разработка которой определена решением Экспертного совета ВМФ от 29 февраля 2012 г. «Оборудование кораблей и судов Военно-Морского Флота Комплексами многолучевых эхолотов и гидролокаторов». Цель работы – создать современный модельный ряд многолучевых промерных эхолотов для выполнения съемки рельефа дна в диапазоне глубин 0,3 – 10000 м, с точностью определения глубин в соответствии со стандартами МГО S-44 и правилами гидрографической службы ПГС-4.

Разрабатываемые средства должны обеспечивать:

1. стабильную непрерывную работу;
2. точность определения глубин – в соответствии с требованиями руководящих документов по съемке рельефа (ПГС-4, S-44);
3. построение цифровой модели рельефа дна (ЦМРД) по данным, полученным в результате съемки;
4. непрерывную запись результатов съемки рельефа дна в течение одного месяца;

5. выполнение полного цикла съемки рельефа дна, а именно:

- планирование съемки рельефа дна;
- контроль получения данных с датчиков;
- выполнение съемки рельефа дна;
- обработка результатов съемки рельефа дна.
- сохранение и вывод на печать полученных результатов съемки рельефа дна.

Специалистами Института разработан и защищен патентами ряд технических решений, направленных на повышение точности измерения глубины многолучевым эхолотом путем получения достоверных определений поправок (патенты RU №№ 2266551, 2461021, 2480790), а также на расширение функциональных возможностей способов определения глубин акватории (гидролокатора бокового обзора) с одновременным повышением достоверности съемки дна акватории, на повышение информативности при картировании рельефа дна по измеренным глубинам посредством гидроакустических средств измерения, на повышение достоверности определения глубин посредством гидролокатора бокового обзора и последующего восстановления рельефа дна по измеренным глубинам посредством гидролокатора бокового обзора (патенты RU №№ 2484499, 2510045, 2519269, 2521127).

Таким образом, для достижения новых показателей в сфере совершенствования системы НГО безопасности и обороноспособности Российской Федерации в современных условиях одним из приоритетов современной технической политики должна стать разработка и внедрение технологических инноваций в области навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности. Это позволит с помощью отечественных средств съемки и обследования дна обеспечить достижение:

- требуемого уровня НГО морской деятельности Российской Федерации во внутренних морских водах, в территориальном море, исключительной экономической зоне, на континентальном шельфе Российской Федерации, а также в заданных океанских районах и морских зонах в соответствии с положениями международных конвенций и соглашений в этой сфере и положений нормативных правовых актов Российской Федерации в области выполнения площадной съемки рельефа дна в картографических целях;

- расчетной эффективности применения военного потенциала Российской Федерации при решении целевых задач национальной безопасности в мирный период и в военное время в части требований к оперативности получения, точности и подробности информации о глубинах акватории при решении задач НГО.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Основы государственной политики Российской Федерации в области военно-морской деятельности на период до 2020 года (утверждены Указом Президента РФ 29 мая 2012г, № Пр-1459).
2. Основы теории НГО и ГМО ВМФ. Военно-научный труд. Часть 1. – ГУНиО МО РФ – 2003. – 160 с.
3. Энциклопедический словарь экономики и права. – 2005
4. Жилин Д. М., Зеньков А. Ф., Костенич А. В. Особенности работы комплекса ГМЛЭ ЕМ-122 – НЭС «Академик Федоров» в различных ледовых условиях, Труды VII Российской конференции «НГО-2011». – СПб. – 2011. – С. 412–413.
5. Андреюк Р. А. Комплексы многолучевых эхолотов. // Морской вестник. № 4 (44). – СПб. – 2012. – С. 85–87.

ON PRIORITY DIRECTIONS OF DEVELOPMENT FOR IMPORT REPLACEABLE MEANS FOR SEA BOTTOM SURVEY AND EXPLORATION

A. F. Zenkov (OJSC "GNINGI")

The problems of creating the national technical means of the bottom relief survey and exploration under the conditions of import replacement are considered. The priority directions of their development are stated.

УДК 622.276.04:504.056

ОБ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЯХ К РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РФ

**Ю. Н. БАЛЕСНЫЙ, П. Г. БРОДСКИЙ,
Е. И. РУДЕНКО**
(ОАО «ГНИНГИ»)

В статье проведен анализ нормативной правовой базы в области экологической безопасности морей Арктической зоны. Показана необходимость разработки комплексной технологии поиска и идентификации подводных потенциально опасных объектов. Сформулированы основные положения и принципиальные решения по разработке указанной технологии.

В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» [1] использование Арктической зоны Российской Федерации в качестве стратегической ресурсной базы Российской Федерации, обеспечивающей решение задач социально-экономического развития страны, и сбережение уникальных экологических систем Арктики отнесены к основным национальным интересам Российской Федерации в Арктике. Одной из главных целей и стратегических приоритетов государственной политики Российской Федерации в Арктике в сфере экологической безопасности является сохранение и обеспечение защиты природной среды Арктики, ликвидация экологических последствий хозяйственной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата. Достижение указанной цели предполагает решение следующих основных задач:

- создание комплексной системы, обеспечивающей защиту территорий, населения и критически важных для национальной безопасности Российской Федерации объектов Арктической зоны Российской Федерации от угроз чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- осуществление плановой утилизации судов с ядерными энергетическими установками, отслуживших установленные сроки эксплуатации.

«Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» [2] одной из основных мер в сфере обеспечения экологической безопасности определена ликвидация экологиче-

ского ущерба, причиненного в результате прошлой хозяйственной, военной и иной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации, включая оценку причиненного экологического ущерба и реализацию мероприятий по очистке арктических морей и территорий от загрязнения.

На основании требований указанных нормативных правовых документов РФ в решении проблемы освоения месторождений углеводородов на континентальном шельфе одной из первоочередных является задача экологической реабилитации предполагаемых к использованию участков Арктических морей, а также прилегающего побережья архипелага Новая Земля. Значительная их часть в последние десятилетия малопригодна для производства работ в море из-за последствий неконтролируемой деятельности ряда стран и аварий с морской техникой.

Обеспечение экологической безопасности должно быть реализовано заблаговременно, до начала детальной разведки и промышленного освоения участков месторождений, в структуре которых значительный объём работ связан с операциями, выполняемыми на дне акваторий, под водой. В ряде случаев это сопряжено с возможностью контакта с затопленными морскими объектами, в том числе с подводными потенциально опасными объектами (ППОО). К последним относятся суда, иные плавсредства, технические средства, боеприпасы, а также элементы оборудования, установки, полностью или частично погруженные в воду, содержащие радиоактивные, химические отравляющие, взрывчатые и другие опасные вещества, содержащие угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций на акваториях [3].

В настоящее время ряд федеральных органов исполнительной власти проводят отдельные работы по наблюдению за состоянием ППОО и разрозненные исследования отдельных проблем ликвидации экологического ущерба на континентальном шельфе Арктических морей. Однако этого не достаточно для проведения работ на планируемых к первоочередному освоению участках месторождений углеводородов в установленные лицензиями Российской Федерации сроки. Отсутствует также взаимосвязанная технология поиска и идентификации затопленных морских объектов.

Решение этой проблемы состоит в комплексном подходе к подготовке и реализации мероприятий по очистке указанных участков от ППОО, включая их поиск, идентификацию, подъём, приведение в безопасное состояние, транспортировку и передачу на утилизацию. Каждая из этих операций должна выполняться с учётом конструктивных особенностей и состояния конкретного затопленного морского объекта, что определяет уникальность требований к разрабатываемой комплексной технологии. Своевременная разработка и реализация этой технологии позволит начать работы на запланированных к первоочередному освоению лицензионных участках месторождений углеводородов на континентальном шельфе Баренцева и Карского морей. Это ускорит также реализацию мероприятий по очистке арктических морей от загрязнений, предусмотренных нормативными правовыми документами РФ.

Концептуально для разработки комплексной технологии поиска и идентификации затопленных морских объектов необходимо выработать систему взглядов, направленных на решение соответствующей проблематики, сформулировать основные положения и принципиальные решения в области создания технических средств и способов их использования. При этом должны быть учтены положения «Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», «Морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 года», «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020

года» и ряда других нормативных правовых документов в области экологической безопасности, обеспечения безопасности при обращении с ними, санитарно-эпидемиологического благополучия и охраны окружающей среды, а также положения и требования международных соглашений и рекомендаций, ратифицированных РФ.

Разрабатываемая комплексная технология (Технология) должна:

1. Представлять собой комплекс мероприятий, технических средств и способов их применения для обследования назначенной площади дна акватории;

2. Являться составной частью комплексной технологии подъёма и передачи на утилизацию затопленных морских объектов.

3. Разрабатываться с учетом обобщения накопленного отечественного и зарубежного опыта в данной области, отвечать национальным интересам РФ, соответствовать положениям и требованиям нормативной правовой базы.

4. Осуществляться на основе анализа возможности использования способов поиска и идентификации, в том числе: гидроакустических, электромагнитных, ядерно-физических и подводного телевидения.

При разработке Технологии в составе технических средств необходимо предусмотреть оборудование для поиска и идентификации:

- взрывчатых веществ;
- опасных химических веществ;
- радиоактивных веществ.

При разработке Технологии необходимо исходить из следующих основополагающих принципов:

– безусловного обеспечения экологической безопасности на основе действующего законодательства;

– реализации организационно-технических решений и мероприятий, обеспечивающих приоритетность вопросов экологической безопасности;

– широкого внедрения новейших технологий, преимущественно с использованием роботизированных технических средств и комплексов;

– оптимального использования в ходе проведения и обеспечения работ существующих объектов инфраструктуры;

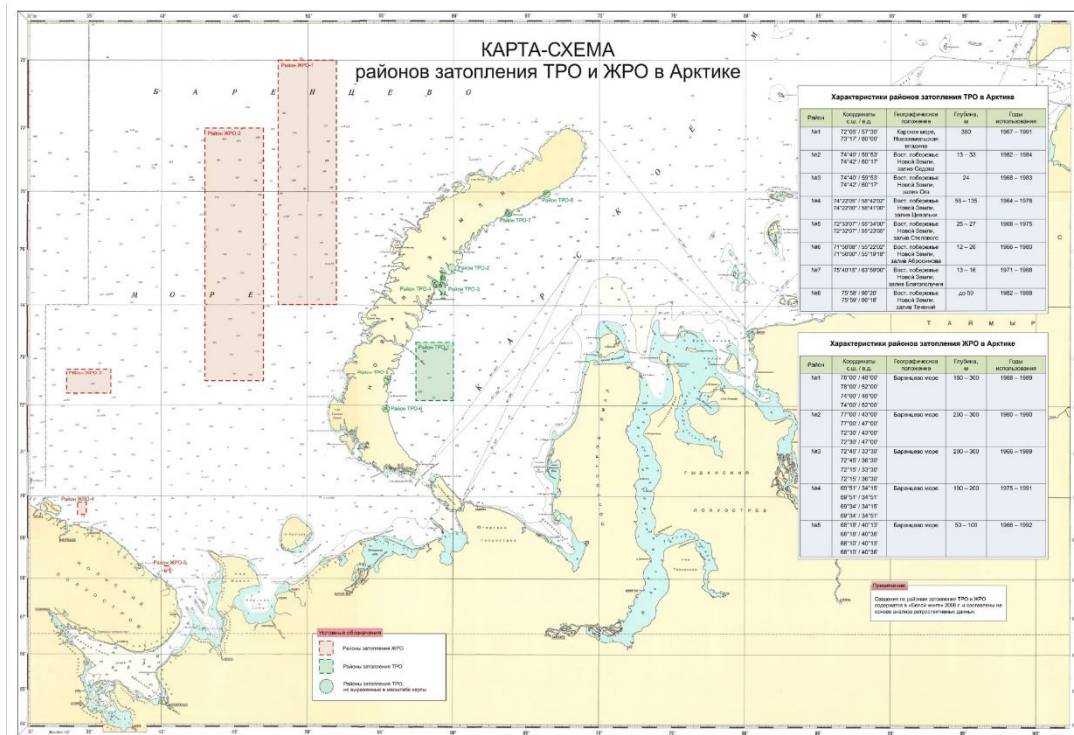
– открытости и доступности информации в интересах населения регионов о планируемых и проводимых мероприятиях, мерах, принимаемых в плане обеспечения безопасности при обращении с ППОО, результатах проводимых экспертиз по техническим и технологическим решениям.

На всех этапах обращения с ППОО должна обеспечиваться защита объектов и мест проведения работ, исключающие несанкционированный доступ к ППОО.

Кроме того, считая исходными указанные принципы и требования, при разработке Технологии необходимо учитывать, что арктические моря являются зоной интенсивных техногенных воздействий. Это обусловлено развитием разнообразной инфраструктуры – транспортного, промышленного, оборонного, коммуникационного, гидротехнического, горнодобывающего и другого назначения. Значительная часть элементов этой инфраструктуры может и должна быть отнесена к категории источников опасностей техногенного происхождения.

Особую группу ППОО составляют: затопленное химическое оружие, боевые отравляющие вещества, радиоактивные объекты, затопленные корабли с боезапасом, суда с грузами боеприпасов, включая химические боеприпасы с отравляющими ве-

ществами, жидкими и твердыми радиоактивными отходами, другими опасными веществами и горюче-смазочными материалами. На рисунке представлена карта-схема районов затопления твердых радиоактивных отходов (ТРО) и жидких радиоактивных отходов (ЖРО) в Арктическом регионе, составленная на основе открытых источников [4].



Карта-схема районов затопления жидких и твердых радиоактивных отходов в Арктическом регионе

К подводным потенциально опасным объектам в соответствии с классификацией DNV GL (Det Norske Veritas Germanischer Lloyd – международное экспертно-классификационное общество, направлением деятельности которого является, в том числе, разработка требований по защите жизни людей, имущества и окружающей среды при осуществлении различных видов деятельности на море и на берегу) отнесены следующие объекты:

- взрывоопасные предметы (ВОП) – морское подводное оружие (мины, минные защитники, торпеды и глубинные бомбы); авиационные боеприпасы (авиабомбы); артиллерийские боеприпасы; инженерные мины;
- взрывоопасные объекты (ВОО) – затонувшие корабли (суда) с боезапасом на борту; летательные аппараты (самолеты) с боезапасом на борту;
- затопленное химическое оружие – химические боеприпасы (авиационные бомбы, артиллерийские снаряды, химические мины, химические гранаты), технологические емкости (бочки, контейнеры, резиновые мешки) с боевыми отравляющими веществами;

- затопленные радиоактивные объекты – отсеки подводных лодок; конструкции реакторов;
- невзрывоопасные предметы – кабели и трубопроводы; другие искусственные сооружения; якоря якорных мин;
- невзрывоопасные объекты – транспортные, пассажирские и рыболовные суда; транспортные летательные аппараты; конструкции нефтегазовых платформ.

Степень опасности (риска) связана с целым рядом условий изменения (воздействия) природных и техногенных факторов, поэтому по характеру своего проявления вышеуказанные объекты подразделяются на действующие (проявленные) и потенциальные (проявления которых возможны при определенных обстоятельствах).

Учитывая изложенные особенности, комплекс мероприятий по поиску и идентификации ППОО должен включать:

- сбор и анализ архивных материалов по назначенному району работ;
- поиск объектов;
- идентификация объектов;
- определение координат и обозначение местонахождения объекта для последующей передачи силам, назначенным для подъема обнаруженного объекта или проведения других работ;
- допоиск объектов (при необходимости);
- окончание работ по поиску и идентификации.

На основе анализа нормативной базы реализацию Технологии целесообразно осуществлять следующим составом технических средств:

1. Для поиска и идентификации взрывоопасных предметов:

- гидрографические суда, суда водолазного обеспечения и подводные аппараты;
- гидроакустические средства (гидролокатор кругового обзора, параметрический профилограф, многолучевой эхолот);
- электромагнитные и магнитометрические средства;
- средства визуального поиска и идентификации ППОО;
- технические средства размыва донного грунта;
- средства обозначения обнаруженных объектов (буи, вешки, маячки и т. п.);
- технические средств для производства стандартных гидрометеорологических наблюдений;
- технические средства связи и навигации;
- средства обеспечения безопасности работы персонала и оказания медицинской помощи.

2. Для поиска и идентификации опасных химических веществ, дополнительно:

- пробоотборники морской воды и донных отложений;
- датчики контроля физического и химического загрязнения акватории, средства экспресс-контроля наличия отравляющих веществ, судовой лабораторный химико-аналитический комплекс.

3. Для поиска и идентификации радиоактивных веществ, дополнительно:

- системы радиационного контроля.

При разработке Технологии должны быть определены способы и варианты использования комплекса технических средств и их носителей в зависимости от гидрологических условий.

Реализацию Технологии целесообразно осуществлять путем скоординированной деятельности федеральных органов государственной власти в соответствии с их

полномочиями и сферами деятельности и специализированными организациями в рамках федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы [5].

Реализация Технологии позволит:

– обеспечить создание условий для безопасного выполнения работ по разведке, освоению и последующему обустройству участков месторождений углеводородов на континентальном шельфе Арктического региона;

– создать опережающий научный и проектный задел по поиску и идентификации ППОО на континентальном шельфе Арктического региона.

Таким образом:

1. Разработка комплексной технологии поиска и идентификации ППОО является актуальной в связи с необходимостью обеспечения экологической безопасности при освоении месторождений углеводородов на континентальном шельфе Арктических морей.

2. Основные требования к разработке Технологии призваны создать условия для решения стоящих проблем поиска и идентификации ППОО в Арктическом регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утверждены Президентом Российской Федерации 18.09.2008 г., Пр-1969).
2. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (утверждена Президентом Российской Федерации 08.02.2013 г., Пр-232).
3. ГОСТ Р 22.0.09-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Чрезвычайные ситуации на акваториях. Термины и определения».
4. Сивинцев Ю. В., Вакуловский С. М., Васильев А. П., Высоцкий В. Л. и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию (Радиологические последствия удаления радиоактивных отходов в Арктические и дальневосточные моря. «Белая книга – 2000»). – Москва: ИздАТ, 2005. – 624 с.
5. Федеральная целевая программа «Развитие гражданской морской техники» на 2009 – 2016 годы (утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 февраля 2008 г., № 103).

ON THE MAIN REQUIREMENTS TO DEVELOPMENT OF COMPLEX TECHNOLOGY FOR SEARCH AND IDENTIFICATION OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS IN THE ARCTIC REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

Y. N. Balesny, P.G. Brodsky, E. I. Rudenko («GNINGI» OJSC)

The normative legal basis in the sphere of ecological safety for the seas of the Arctic zone is analyzed. The necessity to develop the complex technology for search and identification of submarine potentially dangerous objects is shown. The main statements and principal solutions intended to develop the above technology are formulated.

УДК 528.92

ОГРАНИЧЕНИЯ НА ВОЗМОЖНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЛИВОВ

Ю. Н. ЖУКОВ
(ОАО «ГНИНГИ»)

В теории гармонического анализа приливов не определены какие-либо ограничения на значения гармонических постоянных для различных пунктов, находящихся в пределах одной акватории. В статье показано, что такие ограничения существуют и определяются наличием синхронизации приливных колебаний по пространству акватории.

В условиях активизации процесса освоения шельфа морей России стали актуальны задачи информационного обеспечения гидрометеорологической информацией технологической деятельности на море. Важнейшей ее составляющей является информация о приливных колебаниях на всем пространстве акватории, в пределах которой осуществляется деятельность, обеспечивающая решение технологических задач.

В связи с этим возникает необходимость разработки методов обеспечения информацией о приливах, согласованных по пространству акватории. Существующий сейчас метод гармонического анализа приливов позволяет формировать данные о приливных колебаниях только локально – точно. Действительно, получаемые этим методом параметры прилива (к ним будем относить число приливных гармоник, частоты и гармонические постоянные), имеют исключительно индивидуальный обособленный характер для пункта акватории. В рамках гармонического анализа приливов гармонические параметры могут принимать любые возможные значения из области возможных значений независимо друг от друга. Теоретические основания сравнения или согласования гармонических параметров для различных пунктов акватории нам неизвестны. Вполне возможно, что такое положение дел вполне удовлетворяет практике предвычисления приливов для отдельных пунктов в виде таблиц приливов. В то же время очевидно, что прилив – это пространственное явление, которое охватывает некоторую акваторию и в различных точках этой акватории имеет согласованные между собой приливные колебания. Эта пространственная согласованность прилива должна проявлять себя в каких-либо соотношениях между гармоническими параметрами, определенными для различных точек акватории.

Присущее приливам свойство согласованности приливных колебаний по пространству наиболее явно и полно представляется на приливных картах [1]. Последние свидетельствуют о согласовании приливных колебаний в масштабе всего Мирового океана. Сама возможность построения таких карт является следствием пространственно-временной согласованности приливных колебаний. Приливные карты отражают важнейшее свойство приливов – свойство устойчивости, «стационарности» распространения прилива на акватории. Приливные карты указывают на то, что фаза прилива монотонно меняется по пространству акватории, то есть прилив распространяется всегда в одном и том же направлении в локальной окрестности точки аквато-

рии, причем таким образом, что разность фаз приливных колебаний между двумя точками акватории постоянна.

Свойство согласованности и стационарности приливных колебаний по пространству было замечено давно и использовалось в навигационной практике. Например, средневековые пираты Северного моря использовали компасы с картушками, на которых по окружности были поставлены отметки направлений на Луну (часовые углы положения Луны на небосводе), при которых в нужных портах побережья наступает полная вода [2]. Очевидно, что на такой картушке разность углов между направлениями на Луну для каких-либо двух портов, например для Северного моря, будет оставаться постоянной. Это отражает факт постоянства разности времени (выраженной в лунных сутках) наступления полных вод в двух портах. Естественно, что это справедливо только для портов, в которых наблюдаются лунные полусуточные приливы.

В методе гармонического анализа приливов указанное свойство приливов никаким образом не учитывается. Этот метод позволяет рассчитать набор гармонических постоянных по наблюдениям в некоторой точке акватории, но при этом получаемый набор частот и соответствующие им значения гармонических постоянных никак не связаны с наборами частот и значениями гармонических постоянных в других пунктах акватории.

Возможно ли, что произвольные наборы гармонических постоянных и приливных частот, получаемые гармоническим анализом приливов, не нарушают отмеченное выше свойство монотонности и стационарности пространственного распространения фазы прилива? А если нарушают, то какие ограничения должны быть наложены на значения для наборов гармонических параметров для различных точек акватории, чтобы обеспечивалось это свойство приливов? Ответы на эти вопросы и должна дать эта статья.

Вначале покажем на примере, что монотонность распространения фазы прилива вдоль берега нарушается при предвычислении приливов по гармоническим составляющим. Моменты наступления полных (малых) вод в одном пункте могут некоторое время опережать соответствующие моменты наступления полных (малых) вод в соседнем пункте, а затем некоторый период запаздывать. Теоретически разность моментов наступления экстремумов должна иметь всегда один знак.

Приведем формальное описание рассматриваемой задачи. Положим, что рассматривается односвязная область акватории S , на которой наблюдается один и тот же тип приливных колебаний. Приливные колебания в некоторой точке области S , представленные набором гармонических постоянных, можно записать в виде:

$$h(t) = \sum_{j=1}^N a_j \cos(\omega_j t - g_j), \quad (1)$$

здесь $h(t)$ – высота прилива в момент времени t ; N – число приливных гармоник; $a_j > 0$, ω_j , g_j – амплитуда, частота и начальная фаза, соответственно, j -ой приливной гармоники. Для определенности далее везде будем полагать, что значения амплитуд приливных гармоник попарно различны, и, кроме того, $\sum_{j=1}^N a_j < \infty$ – конеч-

ность суммы и $a_j < \sum_{k \neq j}^N a_k$. Последнее условие означает, что любые смежные амплитуды в упорядоченном списке амплитуд имеют один порядок величины. Будем также предполагать, что индексы j соответствуют значениям амплитуд, расположенных в убывающем порядке, так что максимальной амплитуде соответствует индекс $j = 1$. Будем называть приливную гармонику с индексом $j = 1$ ведущей приливной гармоникой.

Каждый элемент суммы в выражении (1) является периодической функцией. Однако сумма периодических функций $h(t)$ является почти периодической функцией. Это значит, что амплитуда и полная фаза являются переменными величинами, зависящими от времени. Это можно прояснить, если воспользоваться представлением (1) в терминах комплексной координаты

$$z(t) = \sum_{j=1}^N a_j e^{-i\alpha_j} e^{i\omega_j t} . \quad (2)$$

Очевидно, что вектор $z(t)$ зависит от времени и совершает на комплексной плоскости некоторое движение, изменяясь как по модулю, так и по направлению. Выражению (2) в механической интерпретации (рис. 1) соответствует сумма из N равномерно вращающихся с угловыми скоростями ω_j векторов плоскости с фиксированными длинами a_j .

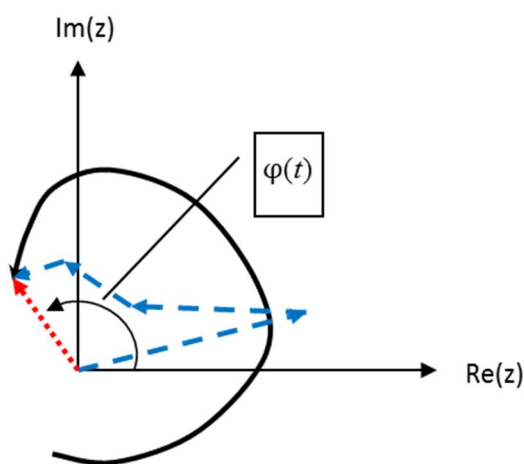


Рис. 1. Пример эволюции вектора $z(t)$ (сплошная кривая) при $N = 4$. Пунктирные стрелки – векторы, соответствующие приливному гармоникам с длинами a_j , вращающихся с угловыми скоростями ω_j . Стрелка из точек – результирующий вектор суммы приливных гармоник $z(t)$ в момент времени t , имеющий фазу $\varphi(t) = \arg(z(t))$. Здесь $\text{Im}(z)$ и $\text{Re}(z)$ – мнимая и действительная части комплексного числа z , соответственно

Начальной точкой вектора с индексом j служит конечная точка вектора с индексом $j-1$. Для первого вектора начальной точкой является нулевая точка координат. Направление вектора $z(t)$ в некоторый момент времени определяет фазу $\varphi(t) = \arg(z(t))$, которая соответствует фазе прилива в тот момент времени в данной точке акватории.

В таком представлении свойство стационарной синхронизованности и монотонности пространственного распространения фазы прилива по акватории состоит в том, что если в момент времени t_0 наблюдается некоторая разность фаз $\Delta\varphi = \varphi(t_0) - \varphi'(t_0)$ для двух различных точек области S , то величина этой разности должна оставаться постоянной и во все другие моменты времени (здесь и далее одноименные параметры для точек различаются наличием или отсутствием верхнего штриха). В противном случае, разность фаз прилива $\Delta\varphi(t)$ будет зависеть от времени, что может привести даже к смене знака разности фаз, учитывая цикличность значения фазы. В последнем случае на локальном участке области S должна наблюдаться непериодическая реверсивная смена направления распространения фазы прилива. Другими словами, разность моментов наступления, например, полных вод, относящихся к одному и тому же приливному циклу, изменит знак для рассматриваемых двух смежных пунктов области S .

Метод гармонического анализа приливов позволяет принимать любые произвольные значения гармоническим параметрам N , a_j , g_j , а также использовать произвольные конечные наборы приливных частот Ω_N для различных точек области S . Единственное ограничение на набор частот состоит в том, что множество частот, входящих в Ω_N , должно быть некоторым подмножеством бесконечного набора частот $\Omega_\infty = \{n_1 f_1 + n_2 f_2 + n_3 f_3 + n_4 f_4 + n_5 f_5 + n_6 f_6\}$, $n_j = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ – целые числа, f_* – шесть астрономических частот (вращения Земли, изменения долготы Луны, изменения долготы Солнца, изменения долготы перигея Луны, изменения долготы лунно-го узла, изменения долготы перигея Солнца), то есть $\omega_j \in \Omega_N \subset \Omega_\infty$.

Покажем, что при учете синхронизации в пространственном распределении фаз приливных колебаний в области S необходимо, чтобы выполнялись без исключения все следующие ограничения.

1. Число приливных гармоник N должно быть постоянным для всех точек акватории.
2. Частоты этих N приливных гармоник должны быть одними и теми же для всех точек акватории, то есть должен быть постоянным набор частот Ω_N .
3. Амплитуды приливных гармоник должны быть подобны для любых двух точек акватории, то есть $a_j = c' \cdot a'_j$, для всех j от 1 до N . Здесь $c' = const$ – коэффициент пропорциональности амплитуд приливных гармоник для «штрихованной» точки в S .

4. В двух различных точках акватории разность между начальной фазой ведущей (максимальной по амплитуде) гармоники и некоторой другой должна быть постоянной, то есть $G_k = g_1 - g_k = const, 2 \leq k \leq N$.

Докажем необходимость всех этих ограничений. Для этого нужно показать, что если хотя бы одно из этих ограничений не выполняется, то синхронность приливных колебаний в S нарушается. Критерием выполнимости ограничений является постоянство во времени разности фаз между двумя точками акватории. Тогда как свойство синхронизации приливов будет нарушаться, если разность фаз прилива меняется со временем хотя бы для одной пары точек.

Нахождение явного замкнутого выражения для фазы прилива в некоторой точке $\varphi(t)$ от гармонических параметров N, a_j, ω_j и α_j занимались лучшие математики, например, Ж.-Л. Лагранж, П.-С. Лаплас, Г. Вейль, А.В. И. Арнольд [3]. Дело в том, что эта проблема связана с задачами небесной механики. К сожалению, общего решения пока не получено. Первый шаг состоит в доказательстве справедливости ограничений для суммы двух гармоник $N = 2$, а именно ведущей гармоники с каждой гармоникой из набора. В результате такой процедуры получим $N - 1$ сумму пар гармоник, причем каждая сумма будет представлять собой «почти» гармоническое колебание с медленно меняющейся во времени амплитудой и фазой. Это позволяет применить к двум таким суммам способ доказательства справедливости ограничений, определенный для двух чисто гармонических колебаний. Применяя рекурсивно эту процедуру, будем получать на каждом шаге множество сумм колебаний в количестве на единицу меньшим, чем на предыдущем шаге. Таким образом, за конечное число шагов мы придем к единственному колебательному процессу со свойствами, известными из построения.

Шаг первый. Следуя Г. Ламбу [4], запишем явное выражение для суммы двух приливных гармоник с частотами ω_1 и ω_2 , соответствующими амплитудами a_1, a_2 и начальными фазами g_1, g_2 :

$$h(t) = C(t) \cos \varphi(t), \quad (3)$$

где

$$\varphi(t) = \omega_1 t - g_1 + e(t), \quad (4)$$

$$C(t) = (a_1^2 + 2a_1 a_2 \cos(\chi) + a_2^2)^{1/2}, \quad (5)$$

здесь

$$e(t) = \arctg \frac{a_2 \sin \chi}{a_1 + a_2 \cos \chi}, \quad (6)$$

$$\chi(t) = (\omega_1 - \omega_2)t - g_1 + g_2, \quad (7)$$

Пусть справедливы указанные выше ограничения. Тогда для двух точек акватории можно записать гармонические параметры в виде $\omega_1 = \omega'_1$, $\omega_2 = \omega'_2$, $a_1 = c'a_1$, $a_2 = c'a_2$ и начальные фазы g_1 , $g_2 = g_1 + G_2$ и g'_1 , $g'_2 = g'_1 + G_2$. Подставляя их в выражения (7) и (6), получим:

$$\chi(t) = (\omega_1 - \omega_2)t - G_2 = \chi'(t),$$

$$e(t) = \operatorname{arctg} \frac{a_2 \sin \chi}{a_1 + a_2 \cos \chi} = \operatorname{arctg} \frac{c'a_2 \sin \chi'}{c'a_1 + c'a_2 \cos \chi'} = e'(t).$$

Отсюда разность фаз в этих двух точках будет:

$$\Delta\varphi' = \varphi(t) - \varphi'(t) = g'_1 - g_1 = \operatorname{const}, \quad (8)$$

т. е. при указанных ограничениях разность фаз для двух точек постоянна.

Если хотя бы одно из ограничений не выполняется, то очевидно, что разность фаз будет изменяться во времени. Это следствие того, что фаза суммы приливных гармоник представляет собой фазу ведущей гармоники, возмущенной за счет наличия других гармоник. Эти возмущения довольно сложным образом зависят от частот, амплитуд и начальных фаз. Причем эта зависимость такова, что изменение какого-то типа параметров нельзя компенсировать за счет изменения параметров другого типа, например, изменения в частотах нельзя компенсировать за счет изменения амплитуд или начальных фаз.

Таким образом, доказана необходимость указанных ограничений для суммы двух гармоник.

Шаг второй. Пусть $N > 2$. Пусть гармонические параметры заданы для двух различных точек в S и удовлетворяют указанным выше ограничениям. В соответствии с первым этапом получим для каждой точки сумму из двух сложных гармоник: $h(t)$ и $h'(t)$. Очевидно, что разность фаз для каждой такой пары сумм с одинаковыми индексами будет постоянна. Более того, из выражения (8) следует, что для всех пар сумм эта разность равна $g'_1 - g_1$. Каждая такая сумма будет иметь вид (3).

Сумма двух колебаний вида (3) имеет вид аналогичный (3) – (7), но более громоздкий. Обозначив сумму из двух колебаний вида $h(t)$ (или $h'(t)$) через $s(t)$, запишем:

$$s(t) = A(t) \cos(\Phi(t)), \quad (9)$$

$$A(t) = (C_1^2(t) + 2C_1C_2 \cos \Lambda(t) + C_2^2)^{1/2}, \quad (10)$$

$$\Phi(t) = \varphi_1(t) + \psi(t), \quad (11)$$

$$\psi(t) = \operatorname{arctg} \frac{C_2(t) \sin \Lambda(t)}{C_1(t) + C_2(t) \cos \Lambda(t)}, \quad (12)$$

$$\Lambda(t) = \varphi_1(t) - \varphi_2(t). \quad (13)$$

Пусть для двух точек даны значения вида (9), а именно $s(t)$ и $s'(t)$. Найдем разность фаз между двумя этими колебаниями. По построению разность фаз $\Delta\varphi_1 = \varphi_1(t) - \varphi_1'(t) = g_1' - g_1$, и $\Delta\varphi_2 = \varphi_2(t) - \varphi_2'(t) = g_1' - g_1$. Подставляя эти выражения в формулу (13) получим

$$\Lambda(t) = \varphi_1(t) - \varphi_2(t) = \varphi_1'(t) - \varphi_2'(t) + (\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2) = \varphi_1'(t) - \varphi_2'(t) = \Lambda'(t). \quad (14)$$

Используя выражение (14) и учитывая, что амплитуды $C_*(t)$ и $C'_*(t)$ отличаются на постоянный множитель c' , получим в соответствии с (12), что $\psi(t) = \psi'(t)$. Отсюда заключаем, что разность фаз для $s(t)$ и $s'(t)$ постоянна и имеет значение $g_1' - g_1$. Действительно, имеем

$$\Delta\Phi = \Phi(t) - \Phi'(t) = \varphi_1(t) + \psi(t) - \varphi_1'(t) - \psi'(t) = \varphi_1(t) - \varphi_1'(t) = g_1' - g_1 = \text{const}, \quad (15)$$

т. е. при указанных ограничениях разность фаз колебаний $s(t)$ и $s'(t)$ постоянна.

Если хотя бы одно из ограничений не выполняется, то очевидно, что разность фаз для $s(t)$ и $s'(t)$ будет изменяться во времени.

Таким образом, доказана необходимость указанных ограничений для рекурсивной процедуры определения суммы двух гармоник.

Последующие шаги доказательства сводятся к рекурсивному повторению второго шага. На каждом шаге число колебаний будет уменьшаться на единицу, что в результате приведет к одному колебанию – сумме всех гармоник. При этом на каждом этапе выполнение указанных ограничений будет приводить к постоянству в разности фаз между соответствующими суммами колебаний двух точек.

Следовательно, доказано, что для пространственного согласования приливных колебаний необходимо, чтобы в любой точке акватории S выполнялись одновременно все вышеуказанные четыре условия. В противном случае пространственное распределение фазы прилива во времени должно проявлять хаотическую динамику, что отрицает свойство пространственной синхронности приливов, наблюдаемую в реальности.

Отметим, что приведенный набор ограничений на гармонические параметры приливов неполон. Например, в работе [5] автором показано, что по кинематическим причинам недопустимо, чтобы все начальные фазы приливных гармоник для некоторой точки принимали значения нуль и/или π . Представляется, что в будущем будут найдены другие группы каких-либо соотношений, которые определяют возможные значения приливных параметров.

Из сказанного можно сделать следующий вывод. Приливные колебания на акватории Мирового океана могут быть районированы по критерию равенства гармо-

нических параметров. Действительно, вследствие указанных ограничений все точки однородного по приливам района акватории должны иметь одни и те же значения гармонических параметров N , Ω_N , $\{G_j\}_2^N$, и для всей области можно построить карты распределения $c(\lambda, \varphi)$, и $g_1(\lambda, \varphi)$, где λ и φ – долгота и широта, соответственно. Очевидно, карты распределений $c(\lambda, \varphi)$ и $g_1(\lambda, \varphi)$ представляют собой известные приливные карты для ведущей гармоники. Чаще всего это приливные карты для гармоники M_2 . Последние всегда служили основой для анализа пространственного распределения приливных колебаний.

Бесспорно, что практические вычисления приливных параметров по точечным наблюдениям за изменениями уровня моря будут приводить к погрешностям. Необходимо установить, какие величины в погрешностях допустимы. Кроме того, возникает вопрос о допустимых изменениях гармонических постоянных при переходе между двумя акваториями с различными наборами гармонических параметров. Это вопросы для будущих исследований.

Представляется, что показанные ограничения могут быть использованы при разработке методов оценки качества и достоверности вычисления гармонических параметров методом гармонического анализа приливов, при совершенствовании собственно метода гармонического анализа приливов с учетом пространственной согласованности приливов и при реализации задач предвычисления приливов на открытых акваториях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова Е. В. Исследование амфидромических систем на акваториях Горла Белого моря и Амурского лимана. Диссертация на соискание ученой степени канд. геогр. н. – М.: 2003. – 140 с.
2. Cartwright D. E. Tides. A Scientific History. – Cambridge, University Press., 2000. – 292 pp.
3. Арнольд В. И. Математическое понимание природы. – М.: МЦНМО, 2009. – 144 с.
4. Ламб Г. Гидродинамика. Том 1. – Москва – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. – 452 с.
5. Жуков Ю. Н. Кинематический анализ приливов для обеспечения прикладных задач морской деятельности России // Труды ГОИН'а, вып. 213. Исследование океанов и морей М.: 2011. Докл. Первой Всероссийской конференции по прикладной океанографии (26–28 октября 2010 г.). С. 135–143.

LIMITATION FOR POSSIBLE VALUES OF HARMONIC PARAMETERS OF TIDES

Y. N. Zhukov («GNINGI» OJSC)

In the theory of the harmonic analysis of tides, there is no definition of any limitation for harmonic constants values for various points located within one water area. It is shown that such limitations do exist. They are revealed due to the existence of synchronization of the tidal variations for the water area space.

УДК 528.92

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ДЕРЕВА КРОНРОДА-РИБА

Ю. Н. ЖУКОВ
(ОАО «ГНИНГИ»)

Традиционные алгоритмы построения дерева Кронрода-Риба для рельефа основаны на использовании изогипс, построенных для гладкой поверхности рельефа. Дается алгоритм построения дерева Кронрода-Риба, использующий дискретное описание рельефа в виде клеток Морса-Смейла.

Повышение интенсивности добычи полезных ископаемых и повышение тоннажности судов, осуществляющих перевозки в зоне шельфа, увеличивают требования к качеству карт подводного рельефа дна. Основным источником измерений о глубинах становятся многолучевые эхолоты. Все это требует применения автоматизированных методов обработки большого набора информации о глубинах для качественного отображения форм подводного рельефа на картах.

Для автоматизации обработки данных многолучевым эхолотом на компьютере необходимо строго формальное (математическое) описание формы рельефа дна. В работе автора [1] было показано, что наиболее адекватное математическое описание форм рельефа связано с использованием топологических методов и, в частности, с использованием математической структуры – дерева Кронрода-Риба.

Понятие дерева Кронрода-Риба является частью теории Морса [1]. Эта структура обеспечивает связь между двумерной непрерывной поверхностью рельефа и одномерным (дискретным) ее формальным представлением. Дерево Кронрода-Риба широко используется в различных областях компьютерного представления различных геометрических форм и последующей визуализации. Существует обширная литература, в которой излагаются различные варианты применения дерева Кронрода-Риба и алгоритмы его построения [2–4].

Для картографического образа рельефа как функции Морса типичным описанием построения дерева Кронрода-Риба служит представление дерева контуров – изолиний высот [5]. В этом представлении вначале находятся критические точки рельефа: точки минимума, максимума и седловые. Между двумя последовательными по высоте критическими точками проводится горизонтальное сечение, разбивающее поверхность рельефа. Затем на основе этих разбиений строится дерево связей между критическими точками – дерево Кронрода-Риба. Пример такого построения приведен на рис. 1.

Дерево Кронрода-Риба можно использовать для упрощения рельефа (генерализации), сравнения двух представлений одного участка рельефа, для сжатия данных о рельефе, в алгоритмах быстрой визуализации и при решении многих других задач в больших размерностях пространства [2–5].

Основное характеристическое свойство дерева Кронрода-Риба состоит в том, что две критические точки соединяются ребром на дереве Кронрода-Риба тогда и

только тогда, когда существует монотонный гладкий путь на поверхности рельефа, который соединяет эти точки и не пересекает критических слоёв (кроме своих концов). Кроме того, структурно дерево Кронрода-Риба представляется конечным множеством критических точек, в котором точки соответствующие максимумам и минимумам являются листьями дерева, каждая такая точка имеет одно ребро связи с точкой, соответствующей седлу. Каждая точка, соответствующая седлу, является внутренней вершиной дерева, и такая точка имеет три ребра. Необходимым условием построения дерева Кронрода-Риба является обязательное отсутствие дублей в координатах и высотах критических точек. Соотношение Эйлера для дерева Кронрода-Риба: $Max + Min = 2Sadle + 2$ – для земного шара, $Max + Min = 2Sadle + 1$ – для ограниченного участка поверхности земного шара. Здесь Max – число локальных максимумов, Min – число локальных минимумов, $Sadle$ – число седел вершины графа.

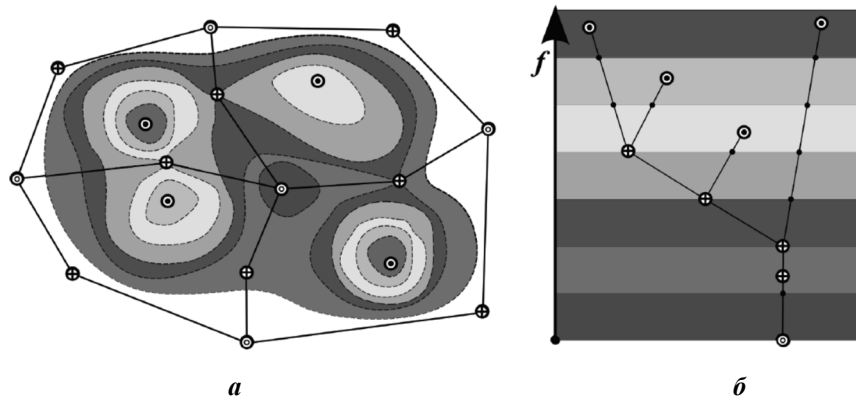


Рис. 1. Иллюстрация построения дерева Кронрода-Риба (б) в виде дерева изолиний высот (а)

Проблема автоматизации построения дерева Кронрода-Риба состоит в том, что необходимо вычислять изолинии равных высот, секущих поверхность рельефа, и искать вложенность областей на различных уровнях сечения. На высоты сечений накладываются жесткие условия: ни одна из критических точек не должна лежать в плоскости некоторого сечения, и две последовательные по высоте критические точки должны быть разделены некоторым сечением. Для выполнения этих условий необходимо заранее вычислить положения критических точек. В компьютере гладкая поверхность рельефа представляется в дискретном виде. Автоматизированное вычисление критических точек для гладкой поверхности по дискретным данным становится невыполнимой задачей, так как для их определения необходимо применять операцию численного дифференцирования, которая является некорректной математической задачей (по Адамару) [6]. Дело в том, что из факта близости значений измеренных глубин к истинным их значениям не следует, что вычисленные и «истинные» производные (дифференциалы) будут близки даже при большой плотности точек измерений глубин.

Поэтому алгоритм вычисления дерева Кронрода-Риба должен базироваться на алгоритмах, не требующих вычисления дифференциальных выражений. Этого можно достичь, если воспользоваться представлением рельефа как непрерывной функцией

Морса в виде топологически тождественной ей дискретной функции Морса. Это тем более естественно, так как высоты поверхности рельефа S в ЭВМ обычно хранятся в виде высот h_{ij} в дискретных точках с координатами x_{ij} и y_{ij} . Таким образом, заданное множество высот, описывающее рельеф, например, множество глубин, измеренных многолучевым эхолотом, представляет собой дискретную функцию Морса. Эта функция не единственная для заданного множества глубин. Однако для такого множества единственным будет векторное поле дискретной функции Морса. Это векторное поле можно вычислить, применяя только комбинаторные алгоритмы. Используя такое векторное поле можно найти все критические точки и сепаратрисы (линии гребней и тальвегов), которые образуют клетки Морса-Смейла для дискретной функции Морса. В результате мы получили отображение двумерного рельефа в одномерную сеть клеток Морса-Смейла. Эта процедура описана в работе [7].

На выходе алгоритма вычисления векторного поля дискретной функции Морса получают сеть клеток Морса-Смейла. Заметим, что сеть клеток Морса-Смейла представляет собой орграф $G = (P, s)$, вершинами которого являются тоже критические точки P , а ребрами – сепаратрисы s . Пусть множество критических точек поверхности представлено в виде структуры P с полями, описывающими тип $P.type$ критических точек – локальный минимум (далее – минимум), локальный максимум (далее – максимум) и седло, и структуры s с полями, описывающими сепаратрисы, соединяющие критические точки. Структура s содержит поле $s.maxSadle$ – упорядоченный список треугольников, описывающих гребни и соединяющих максимумы и седла, поле $s.Sadlemin$ – упорядоченный список ребер триангуляции, описывающих гребни и соединяющих седла и минимумы. Таким образом, на графе G задано направление от максимумов к седлам, а от седел к минимумам.

Эти структуры являются входной информацией для алгоритма вычисления дерева Кронрода-Риба. Первоначально необходимо выполнить несколько процедур преобработки этих данных, а именно:

1. Дополнить структуру P полем высоты $P.h$ и вычислить высоты критических точек; минимуму приписывается высота точки минимума, максимуму – максимальная высота среди высот углов треугольника, образующего дискретный максимум, а седлу – средняя высота из высот концов ребра, образующего дискретное седло.
2. Дополнить структуру P полями координат критических точек $P.x$ и $P.y$ и вычислить координаты критических точек; минимуму приписываются координаты точки минимума, максимуму – координаты максимальной высоты среди высот углов треугольника, образующего дискретный максимум, а седлу – координаты середины ребра, образующего дискретное седло.
3. Проверить отсутствие дублей высот в структуре $P.h$.
4. Отсортировать структуру P по убыванию высоты.

Представляется, что эти процедуры элементарны и стандартны, чтобы более детально их описывать. Для более детального знакомства с алгоритмической терминологией теории графов и орграфов можно обратиться к соответствующей обширной литературе, например, [8].

Теперь опишем алгоритм вычисления дерева Кронрода-Риба.

Вход:

1. Массивы координат x_{ij} и y_{ij} поверхности S ;
2. Массив высот h_{ij} поверхности S ;
3. P – структура упорядоченных по уменьшению высот критических точек и с отсутствием дублей высот.

Инициализация:

1. **Let** $K \leftarrow$ число критических точек в структуре P .
2. **Let** $F \leftarrow [false]_1^K$ – логический одномерный массив флагов обработки критической точки, длина F равна K ; значение *false* – соответствует тому, что критическая точка может быть использована для построения дерева Кронрода-Риба;
3. **Let** *ReebGraph* – пустая структура, индексированная критическими точками, орграфа Кронрода-Риба для поверхности S с функцией Морса $P.h$;
4. **Let** *cross_h* = $[\infty, P(2).h, \dots, P(k).h, \dots, P(K).h, -\infty]$ – одномерный массив уровней горизонтальных сечений поверхности S .

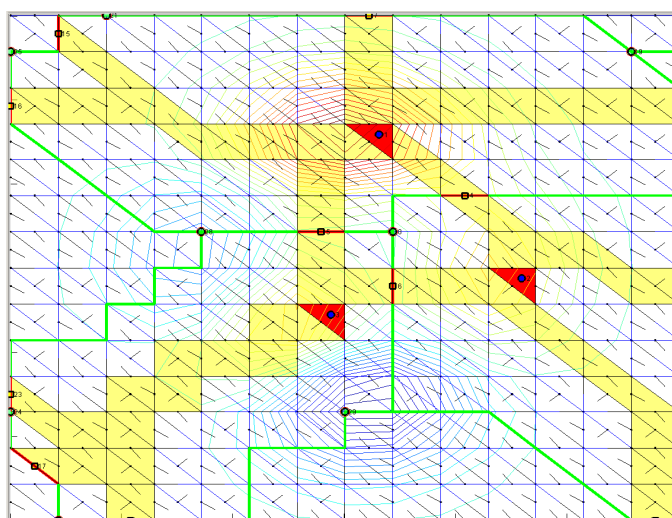
Выполнение:

```

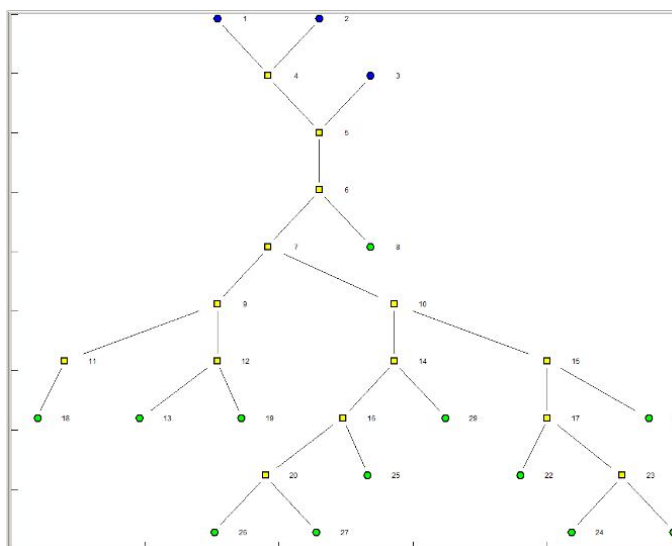
for k = 2 to K do
    if  $P.h(k).type$  является максимумом then
        continue
    end if
     $I = find(F(1 : k - 1) == 0)$ 
    while  $\sim isempty(I)$ 
        if  $\sim isCicleGraph(ReebGraph, I(1), k)$ 
             $cross = [cross\_h(k - 1), cross\_h(k + 1)]$ 
            if
                 $isPointsLo caletedRegion(x_{ij}, y_{ij}, h_{ij}, cross, P(I(1)).x, P(I(1)).y, P(k).x, P(k).y)$ 
                    В ReebGraph создать связь между вершиной  $I(1)$  и  $k$ .
                     $F(I(1)) \leftarrow isFinished(P(I(1)).type, ReebGraph, I(1))$ 
                     $F(k) \leftarrow isFinished(P(k).type, ReebGraph, k)$ 
                     $c = ComputeIndexVertexUp(ReebGraph, k)$ 
                    if  $P.h(k).type$  является седлом &  $c == 2$  then
                        continue
                    end if
                    if  $P.h(k).type$  является минимумом &  $c == 1$  then
                        continue
                    end if
                end if
            end if
            Удалить  $I(1)$  из  $I$ 
        end while
    end do
Return ReebGraph

```

Пример вычисления по этому алгоритму представлен на рис. 2.



a



б

Рис. 2. Исходные данные (а) и визуализация результата (б) вычисления по алгоритму вычисления дерева Кронрода-Риба (объяснение – в тексте)

На рис. 2 а представлен график изолиний функции, дискретное векторное поле на ее триангуляции, максимумы (тёмные треугольники), минимумы (серые точки), седла (тёмные ребра), гребни (серые треугольники), тальвеги (светло-серые ребра), цифрами даны упорядоченные номера критических точек по убыванию высоты. На рис. 2 б показано дерево Кронрода-Риба для функции (рис. 2 а), максимумы – темные точки, минимумы – серые точки, седла – светлые квадраты, цифрами даны упорядоченные номера критических точек по убыванию высоты.

В этом алгоритме используются четыре процедуры. Поясним их назначение. Процедура $isCicleGraph(ReebGraph, I(1), k)$ проверяет, есть ли в орграфе $ReebGraph$ какой-либо путь из вершины с индексами, лежащими в интервале между 2 и $I(1) - 1$ включительно, в вершину с индексом $I(1)$. Если такой путь существует, то возвращается значение $true$. В противном случае возвращается $false$. Процедура $isFinished(P(a).type, ReebGraph, a)$ проверяет завершение обработки критической точки a . В процедуре вычисляется общее число ребер, входящих и исходящих из вершины a . Если вершина соответствует максимуму или минимуму, то при наличии одного ребра возвращается $true$ и $false$ при отсутствии ребер. Если вершина соответствует седлу, то при наличии трех ребер возвращается $true$ и $false$ в противном случае. Процедура $isPointsLocalRegion(x_{ij}, y_{ij}, h_{ij}, cross, P(I(1)).x, P(I(1)).y, P(k).x, P(k).y)$ осуществляет поиск множества областей в S , лежащих строго между двумя уровнями $cross = [cross - h(k - 1), cross + h(k + 1)]$, и определением такой области среди этого множества, в пространстве которой одновременно лежат координаты двух критических точек $I(i)$ и k . Эта процедура возвращает $true$, если такая область существует. В противном случае возвращается $false$.

Процедура $c = ComputeIndexVertexUp(ReebGraph, k)$ возвращает число ребер, входящих в вершину k орграфа $ReebGraph$.

Изложенный алгоритм отличается от известных тем, что не использует непрерывного представления поверхности рельефа для выявления критических точек. Он базируется только на использовании структур в виде графов и комбинаторных алгоритмах на деревьях. Корректность вычисления на ЭВМ определяется способом выявления связи между смежными по высоте двумя критическими точками. Представленный алгоритм приложим как к множеству регулярно расположенных в плоскости точек координат (гридов), так и к произвольно расположенным точкам. Естественно, что результатом вычисления по алгоритму является структура $ReebGraph$, например, в виде разреженной матрицы. Чтобы ее визуализировать, как, например, представлено на рис. 2, необходимо к этой структуре применить алгоритмы визуализации деревьев. С этими алгоритмами можно ознакомиться в работе [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков Ю. Н. Математические инструменты описания картографического отображения рельефа Земли // Навигация и гидрография. – 2011. – №32. – С. 60–69.
2. Debard J-B., Min H. S. A Fast Algorithm for Computing Reeb Graph of 2-Manifold // Submission for Geometric Modeling and Processing. – January 2006. P. 1–13.
3. Carr H. A Topological Manipulation of Isosurfaces. Thesis Submitted In partial fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (Department of Computer Science) in The Faculty of Graduate Studies. The University of British Columbia. – April, 2004. – 224 p.
4. Doraiswamy H., Natarajan V. Efficient algorithms for computing Reeb graphs // Computational Geometry: Theory and Applications. No 42. – 2009. – P. 606–616.
5. Doraiswamy H., Natarajan V. Computing Reeb graphs as a union of contour trees // IEEE Vis, Poster. – 2011. – P. 1–2.

6. Шилов Г. Е. Жак Адамар и формирование функционального анализа: Выступление на мемориальном заседании Московского математического общества 10 марта 1964 г. // Успехи математических наук. – 1964. – Вып. 19. – №3. – С. 183–185.
7. Жуков Ю. Н. Автоматизированный метод вычисления линий водоразделов и тальвегов // Навигация и гидрография. – 2013. – № 35. – С. 58–64.
8. Рейнгольд Э., Нивергельт Ю., Део Н. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика. – М.: Мир, 1980. – 476 с.
9. Касьянов В. Н., Евстигнеев В. А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.

ALGORITHM OF THE AUTOMATED CONSTRUCTION OF THE KRONROD-REEB TREE

Y. N. Zhukov («GNINGI» OJSC)

The traditional algorithms for constructing the Kronrod-Reeb tree for the relief are based on employment of the isohypses constructed for the differentiable relief surface. The algorithm for constructing the Kronrod-Reeb tree using the discrete description of the relief in the form of Morse-Smale cells is presented.

УДК 656.6:528

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДНА ПО ЭЛЕКТРОННЫМ НАВИГАЦИОННЫМ КАРТАМ

Л. Д. ЯСТРЕБОВ, А. Г. КАРМАНОВ
(Университет ИТМО)

В статье показана практическая необходимость автоматического построения изобат, рассмотрены проблемы использования сечений поверхности в качестве изобат. Приведено описание предлагаемого алгоритма, позволяющего автоматически строить изобаты на электронных навигационных картах и по данным промеров глубин с учётом заданных отклонений по глубине и других параметров.

Введение

Задача построения поверхности морского дна обладает несомненной важностью для океанографии, гидрологии, для моделирования движения судов и подводных лодок и пр. Проще всего для этих целей использовать результаты промеров глубин, однако зачастую их оказывается недостаточно. При этом существует набор официально изданных электронных навигационных карт (ЭНК), полностью покрывающих Мировой океан, но в явном виде использовать эти данные невозможно по целому ряду причин.

Для решения обозначенной выше проблемы автором было проведено исследование, целью которого являлась разработка алгоритма подготовки данных, который бы давал возможность получить по ЭНК непротиворечивый набор данных, позволяющий построить непрерывную поверхность.

Под непротиворечивым набором данных будет пониматься совокупность точек, линий и полигонов, в которой каждой точке горизонтальной плоскости соответ-

ствует лишь одно значение уровня, и это значение не противоречит корректным данным ЭНК на всей плоскости, за исключением служебных областей.

В свою очередь, под корректными данными ЭНК подразумеваются те, которые соответствуют стандарту и введены без ошибок, а под служебными областями понимаются области пренебрежимо малых площадей, необходимые для согласования перепадов уровней.

1. Анализ проблемы

1.1. Структура исходных данных

В качестве источника данных используются карты в формате S-57 (далее S-57), описанном в Стандарте обмена цифровыми гидрографическими данными Международной Гидрографической Организации № S-57 [1].

Информация о рельефе дна представлена в виде точечных данных промеров глубин, изобат, областей фиксированной глубины (*DRGARE*), областей земли (*LNDARE*), областей глубин (*DEPARE*) [2]. Под областью глубины в данном случае понимается область, в каждой точке которой $DRVAL2 < h < DRVAL1$, где *DRVAL2* и *DRVAL1* – минимальный и максимальный уровни данной области, *h* – уровень в точке.

Согласно стандарту вся область данных карты должна быть покрыта набором неперекрывающихся областей следующих типов, так называемых объектов первой группы: *LNDARE*, *DEPARE*, *DRGARE*, различные запрещённые для навигации области [3]. В соответствии с вышесказанным геометрические данные имеют векторно-топологическое представление.

1.2. Постановка проблемы

В ходе анализа автор выявил следующие проблемы, препятствующие построению непрерывной поверхности, адекватной моделируемой области:

- *LNDARE* может иметь общие точки с ненулевыми изобатами, *DEPARE* – с ненулевыми *DRVAL1*, *DRGARE*;
- разноуровневые изобаты могут состыковываться в одной точке;
- диапазоны уровней двух соседних *DEPARE* могут не иметь общих уровней;
- уровень на границах карты или запрещённых областей не определён;
- в *DEPARE* могут присутствовать несоответствующие точки глубин.

2. Предлагаемый алгоритм

2.1. Подготовка точечных данных

Основной проблемой точечных данных является выход уровня точки h_p за границы диапазона соответствующей *DEPARE*, т. е. $h_p < DRVAL2 \vee h_p > DRVAL1$. Такие точки могут сильно повлиять на готовую поверхность, но при этом значение уровня точки либо ошибочно, либо носит сугубо локальный характер, поэтому принято решение удалять такие точки.

2.2. Подготовка полигональных данных

Из полигональных областей явную информацию об уровне дают только *LNDARE* и *DRGARE*, но использованию их в явном виде препятствует частое наличие у этих областей общих точек (рис. 1).

В качестве метода разрешения конфликта уровней в точке автором предлагается организация служебных областей перехода между областями. Для этого исходная точка сдвигается на величину ширины служебной области внутрь полигона.

Описанный подход показан на рис. 2. Точки 1, 2 и 3 соответствуют исходным точкам карты. Точка 5 сдвинута внутрь полигона, точки 1 и 4 сдвинуты вдоль границы.

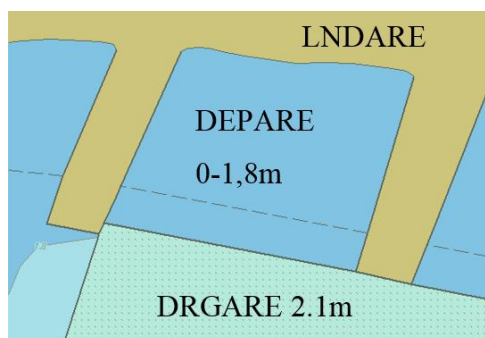


Рис. 1. Конфликт уровней

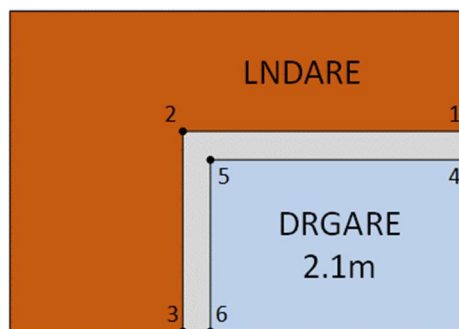


Рис. 2. Обработка полигонов

2.3. Подготовка линейных данных

Линейные данные формируются с учётом всех оставшихся видов пространственных данных ЭНК, основой для них являются области глубин.

Определим кусочно-заданную функцию $FitLevel(x)$ для диапазона глубин, гарантированно возвращающую подходящее к диапазону значение:

$$FitLevel(x) = \begin{cases} DRVAL1, & x > DRVAL1 \\ x, & x < DRVAL1 \wedge x > DRVAL2 \\ DRVAL2, & x < DRVAL2 \end{cases}$$

Эта функция даёт возможность адаптировать любое значение уровня к диапазону глубин соответствующей DEPARE.

Упрощённая схема предлагаемого алгоритма подготовки базисных линий представлена на рис. 3. Схема требует ряда пояснений.

На фигуре 1 схемы представлен этап построения триангулированной поверхности (подробнее см. в работе [4]) по данным, изначально подходящим для использования, таким как LNDARE, изобаты и точечные глубины.

На фигуре 2 показана итерация по всем контурам DEPARE, на фигуре 3 – по всем точкам текущего контура.

На фигуре 13 показано смещение текущей точки внутрь DEPARE на заданное незначительное расстояние для образования служебной зоны.

На этапе 20 строится вертикальное сечение поверхности, созданной на этапе 1. Получившаяся трёхмерная полилиния представляет собой фрагмент трёхмерной границы.

На блоке 24 показана операция выполнения разводки точки, которая продемонстрирована на рис. 4. Точки от DEPARE1 и DEPARE3 в результате операции сдвинуты внутрь, а точка от DEPARE2 разделена на две, каждая сдвинута вдоль соответствующего сегмента, и каждой присвоен уровень, соответствующий соседней DEPARE. Такая разводка позволяет корректно согласовать уровни соседних DEPARE.

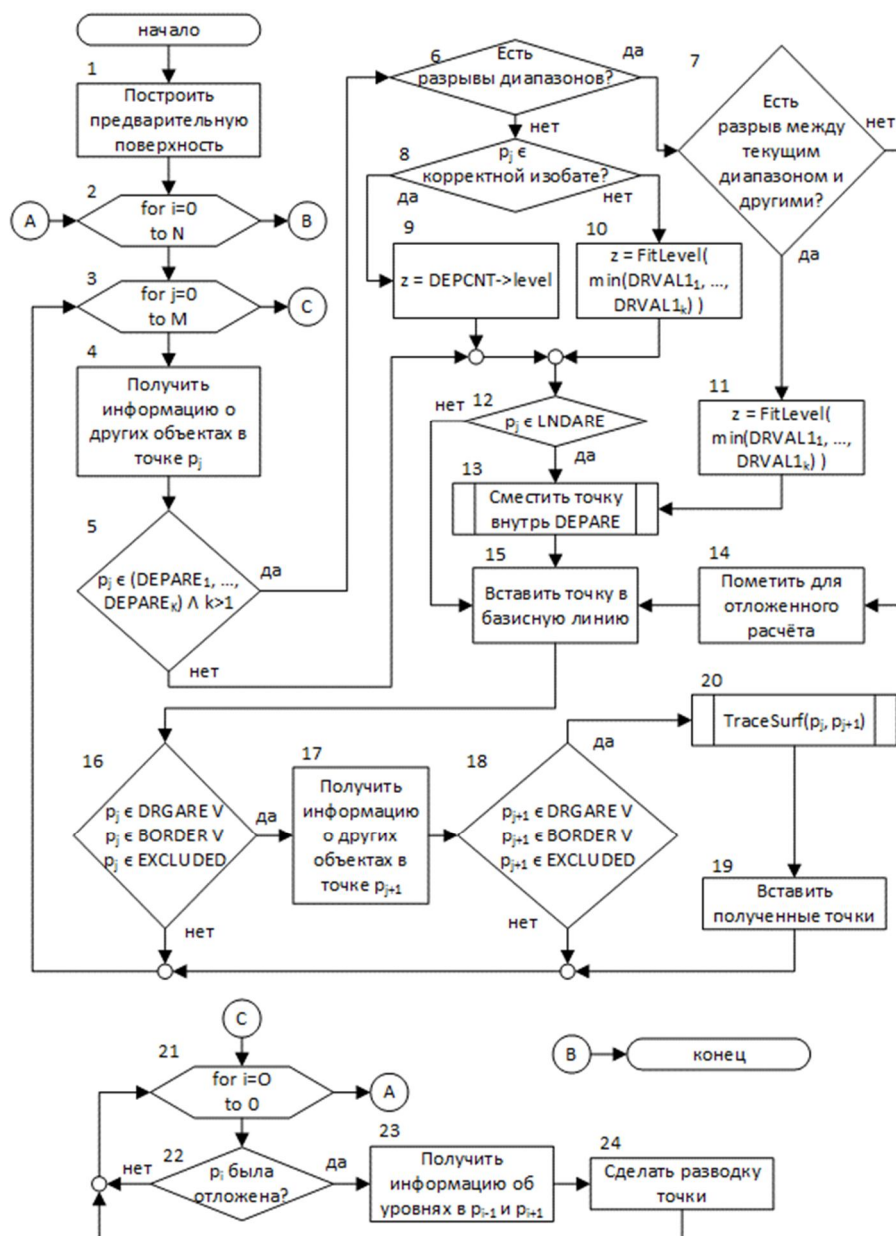


Рис. 3. Подготовка линейных данных

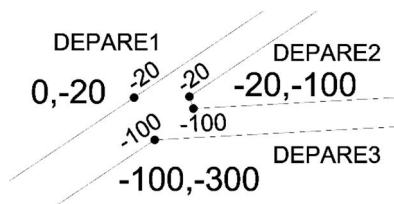


Рис. 4. Результат разводки точки

В итоге получается набор линий, в каждой точке которых уровни находятся в диапазоне уровней соответствующих *DEPARE* благодаря использованию функции *FitLevel(x)*. Помимо этого, происходит определение трёхмерных границ, а также решаются остальные вышеописанные проблемы.

3. Экспериментальная проверка алгоритма

Для экспериментальной проверки алгоритма была написана программа на языке C++. Объём авторского кода, приведённого выше алгоритма, составил около 2000 строк, общий объём задействованного кода (за исключением стандартных библиотек) – десятки тысяч строк. В качестве источника данных было использовано около 8000 официально изданных карт формата S-57.

Рассмотрим пример работы алгоритма на конкретной ситуации (рис. 5).

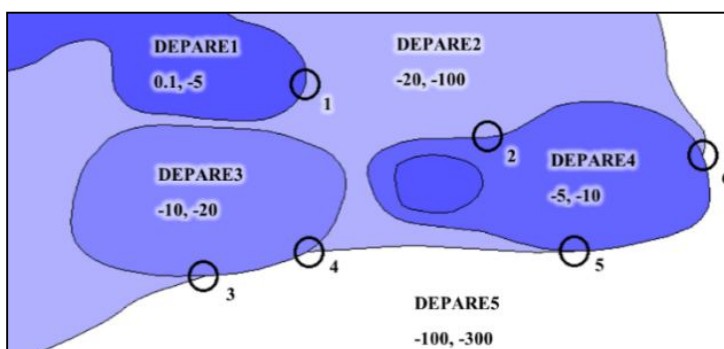


Рис. 5. Расположение *DEPARE* на карте CA173289

На рисунке мы видим, что почти все маркированные *DEPARE* имеют разрывы в диапазонах глубин со своими соседями. Если не использовать разводку точек, а в каждой точке выбирать какое-то одно значение, то картина сечений от 0 до 100 м будет выглядеть как на рис. 6. Видно, что сечения с уровнем $h \gg -100$ м попадают в DEPARE5 [-100, -300].

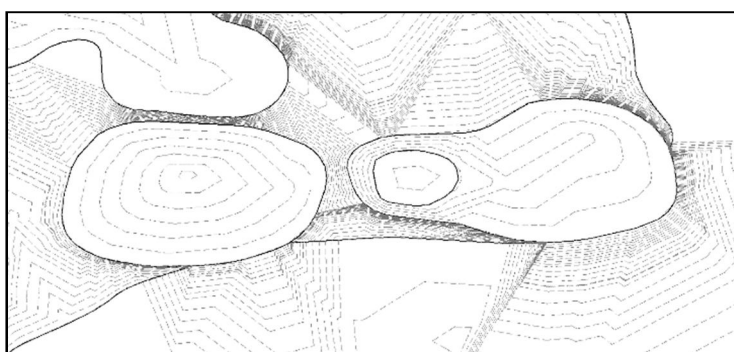


Рис. 6. Конфигурация сечений по данным без разводки точек

Если же использовать описанный выше алгоритм, то конфигурация сечений будет несколько иной, что показано на рис. 7.

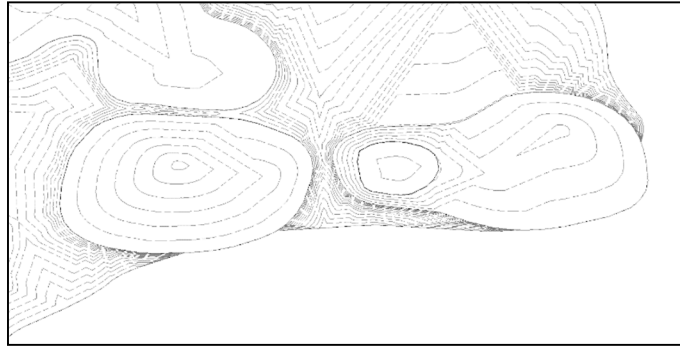


Рис. 7. Конфигурация сечений по данным с разводкой точек

Таким образом, все сечения соответствуют диапазонам тех *DEPARE*, на площади которых они проведены, за исключением вышеописанных служебных зон перехода. Также можно отметить, что при работе с картой на её номинальном масштабе служебные зоны визуально отсутствуют.

Другим ярким примером является поведение алгоритма на границах карты или на границах с *DRGARE* или исключёнными областями.

На рис. 8 *а* представлен фрагмент исходной карты *US6MI69M*. На рис. 8 *б* изображено положение изобат в том случае, если считать *DRGARE* частью рельефа, а на рис. 8 *в* показано корректное расположение изобат.

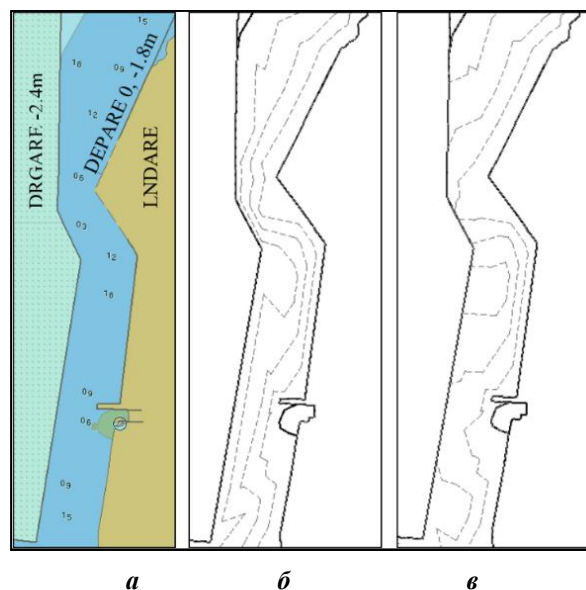


Рис. 8. Обработка *DRGARE*

На обработку карты с количеством точек более 100 000 уходит 5 секунд (процессор Intel Core i7-2600K 3.4GHz), что является хорошим результатом.

Выводы

Представленный алгоритм позволяет в автоматическом режиме получать корректный набор данных для построения непрерывной поверхности, практически полностью соответствующей данным ЭНК. При этом алгоритм способен самостоятельно разрешать пространственные конфликты в данных ЭНК, такие как конфликт уровней в точке, а также обрабатывать случаи недостаточности, избыточности или некорректности исходных данных.

В настоящее время алгоритм используется как начальный этап для автоматической генерации дополнительных изобат для карт, что уже позволяет автоматически прокладывать маршруты для судов с большой осадкой, шивать карты с разными наборами изобат, а также упрощать визуальное выявление морфологических особенностей рельефа дна.

ЛИТЕРАТУРА

1. IHO transfer standard for digital hydrographic data // International Hydrographic Organization. URL: http://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-57Ed3.1/31Main.pdf
2. IHO transfer standard for digital hydrographic data, Appendix A // International Hydrographic Organization. URL: http://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-57Ed3.1/31ApAch1.pdf
3. IHO transfer standard for digital hydrographic data, Appendix B // International Hydrographic Organization. URL: http://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-57Ed3.1/20ApB1.pdf
4. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.

PREPARATION OF DATA FOR CONSTRUCTING THE SEAMLESS BOTTOM SURFACE USING THE ELECTRONIC NAVIGATION CHARTS

L. D. Yastrebov, A. G. Karmanov (St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics)

The practical necessity for the automatic construction of the isobaths is shown. The problems of using the sections of the surface as isobaths are considered. The suggested algorithm that enables to construct automatically the isobaths on the electronic navigation charts is described. This algorithm can also be used to construct the isobaths using the depth measurement data, taking the set variations in depth and other parameters into account.

УДК 623.978

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОЛОКАЦИОННОГО ПОИСКА
ДОННЫХ ОБЪЕКТОВ****Н. А. НЕСТЕРОВ**
(Институт Озероведения РАН)

В статье рассматриваются некоторые аспекты технологии гидролокационного поиска донных объектов. Отмечается, что современные гидролокационные средства являются эффективными средствами поиска и обследования донных объектов, в том числе заиленных и находящихся в грунте. Результативность поисковых операций во многом определяется технологией использования аппаратуры. Немаловажное значение играют также подробные сведения о физических характеристиках объектов поиска и физико-географических условиях района поиска.

Современное развитие гидроакустической техники и её носителей (автономных, буксируемых и привязных подводных аппаратов) позволяют ставить и успешно решать задачи поиска и обследования донных, в том числе и заиленных, протяжённых и точечных объектов на достаточно больших глубинах. Как отмечается в руководстве [1], «Вооружённые силы часто требуют обнаружения объектов более мелких и на больших глубинах, чем это требуется для обеспечения безопасности мореплавания, например, обнаружения объектов размерами 0,5 м на континентальном шельфе на глубинах до 200 м. Силам противоминной войны, при использовании специальных средств, ставятся задачи обнаружения и классификации даже более мелких объектов...».

Очевидно, что и для решения специфичных задач ВМФ в настоящее время требуется обнаружение таких же мелких по размеру объектов и на тех же глубинах.

Основными составляющими, определяющими эффективность поисковых операций, несомненно, можно считать применяемые технические средства и отработанные способы и технологию их использования. Но немаловажное значение играют также подробные сведения о физических характеристиках объекта поиска и физико-географических условиях района поиска. Очевидно, что чем больше имеется сведений об объекте поиска, тем выше вероятность его нахождения и идентификации на фоне множества других похожих контактов, получаемых поисковой аппаратурой. Кроме того, тщательный анализ данных об объекте и физико-географических характеристиках района поиска позволяют провести оптимальный выбор технических средств, спланировать и провести поиск и обследование, принимая во внимание, что интенсивность отраженного сигнала определяется физическими характеристиками донного грунта и предметов на нем, а также ракурса обзора искомого объекта.

Поэтому при планировании и проведении операций поиска и обследования заиленных протяжённых и точечных объектов должен решаться и ряд следующих взаимосвязанных задач.

1. Анализ объекта поиска и его состояния (массогабаритные характеристики, наличие электромагнитного излучения, демаскирующие факторы, нахождение на грунте, в нём или в заиленном состоянии и т. п.) и физико-географических характеристик района поиска (глубины, рельеф и грунт дна, степень заиливания, скорость и направление придонных течений, гидрологические данные и т. д.).

2. Определение оптимальных технических средств навигации, поисково-обследовательской аппаратуры и их носителей для данной поисковой операции.

3. Выбор, а при необходимости и разработка новых, и применение эффективных способов и технологий проведения поиска и обследования объектов и обработки полученной информации.

Вероятность обнаружения объекта зависит от его характеристик: размера, формы, материала, расположения на дне и степени заиливания или глубины залегания в грунте. Так, объекты, полностью замываемые в грунт, вряд ли могут быть обнаружены многолучевыми эхолотами (МЛЭ) или гидролокаторами бокового обзора (ГБО). Также с помощью МЛЭ и ГБО сложно отличить немагнитные объекты поиска от подобных им по размерам и форме других естественных или искусственных объектов (камней, обломков скал, пластиковые бочки и тара и т. п.). Это является значительным недостатком, который следует учитывать, проводя для идентификации объекта дообследование техническими средствами, работающими на иных физических принципах (магнитометрическими, оптическими и пр.).

Среди поисковых систем наибольшей дальностью действия обладают ГБО. Они используются с надводных и подводных носителей как в стационарном виде (установка непосредственно на корпусе судна), так и в варианте буксировки на некоторой высоте от грунта. Дальность действия ГБО является функцией рабочей частоты излучения, которая, в свою очередь, определяет разрешающую способность по азимуту, т. е. в направлении, перпендикулярном распространению зондирующих посылок. Чем лучше разрешающая способность ГБО, тем выше рабочая частота излучения и тем меньше дальность действия. Полезную дальность действия ГБО снижают многие факторы (помехи в передаче и приеме, интерференция с излучением другой гидроакустической аппаратуры источниками шумов, условия распространения звука в воде, ограничения по записи и т. п.).

Преимущество установки ГБО непосредственно на корпусе судна в точном определении положения антенны ГБО и, соответственно, места полученного контакта. Установка на корпусе также обеспечивает свободу маневрирования судна. Однако проявляются воздействие судовых помех, влияние помех от работы других гидроакустических средств, например, от многолучевых эхолотов, а также невозможность заглубления гидролокатора на оптимальную глубину обследования. Стационарные ГБО предпочтительны для решения задач обеспечения безопасности мореплавания при использовании на небольших глубинах (до 40 м) особенно в районах с резким расчленением рельефа дна.

Основное предназначение МЛЭ – площадная съёмка рельефа дна с достаточно большой подробностью данных. В некоторых случаях, например на небольших глубинах, судовые МЛЭ по своим поисковым возможностям вполне конкурируют с гидролокаторами бокового обзора.

Очевидно, что найти и идентифицировать малоразмерные объекты на сложных сильно расчленённых участках дна с увеличением глубины становится сложнее. Поэтому для достижения максимальной результативности целесообразно применение

принципа приближения средств поиска и обследования непосредственно к объекту поиска. То есть для повышения поисковых возможностей (увеличения подробности обзора донной поверхности) целесообразно использовать ГБО с надводных в буксируемом варианте и подводных носителей на небольшом и желательно постоянном отстоянии от дна. Буксируемые ГБО в этом случае также имеют определённые преимущества, связанные с удалением от судовых шумов и помех. Однако они становятся слабо управляемыми и маневренными как по высоте движения над грунтом, так и по направлению. Значительными недостатками являются сложность в определении точного места ГБО и его ориентации в пространстве.

В вертикальной плоскости характеристика направленности антенны современных ГБО имеет ширину около 50° с осью отклонённой от горизонтали вниз на 10° , поэтому под БУ имеется зона, которая находится вне основного излучения (см. рисунок). Размер зоны обусловлен высотой буксировки ГБО над дном.

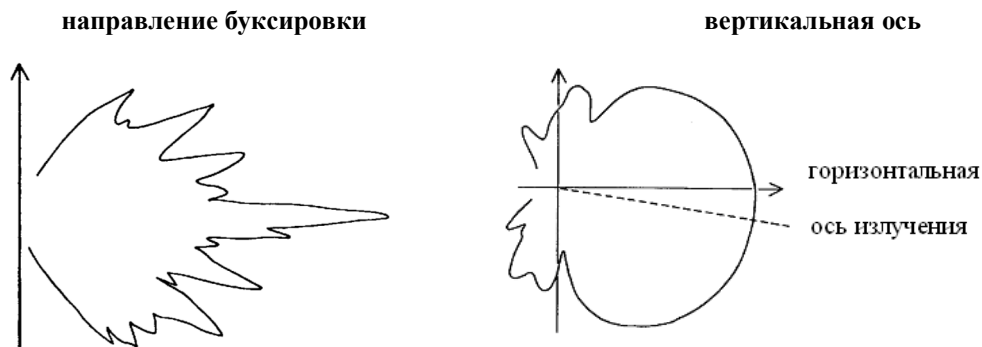


Диаграмма излучения ГБО в горизонтальной и вертикальной плоскостях

Реальная картина дна в этой зоне будет отображаться с искажениями. Ширина зоны невелика, тем не менее необходимо предусматривать перекрытие этой зоны с соседних галсов.

В горизонтальной плоскости в ближней зоне могут возникать промежутки между отдельными импульсами. Величина этих промежутков зависит от скорости судна и частоты повторения импульсов. За ближней зоной распространение лучей исключает эти промежутки и обеспечивает полное покрытие. Поэтому небольшие объекты, с большей вероятностью, могут быть пропущены, находясь ближе к ГБО, чем на большем удалении от него.

Лимитирующим условием обнаружения объекта выступает получение по меньшей мере трех отражённых от объекта импульсов [2].

Необходимость получения достаточного числа ответных импульсов обуславливает одно из главных ограничений применения ГБО – невысокую скорость буксировки. Скорость буксировки относительно дна, которую не следует превышать, чтобы объект определённой протяжённости (L) был уверенно обнаружен (т. е. облучён не менее чем тремя импульсами) с двух соседних галсов может быть определена по формуле [2]:

$$V_{\max} = 1,9TP / N, \quad (1)$$

где P – частота акустических импульсов (количество импульсов за одну секунду);
 T – размер объекта;
 N – необходимое количество акустических контактов с объектом.

В соответствии с этой формулой, например, скорость, которую нельзя превышать, чтобы объект протяженностью 1 м, при $P = 5$ имп/с, был облучён тремя импульсами, составит 3,166 м/с $\approx 6,2$ узла.

При этом необходимо помнить, что в примере в расчёт не принимаются реальные условия распространения акустических волн и технические недостатки оборудования. Скорость буксировки рассчитана чисто теоретически. На практике возможность обнаружения объекта определяется также силой отражённого от объекта сигнала и другими факторами, связанными с гидрологическими характеристиками, рельефом дна и составом грунта в районе поиска.

Технология поиска должна гарантировать полное, без пропусков покрытие района. Для этого назначаются междугалсовые расстояния, обеспечивающие необходимое перекрытие полос обследования, а также рассчитывается и регулируется скорость буксировки.

При расчёте полос обследования и величины перекрытия следует учитывать снижение дальности действия ГБО в реальных условиях. Она зависит от многих факторов (помехи в передаче и приёме, интерференция с излучением другой гидроакустической аппаратуры источниками шумов, условия распространения звука в воде, ограничения по записи и т. п.). При этом основным источником помех при работе ГБО служат донная реверберация, которая определяется характером грунта (ил, песок, скала) и углом скольжения акустического луча по грунту, резко возрастающая с его увеличением. Помехоустойчивость зависит также от размеров площадки, «высвечиваемой» акустическим лучом на грунте, и чем больше площадь этой площадки, тем уровень помех выше [2].

Высота буксировки ГБО над дном регулируется комбинированием длины вытравленного кабель-троса и скоростью судна. Быстрая выборка кабеля ведёт к выдёргиванию рывком буксируемого устройства (БУ) вверх с горизонта буксировки, после чего обратное погружение осуществляется уже более медленно. Этот приём может оказаться очень полезным при необходимости резкого подъёма БУ перед неожиданными опасностями. По мере увеличения длины вытравленного кабель-троса действенность данного способа снижается.

Междугалсовые расстояния рассчитываются в зависимости от предполагаемой ширины полос обследования и требуемым их перекрытием, который выбирается так, чтобы соседние галсы как минимум покрывали зону возможного пропуска. Обычно ориентируются на вариант обнаружения объектов в полосе поиска на большем удалении от БУ. Это позволяет проводить поиск на более высокой скорости. Например, при междугалсовых расстояниях 125 м и использовании 150-метровой шкалы дальности обзора объекты размером в 1 м могут обнаруживаться в ближней полосе на скорости 3,6 узла. Полагая обнаружить их с соседних галсов, скорость можно увеличить до 7 узлов [1].

Величина перекрытия выбирается из конкретных условий поиска. Зарубежный опыт при проведении гидролокационного обследования в гидрографических целях ориентируется на рекомендуемое перекрытие между соседними полосами 25 %. [1].

Оптимальную высоту буксировки ГБО над дном рекомендуется удерживать примерно равной 10 % от применяемой шкалы дальности [1]. Например, при

выбранной 150-метровой шкале ГБО следует буксировать на высоте 15 м от дна. Буксировка на меньшей высоте снижает дальность «обзора». Если ГБО буксируется слишком высоко, акустические тени от объектов могут не образовываться, затрудняя их опознание.

Рассматривая технологию поиска можно отметить, что гидролокационное обследование системой прямых параллельных галсов остаётся оптимальным методом покрытия района. Для минимизации отклонения ГБО от заданных галсов приоритет при планировании и проведении обследования должен отдаваться галсам, совпадающим с направлением преобладающих течений. Несоблюдение этого требования, например, при разности направлений в 10° между галсами обследования и приливным течением в 2 узла на скорости буксировки 6 узлов с 400 м вытравленного кабеля может вызвать отклонение БУ от галса до 17 м [1].

В случае же, когда влияние течений несущественное, буксировку следует производить традиционно, т. е. параллельно направлению изобат. Это позволяет выдерживать постоянство ширины полос обследования даже в районах со значительным склоном дна.

Дальность обнаружения донных объектов варьирует в зависимости от моделей гидролокаторов и их рабочих частот. Как известно, чем выше частота излучения, тем меньше дальность обнаружения и выше разрешающая способность. Дальность действия ГБО снижают многие факторы (помехи в передаче и приёме, интерференция с излучением другой гидроакустической аппаратуры и иными источниками шумов, условия распространения звука в воде, ограничения по записи и т. п.). В руководстве [1] отмечается, что «дальность обнаружения 270 м – это примерно то, что можно ожидать даже при поиске крупных донных объектов. Для малоразмерных объектов ($1\text{--}2\text{ м}^3$) обнаружение их уже на удалении более 120–150 м маловероятно». Поэтому очень важно для определения возможностей работы конкретного гидролокатора на различных шкалах дальности проводить предварительные испытания на полигоне с использованием соответствующих тест-объектов.

При обследовании протяженных объектов (трубопроводы, кабельные линии и т. п.) современными ГБО можно получить достаточно подробные сведения. Например, по интенсивности отражения и тени делается заключение, где труба лежит на дне, а где провисает. По длине тени может быть рассчитана длина участка провисания и высота трубы над дном.

Эти данные могут быть использованы для оценки состояния трубопровода и возможного последующего его обследования гидролокаторами более высокого разрешения, работающими на высоких (200–800 кГц) и сверхвысоких (800–1200 кГц) частотах.

ГБО с такими рабочими частотами, вероятно, следует привлекать для поиска и детального обследования мелких объектов. Основные технические характеристики подобных средств, называемых в некоторых источниках гидролокаторами-звуковизорами, приведены в табл. 1 [3].

Таблица 1

Основные технические характеристики некоторых гидролокаторов-звуковизоров

Гидролокатор-звуковизор	Нептун	Blue View	Didson	Gemini NBi
Рабочая частота, кГц	450	450	Низкая частота – 700/1200 Высокая частота – 1100/1800	620
Максимальная дальность, м	100	до 140	Низкая частота – до 90 Высокая частота – до 30	120
Рабочая глубина, м	300			4000
Количество лучей	256	256	Низкая частота – 48 Высокая частота – 96	
Разрешение по дальности, м	0,02			0,01
Сектор обзора (гор.×верт.), град.	45×15			
Сектор сканирования, град.				130

Для поиска затонувших объектов, по-видимому, оптимальным средством является профилограф (ПФ). По своей сути донные ПФ представляют собой практически те же эхолоты, но с низкой частотой излучаемого сигнала (менее 12 кГц). За счет физических особенностей проникновения низкочастотных звуковых волн в твердых средах и большой мощности сигналов акустический сигнал проникает в донный грунт, и чем меньше частота сигнала, тем больше проникающая способность. В качестве примера могут быть приведены двухканальные эхолоты-профилографы SES (изготовитель – Innomag SESКомпания «Innomag Technologie GmbH», Германия), созданные на основе принципов нелинейной (параметрической) акустики. Для нелинейной генерации сигнала одновременно излучаются при высоком давлении звука две высокие, слегка отличающиеся частоты (первичные частоты $f_1 < f_2$), например, около 100 кГц. Из-за их нелинейного взаимодействия в водной толще в узком луче генерируются новые частоты, в том числе разностная (вторичная) частота $F = f_2 - f_1$. В низкочастотном канале для профилирования донных осадков и обнаружения объектов используются сравнительно низкие вторичные частоты в диапазоне 2–15 кГц.

В настоящее время для использования на глубинах до 400–500 м семейство профилографов SES включает три модели, отличающиеся мощностью излучаемого сигнала (1–400 м – SES-96 light и SES-2000 compact; 1–500 м – SES-96/2000 standard). Для этих моделей вертикальное разрешение составляет до 5 см при проникновении до 50 м в мягкие илисто-глинистые отложения [4]. Основные технические характеристики данных профилографов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные технические характеристики профилографов семейства SES

Модель	SES-96 light	SES-2000 compact	SES-96/2000 standart
Основная частота, кГц	100	100	100
Мощность импульса, кВ	> 12	> 12	> 18
Ширина луча	$\pm 1,8^\circ$	$\pm 1,8^\circ$	$\pm 1,8^\circ$
Разностные частоты, кГц	5, 6, 8, 10, 12, 15	5, 6, 8, 10, 12, 15	4, 5, 6, 8, 10, 12, 15
Длина импульса, мс	66–500	66–500	66–500
Глубина, м	1–400	1–400	1–500
Глубина проникновения, м	≤ 40	≤ 40	≤ 50
Разрешение, см	> 5	> 5	> 5

Недостаток современных ПФ – небольшая ширина характеристики направленности антенны, которая составляет примерно $2-3^\circ$ и практически постоянна на всех разностных частотах в диапазоне 7–20 кГц.

Вследствие небольшой величины характеристики направленности полоса обследования узкая, тем не менее вероятность обнаружения протяжённых заиленных объектов достаточно высока, что нельзя сказать о поиске точечных объектов, особенно небольших размеров. Для снижения времени поиска существенным является локализация участка обследования. Здесь весьма полезным, наряду с тщательным изучением физико-географических условий района поиска и исходных данных об искомом объекте, может оказаться проведение допоиска другими техническими средствами, работающими на иных физических принципах, например, использование магнитометрической аппаратуры.

Полученные с помощью ГБО и ПФ изображения объектов обычно требуют тщательного дополнительного анализа, поэтому программное обеспечение и аппаратные средства обработки и отображения данных должны иметь соответствующее визуальное разрешение. Кроме того, должен быть предусмотрен режим автоматического распознавания объектов по заданным характеристикам и тщательный визуальный их просмотр оператором.

После идентификации полученных в результате поиска и обследования контактов решается тривиальная, однако, важная задача отображения и нанесения на планшет обнаруженных объектов.

В настоящее время разработаны различные методы отображения и нанесения на планшет объектов с оригинала записи ГБО. Все они направлены на уменьшение погрешностей определения местоположения и размеров обнаруженных объектов. Основная рекомендация при этом – прокладка зафиксированного контакта с противоположных направлений (различающихся на 180°) для осреднения и получения более вероятных данных.

При оценке размеров объекта всегда следует принимать во внимание следующее:

- возможное наличие более высоких частей донного объекта, например, мачт затонувшего судна, которые могут быть не видны по акустической тени;
- размер тени целесообразно определять с обеих сторон объекта и результаты усреднять для уменьшения погрешности за счёт наклона дна;
- измерения длины и ширины объекта следует выполнять перпендикулярно направлению движения БУ и корректировать с учётом неточности измерения наклонного расстояния.

При обработке и анализе гидроакустических изображений следует иметь в виду, что они не представляют изометрическую картину дна и при интерпретации мозаики изображений (отдельные изображения в процессе объединения, сведённые в единое изображение), особо проявляющуюся в зонах тени, должны учитываться различные искажающие факторы. К ним, в первую очередь, можно отнести:

- сжатие изображения, возникающее с увеличением скорости судна (искажение изображения параллельно курсу из-за нарушения соответствия скорости буксировки постоянной скорости записи гидролокационного изображения);
- боковое искажение изображения, вызываемое нестабильностью высоты буксировки ГБО над грунтом;
- искажения изображения, связанные с наклоном дна (проявляются в направлении, перпендикулярном движению ГБО со стороны подъёма и заглужения дна).

Между двумя каналами (бортами носителя) ГБО может иметь место эффект «перекрёстной наводки», проявляющийся в зеркальном отображении донных объектов с одного канала на другом канале, но, как правило, менее чётко. Эффект опасен тем, что может затемнить истинное отображение объектов и дна с другого борта и привести к ложному обнаружению или вовсе препятствовать обнаружению объекта. Данный эффект особенно нежелателен в районах, где имеются многочисленные контакты, поскольку в этом случае трудно проверить какие из них реальные, а какие нет.

При буксировке ГБО с креном буксируемого устройства на один борт, канал ГБО с этого борта носителя будет получать более сильный ответный сигнал и тем самым изображение дна будет более тёмным, чем с другого борта. Поскольку классификация дна основывается на интерпретации теневой картины, т. е. на относительной силе ответного сигнала от различных типов дна, то наличие крена проявится в нарушении или даже ошибочности интерпретации.

Современные гидролокационные средства – эффективные средства поиска и обследования донных объектов, в том числе заиленных и находящихся в грунте. Но никоим образом нельзя забывать о поисковых системах, работающих на иных физических принципах, т. е. совместном использовании различной аппаратуры.

Результативность поисковых операций определяется не только техническими характеристиками применяемой аппаратуры, но и технологией её использования. Немаловажное значение играют также подробные сведения о физических характеристиках объектов поиска и физико-географических условиях района поиска.

Некоторые упомянутые в статье аспекты технологии гидролокационного поиска донных объектов, несомненно, требуют более детального описания отдельных её составляющих. Значительный интерес представляют проблемы определения места и пространственной ориентации буксируемого ГБО, интерпретации гидролокационного изображения и классификации донного грунта, однако из-за ограниченного объёма статьи перечисленные вопросы предполагается рассмотреть в последующих работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Manual on Hydrography. Final Draft. ИВ. Jan. 2005.
2. Фирсов Ю. Г. Основы гидроакустики и использования гидроакустических сонаров. Учебное пособие. СПб: ГМА им. Адм. С. О. Макарова. – 2010. – 350 с.
3. Сайт ОАО «Тетис КС» – комплексные системы безопасности. www.tetis-ks.ru/catalog/252/1427
4. Сайт компании «Геоком». Профилограф Innomar SES-2000. www.trimble.org.ua/ses2000.htm

SOME ASPECTS OF SONAR SEARCH TECHNOLOGY FOR BOTTOM OBJECTS

N. A. Nesterov (The Institute of Limnology)

Some aspects of sonar search technology for bottom objects are considered. It is noted that modern sonar systems are effective means used for search and examination of bottom objects, both silted and located in the soil. The effectiveness of search operations is largely determined by the technology of using the equipment. An important role is also played by the detailed information about the characteristics of objects and physico-geographical conditions of the search area. The article is of a practical nature and can be used when solving the tasks of planning and carrying out the operations.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.586

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СУРОВОСТИ КЛИМАТА СЕВЕРА ЕВРАЗИИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

С. И. МАСТРЮКОВ, Н. В. ЧЕРВЯКОВА
(ОАО «ГНИНГИ»)

В работе предложены новые климатические показатели для оценки воздействия холода на человека. Первый из них представляет собой абсолютный минимум эквивалентной температуры ветрового охлаждения, важный для адекватного выбора средств индивидуальной защиты от холода, второй – период времени с температурой ветрового охлаждения ниже заданных пределов, важный для технико-экономического обоснования эффективности проектов по освоению Крайнего Севера. Расчёт эквивалентной температуры выполнен с применением новой формулы, картосхемы новых показателей построены по данным береговых метеорологических наблюдений в северной части Евразии за 2007–2014 гг.

В обзоре [1] выполнен сравнительный анализ современных отечественных и зарубежных методов регламентации режима труда и отдыха на холоде, а также методов расчёта индексов холодового стресса и эквивалентной температуры ветрового охлаждения человека (температуры теплоощущения). Там же приведена принятая в России схема районирования территории по климатическим условиям, используемая для выбора типа средств индивидуальной защиты от холода. Критерии, использованные при этом для районирования территории, неизвестны.

При выборе показателей для оценки степени воздействия холода на человека следует различать две задачи. Первая – адекватный выбор средств индивидуальной защиты от холода для обеспечения безопасности жизни и здоровья людей. Вторая – оценка степени снижения эффективности тех или иных технологических операций, связанных с применением труда на открытом воздухе.

В первом случае показателем суровости климатических условий может быть индекс холодового стресса [1–3]. Но так как эти индексы измеряются в относительных единицах, чаще в баллах, их интерпретация затруднена. В этом смысле эквивалентная температура ветрового охлаждения [1], измеряемая в градусах Цельсия и зависящая от температуры воздуха и скорости ветра, является более простым и наглядным для понимания показателем суровости условий среды. При климатическом районировании возникает вопрос: какой именно показатель температуры ветрового охлаждения следует использовать. Это может быть средняя величина, средний минимум температуры, абсолютный минимум температуры ветрового охлаждения за

определенный период или минимум температуры с тем или иным уровнем обеспеченности, соответствующим допустимому риску невыполнения определенного вида работ. Поскольку при работе в реальных условиях могут возникать аварийные ситуации, требующие экстренной работы независимо от условий среды, при снабжении работающих на открытом воздухе людей должны быть учтены именно экстремальные погодные условия или экстремальные условия с заранее заданным уровнем обеспеченности.

Во втором случае показателем суровости климатических условий может быть продолжительность или вероятность неблагоприятных условий для выполнения работ на открытом воздухе. В таком случае можно оценить простой конкретный вид работ и/или дополнительные затраты на использование новых технологий без применения труда на открытом воздухе, оборудование отапливаемых помещений и т. п.

В настоящей работе сделана попытка районирования севера Евразии по предложенным показателям суровости климата. Выполнена оценка абсолютных минимумов температуры воздуха и эквивалентной температуры ветрового охлаждения, а также годовой продолжительности периодов с температурой воздуха и температурой ветрового охлаждения ниже 30 °С мороза на севере Евразии.

Задача построения картосхем экстремальных значений климатических показателей осложняется высокой пространственной и временной изменчивостью этих характеристик. Амплитуда межгодовой изменчивости минимальной годовой температуры воздуха в Арктике достигает 8–13 °С. Это приводит к «пятнистости» картосхем абсолютных экстремумов, что вызвано не только естественной межгодовой изменчивостью, но и локальными особенностями, разными периодами обобщения данных, разной продолжительностью этих периодов. Особенно низка устойчивость таких экстремальных показателей при коротких периодах обобщения исходных данных. В прибрежных и морских арктических районах построение таких картосхем осложняется неразвитостью сети береговых наблюдений и невозможностью использования данных судовых наблюдений.

Исходные данные и методы расчёта. В настоящей работе в качестве исходных данных использованы ряды метеорологических наблюдений на территории Евразии к северу от 50° с. ш. (рис. 1).



Рис.1. Схема расположения станций, использованных в работе

Авторы выражают благодарность создателям сайта «Расписание Погоды» [4], данные которого и были использованы для расчётов (данные наблюдений на 140 станциях в период преимущественно с 2007 по 2014 гг.).

Дополнительно для контроля использованы данные наблюдений по отдельным станциям за 1981–2000 гг., подготовленные для опубликования Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации [5]. По прибрежным районам выбраны практически все доступные данные, а по территории суши – их незначительная часть. Поскольку сеть станций на суше разрежена, результаты расчёта в этих районах нуждаются в уточнении. Данные прошли принятые в ОАО «ГНИНГИ» процедуры контроля качества. Приведение результатов измерений к одной высоте, а также к одному периоду наблюдений не выполнялось. Построение изолиний картосхем выполнялось автоматически с применением метода «кригинг» пакета прикладных программ «Surfer» [6].

Эквивалентная температура ветрового охлаждения рассчитывалась по новой модифицированной формуле [1]:

$$T_{wc} = 13,12 + 0,6215 \cdot T_a - 11,37 \cdot V^{0,16} + 0,3965 \cdot T_a \cdot V^{0,16}, \quad (1)$$

где T_{wc} – температура ветрового охлаждения, эквивалентная температуре воздуха °С;
 T_a – температура воздуха, °С;
 V – скорость ветра, км/час.

Результаты расчёта

Абсолютный минимум температуры воздуха. Впервые картосхемы абсолютных минимумов температуры воздуха над арктическими морями в СССР были построены Л. С. Петровым [7]. При построении картосхем использованы данные береговых наблюдений на гидрометеорологических станциях и дрейфующих станциях «Северный полюс», которые были приведены к одному периоду 1891–1960 гг. с применением метода разностей. Данные судовых наблюдений использованы только для построения карт в безлёдный период. Картосхема абсолютного минимума температуры за 70-летний период с 1891 по 1960 гг., полученная Л. С. Петровым, приведена на рис. 2.

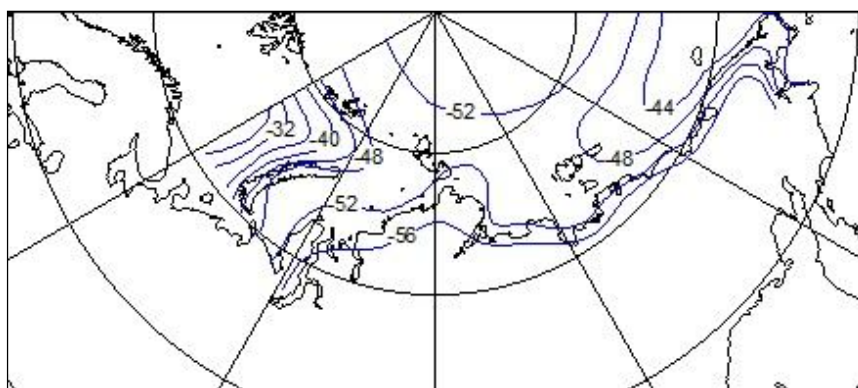


Рис. 2. Абсолютный минимум температуры воздуха в Арктике за 1891–1960 гг. [7]

Как видим, абсолютный минимум температуры воды в этот период на всём побережье сибирских морей составлял примерно минус 52 °С.

Результаты построения картосхемы абсолютного минимума температуры воздуха T_a за период 2007–2014 гг. приведены на рис. 3.

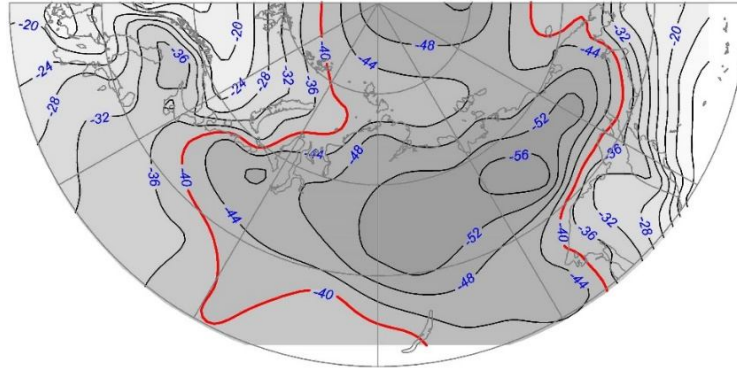


Рис. 3. Абсолютный минимум температуры воздуха за 2007–2014 гг., °С

Сравнивать картосхемы на рис. 2 и рис. 3 некорректно, отличия вызваны не только разной продолжительностью наблюдений, но и разным числом использованных станций, разными методами построения полей и современными тенденциями изменения климата. Тем не менее отметим, что абсолютный минимум температуры воздуха на побережье сибирских морей за последние 6–10 лет составил примерно минус 48 °С, то есть вырос практически на 4 °С по сравнению с периодом 1891–1960 гг. В основном это вызвано не столько глобальными изменениями климата, сколько разной продолжительностью рядов исходных данных.

Абсолютный минимум температуры ветрового охлаждения. Карта абсолютного минимума эквивалентной температуры ветрового охлаждения T_{wc} за 2007–2014 гг. приведена на рис. 4.

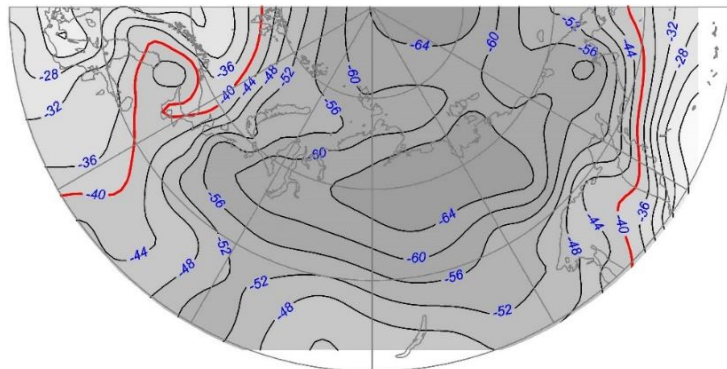


Рис. 4. Абсолютный минимум температуры ветрового охлаждения за 2007–2014 гг., °С

Площадь, занятая районами с T_{wc} ниже 40 градусов мороза, существенно возрастает по сравнению с районами, где температурой воздуха ниже той же величины

(рис. 3). Она включает не только районы Сибири и Дальнего востока, но и север Европейской территории России. Дополнительно в эту зону попадают прибрежные районы Белого моря, восточной части Баренцева моря, значительная часть побережья Берингова и Охотского морей. Значение абсолютного минимума температуры T_{wc} по сравнению с минимумом температуры воздуха T_a в разных районах снижается по-разному. В некоторых районах, например на Новой Земле, минимальная температура теплоощущения T_{wc} примерно на 22 градуса ниже минимальной температуры воздуха T_a , что вызвано жёстким ветровым режимом на этом архипелаге. За счёт этого минимальная температура теплоощущения на Новой Земле достигает $-54\text{ }^{\circ}\text{C}$, что соответствует минимальной температуре воздуха в Якутии. В других районах, например, в Якутии минимальная температура теплоощущения T_{wc} всего на 8 градусов ниже минимальной температуры воздуха. Зоны с условиями погоды, наиболее суровыми по степени влияния холода на человека, перемещаются из континентальной части Сибири к побережью арктических морей и островов за счёт эффекта ветра на потери тепла человеком.

Задавая в качестве критериев те или иные значения минимальной температуры ветрового охлаждения, можно адекватно установить требования к теплоизоляционным свойствам индивидуальных средств защиты. При наличии более длительных рядов наблюдений можно более точно выполнить районирование территории России по минимальной температуре ветрового охлаждения T_{wc} или по расчётным величинам T_{wc} редкой повторяемости. Это позволит адекватно осуществлять проектирование, создание и снабжение людей, работающих или несущих службу на Крайнем Севере средствами индивидуальной защиты от холода.

Продолжительность неблагоприятных по воздействию холода на человека периодов. Как отмечалось, экстремальные значения гидрометеорологических величин отличаются высокой изменчивостью. Более представительны и устойчивы оценки годовой повторяемости тех или иных погодных условий. По данным о повторяемости неблагоприятных условий можно оценить время простоев определенных видов работ из-за холода. Оценим простои труда на открытом воздухе, вызванные тем, что эквивалентная температура ветрового охлаждения T_{wc} ниже некоторого критического значения. Критические значения этой температуры могут быть разными. Так, согласно «Правилам технической эксплуатации нефтебаз» [8], «...при температуре воздуха минус $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже независимо от скорости ветра или при других температуре и скорости ветра, эквивалентных температуре воздуха минус $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, работы на открытом воздухе прекращаются». Могут быть другие ограничения по температуре воздуха на применение технических средств на морозе, известны ограничения на температуру воздуха, при которой школьникам и обычным людям не рекомендуется выходить на улицу. Последние меняются в широких пределах и пока никакими нормами не регламентируются. Например, в СанПиН 2.4.2.1178-02 «Гигиенические требования к условиям обучения в общеобразовательных учреждениях» есть требования к условиям учёбы в здании школы, но нет требований к допустимым условиям погоды по дороге в школу, где дети обычно и получают переохлаждение. На практике решения о запрете, например, посещения школ детьми принимаются местными органами

власти (образования) и лежат в широких пределах. В Европейской части России предельное значение температуры посещения школ учениками старших классов составляет минус 30 °С, а в Сибири – минус 35 °С. В качестве второго показателя суровости климата используем продолжительность периодов с температурой теплоощущения ниже определенных пределов, например, 30 градусов мороза.

Средняя годовая продолжительности периодов с температурой воздуха ниже минус 30 °С. На рис. 5 приведена картосхема средней годовой продолжительности периодов с температурой воздуха ниже минус 30 °С.

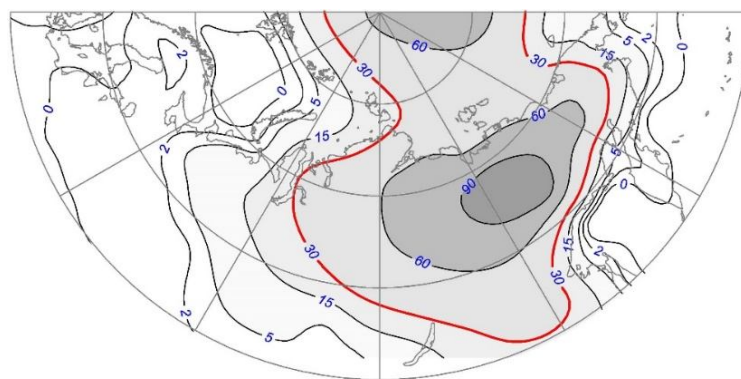


Рис. 5. Средняя годовая продолжительность периодов с температурой воздуха ниже минус 30 °С за 2007–2014 гг., сутки

Средняя годовая продолжительность периодов с эквивалентной температурой ветрового охлаждения ниже минус 30 °С. Картосхема средней годовой продолжительности периодов с эквивалентной температурой ветрового охлаждения $T_{\text{вс}}$ ниже минус 30 °С приведена на рис. 6.

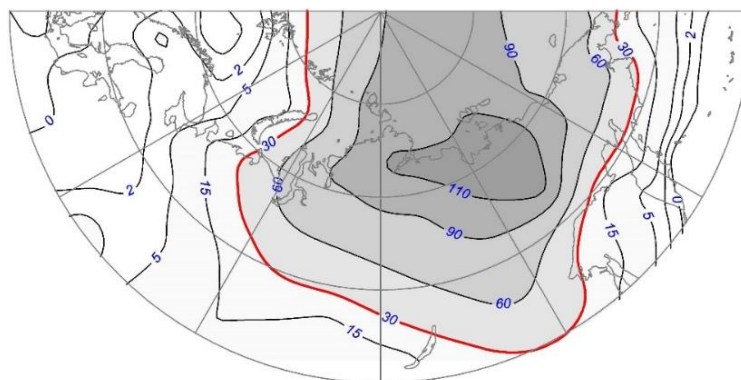


Рис. 6. Средняя годовая продолжительность периодов с эквивалентной температурой ветрового охлаждения $T_{\text{вс}}$ ниже -30 °С за 2007–2014 гг., сутки

Сравнивая рис. 5 и рис. 6, можно отметить, что тепловое воздействие Атлантического и Тихого океанов в Арктике практически полностью нивелируется их ветровым воздействием на теплоощущение человека. Языки тепла над Карским и Чукот-

ским морями, вызванные влиянием океанов, хорошо прослеживаемые на рис. 5, практически отсутствуют на рис. 6. При выбранном ограничении на работу (эквивалентная температура ветрового охлаждения – 30 градусов мороза и ниже) средние годовые простои по причине холода на побережье арктических морей изменяются в широких пределах – от 2 суток в районе Мурманска – до 120 суток на побережье моря Лаптевых и в районе Новосибирских островов. При этом степень суровости климата по этому критерию испытывает существенные изменения как по широте, так и по долготе. Наиболее суровые условия отмечаются на побережье восточной части Карского моря, в море Лаптевых и в западной части Восточно-Сибирского моря. Предложения по типизации морских акваторий на основе указанного критерия – средней годовой продолжительности периодов с температурой теплоощущения ниже -30°C (ниже заданных пределов) – приведены в таблице.

Таблица 1

Типизация прибрежных районов России по степени суровости влияния климата на человека (продолжительности периодов с $T_{\text{вс}} < -30^{\circ}\text{C}$)

Класс суровости	Продолжительность периодов с $T_{\text{вс}} < -30^{\circ}\text{C}$, сутки	Районы
I мягкие условия	0–5	Финский, Рижский заливы Балтийского моря, северная часть Балтийского моря, Командорские острова, Курильские острова, побережье Мурмана, побережье Белого моря, Ботнического залива, южная и центральная части Охотского моря, центральная часть Берингова моря, южная часть архипелага Шпицберген, южное побережье Камчатки
II умеренно сложные условия	5–30	Печорское море, побережье Новой Земли, северная и северо-восточная части Баренцева моря, северная часть Сахалина, северное побережье Камчатки
III сложные условия	30–60	Западная часть Карского моря, архипелаг Земля Франца-Иосифа, северное побережье Охотского моря, побережье Чукотки
IV суровые условия	60–90	Обь-Енисейский район, центральная часть Карского моря, Чукотское море, восточная часть Восточно-Сибирского моря, остров Врангеля
V очень суровые условия	> 90	Западное побережье Таймыра, архипелаг Северная Земля, восточная часть Карского моря, море Лаптевых, западная часть Восточно-Сибирского моря, центральный арктический бассейн, Новосибирские острова, восточное побережье Таймыра

Предложенный критерий может быть модифицирован применительно к иным пороговым значениям температуры ветрового охлаждения (температуры ощущения холода). Например, используя в качестве порогового значения 40 градусов мороза, можно оценить средние годовые простои при эксплуатации нефтебаз. Но независимо

от величины порогового значения этот показатель позволяет выполнить сравнение условий труда в различных районах по степени влияния холода на человека.

Таким образом, предложены объективные показатели для районирования климата по степени влияния холода на человека. Первый показатель – абсолютный минимум или расчётные величины абсолютного минимума температуры ветрового охлаждения – позволяет адекватно выполнить проектирование и снабжение работающих на Крайнем Севере людей средствами индивидуальной защиты от холода. Второй показатель – продолжительность периодов с температурой ветрового охлаждения ниже заданных пределов – позволяет оценить простои определенных видов работ или выполнить технико-экономическое обоснование проектов освоения Арктики.

Полученные результаты отражают погодные условия за период с 2007 по 2014 гг., для оценки расчётных значений предложенных показателей редкой повторяемости (возможных один раз в 10, 20, 50 и более лет) и повышения представительности оценок требуется выполнение специальной работы с привлечением более продолжительных рядов наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мاستрюков С. И., Червякова Н. В. Обзор современных отечественных и зарубежных методов оценки ветрового охлаждения человека // Навигация и гидрография. – 2014. – № 38 – С. 84–90.
2. Ткачук С. В. Обзор индексов степени комфортности погодных условий и их связь с показателями смертности // Труды Гидрометцентра России. – 2012, вып. 347. – С. 194–209.
3. Кобышева Н. В., Стадник В. В., Ключева М. В. и др. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики. – СПб, ЦНИТ «АСТЕРИОН», 2008. – 336 с.
4. Web-сайт «Расписание Погоды». – URL: <http://rp5.co.za>.
5. Six- and Three-hourly Meteorological Observations from 223 Former U.S.S.R. Stations [Электронный ресурс] / Contributed by Razuvaev, V. N., E. G. Apasova, R. A. Martuganov. – Obninsk, Russia: RIHMI-WDC; Oak Ridge, Tennessee: ORNL/CDIAC-108, NDP-048, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, 2007. – URL: <http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/ndp048/ndp048.htm>.
6. Силкин К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8: Учебно-методическое пособие для вузов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. – 66 с.
7. Петров Л. С. Минимальные температуры воздуха над морями советской Арктики // Труды ЗСНИИ. – 1981. – Вып. 50. – С. 86–92.
8. Правила технической эксплуатации нефтебаз. Утв. Приказом Министерства энергетики Российской Федерации №232 от 19.06.2003 г. – 62 с. [Электронный ресурс] / Портал нормативных документов. – URL: www.OpenGost.ru.

EVALUATION OF CLIMATE SEVERITY DEGREE OF NORTHERN EURASIA IN WINTER PERIOD

S. I. Mastryukov, N. V. Chervyakova (OJSC «GNINGI»)

New climatic indexes that can be used to evaluate the influence of cold on man are proposed. The first of them is the absolute minimum of wind chill equivalent temperature that is important for adequate selection of means of individual protection against the cold. The second is the time period with wind chill temperature below the set limits that is important for technical-economical substantiation of effectiveness of projects for the Far North development. The calculation of the equivalent temperature has been carried out using the new formula, the contour maps of the new indexes have been drawn using the data of the coastal meteorological observations in the northern part of Eurasia for 2007–2014.

УДК 621.396.967.2

**АНАЛИЗ ПОЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ОТРАЖАЕМОСТИ НА ОСНОВЕ
МЕТОДА ОПТИМАЛЬНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ**

**И. А. ГОТЮР, В. Ю. ЖУКОВ,
А. А. КОРЫСТИН**
(ВКА им. А. Ф. Можайского)

В статье раскрываются вопросы применения метода оптимальной интерполяции для вторичной обработки радиометеорологической информации. Представлены математическая постановка задачи и порядок ее решения, а также преимущества данного метода.

Как известно, деятельность авианесущих кораблей и авианосных соединений существенно зависит от гидрометеорологических условий. Этот факт обуславливает высокие требования к гидрометеорологическому обеспечению (ГМО) корабельной авиации и мореплавания ее носителей. Удовлетворение этих требований достигается путем использования метеорологических радиолокаторов (МРЛ) для сбора фактической гидрометеорологической информации (ГМИ). Задачи ГМО, решаемые при этом метеорологическими радиолокаторами, можно разделить на две группы, представленные в табл. 1 [1].

Таблица 1

Сводные данные по гидрометеорологическому обеспечению действий авианесущих кораблей с помощью МРЛ

Задача	Требуемая метеорологическая информация	Определяемые МРЛ данные	
		Характеристика или тип погодного явления	Дальность обнаружения
Обеспечение действий корабельной авиации	Получение карты погоды с поднятыми условными знаками: фронтами, явлениями погоды и т. д.	Ближняя граница фронта	300–350 км
	Определение вертикального разреза атмосферы с указанием по высотам температуры, вектора ветра.	Направление и скорость перемещения радиоэха по слоям на дистанции	300–350 км
	Определение видимости в районе полетов, волнения моря и направления волны, величины качки корабля-носителя	Видимость в снегопадах и осадках на дистанциях	50–60 км
		Волнение (оценка параметров) и направление прихода волн	До радиогоризонта

Задача	Требуемая метеорологическая информация	Определяемые МРЛ данные		
		Характеристика или тип погодного явления	Дальность обнаружения	
Обеспечение действий корабельной авиации	Разработка прогноза погоды на маршруте перехода и в районе на период 4–8 ч: количество облачности, ее вид и высоты нижней и верхней границы облаков, направление и скорость ветра и волнения, видимость	Опасные или особо опасные явления (с заблаговременностью до 6 ч)	300–350 км	
		Определение опасных явлений погоды: грозы, туманы, турбулентность (районы, направление и скорость смещения, вертикальное развитие)	Радиоэхо грозовой облачности. Сильные туманы Турбулентность в облачности	300–350 км 10–15 км 20–30 км
	Обнаружение облачности (тип)	Радиоэхо облачности (обнаружение) и его классификация.	300–350 км	
	Определение дальности горизонтальной видимости	Видимости в явлениях (снегопадах и осадках)	50–60 км	
	Обнаружение явлений погоды (дымка, туман, осадки, гроза)	Осадки	100 км	
		Гроза	300–350 км	
		Сильный туман	10–15 км	
		Дымка	–	
	Обеспечение мореплавания	Опасные явления погоды: – усиление ветра до штормового; – резкое ухудшение видимости; – сильное волнение; – подвижка льда	Ветер при наличии облаков и осадков	300–350 км
			Дальности видимости в снегопадах и осадках	50–60 км
Волнение (оценка параметров)			До радиогоризонта	
Граница лед/вода			До радиогоризонта	
Атмосферные явления (туманы, осадки, облачность, дальность видимости)		Обнаружение радиоэха облачности и ее классификация	300–350 км	
		Измерение интенсивности осадков	100 км	
		Дальность видимости в явлениях (снегопадах и осадках)	50–60 км	
Волнение		Волнение (оценка параметров)	До радиогоризонта	

В настоящее время для решения указанных задач используется мобильный автоматизированный метеорологический радиолокатор (МАРЛ) «Контур-К», созданный по заказу ВМФ и входящий в состав автоматизированного комплекса «КАС-Метео».

Специальное программное обеспечение (СПО) обработки метеоинформации, входящее в состав программно-аппаратных средств МАРЛ, обеспечивает построение следующих радиолокационных карт:

- карты высот верхних границ облачности;
- карты явлений погоды (ливень, гроза, град);
- карты интенсивности осадков;
- карты видимости в осадках;
- карты отражаемости на различных уровнях.

Пример одной из радиолокационных карт, построенных с помощью СПО МАРЛ «Контур-К», приведен на рис. 1.

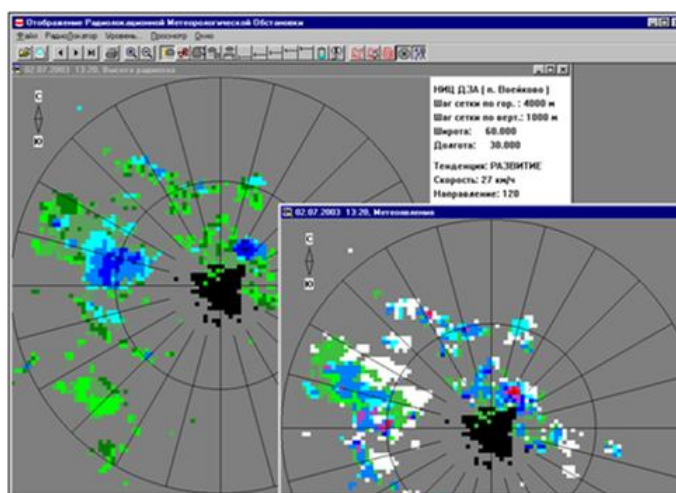


Рис. 1. Пример радиолокационной карты, построенной с помощью СПО МАРЛ «Контур-К»

Автоматизированное построение радиолокационных карт в ходе вторичной обработки радиометеорологической информации предполагает проведение объективного анализа полей радиолокационной отражаемости, полученных в результате радиолокационных измерений. Основным инструментом объективного анализа является интерполяция измеренных значений Z_e радиолокационной отражаемости в заданные точки (x, y, z) регулярной сетки в декартовых координатах. При этом главными проблемами являются:

- необходимость минимизации ошибок интерполяции;
- необходимость сокращения затрат вычислительных ресурсов.

Ошибки интерполяции проявляются на изображениях радиолокационных карт в виде так называемых артефактов – элементов изображения искусственного происхождения, не соответствующих реально наблюдаемым объектам.

Артефакты на изображениях радиолокационных карт наиболее ярко проявляются в виде резко очерченных верхних границ радиоэха или областей с отсутствием радиоэха между соседними лучами МРЛ [2].

Такие искажения особенно сильно выражены на больших дальностях, где линейное расстояние между соседними лучами МРЛ существенно превышает расстояние между точками с результатами измерений вдоль одного из них.

Примеры артефактов приведены на рис. 2, 3, стрелкой отмечена линия вертикального разреза.

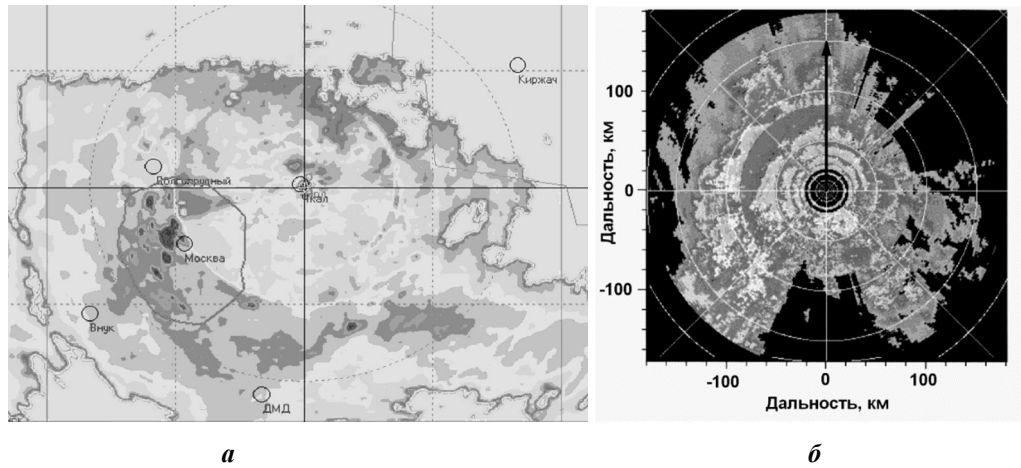


Рис. 2. Примеры артефактов в виде резких кольцеобразных очертаний на горизонтальном разрезе поля отражаемости на высоте 1,9 км, построенного по результатам работы метеорологических радиолокаторов «Контур-Метео-01» (а) и «WSR-88D» (б)

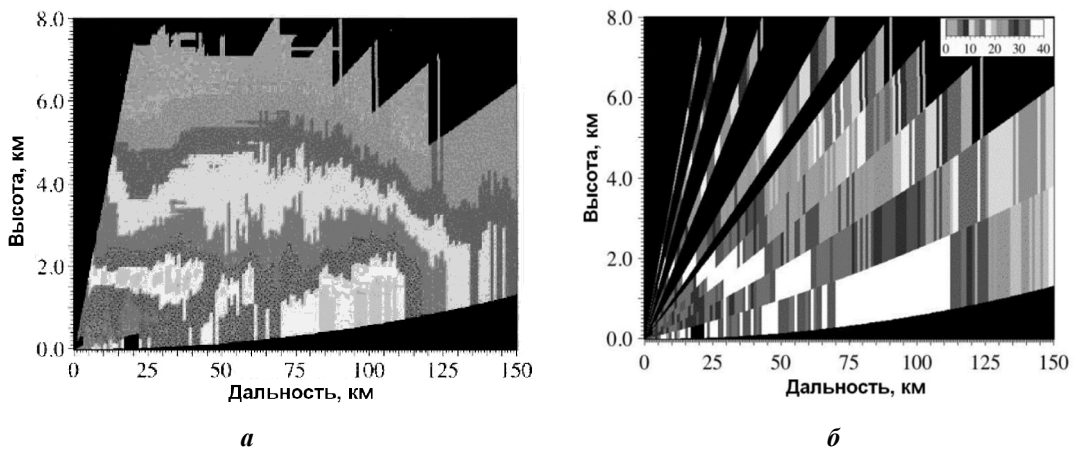


Рис. 3. Пример артефактов в виде резких угловых очертаний верхних границ радиозэха (а) и областей с отсутствием радиозэха (б) на вертикальном разрезе поля отражаемости, построенного по результатам работы метеорологического радиолокатора «WSR-88D» (США)

Артефакты на изображениях радиолокационных карт приводят к ошибкам в определении расположения фронтов, уменьшению достоверности и своевременности обнаружения опасных и особо опасных явлений погоды, снижению качества разраба-

тываемых сверх краткосрочных прогнозов погоды в процессе ГМО корабельной авиации и мореплавания.

Как показано в работе [3], возникающие артефакты являются следствием несовершенства применяемых методов интерполяции, из которых в настоящее время при обработке радиометеорологической информации применяются следующие [4]:

- метод ближайшего соседа;
- метод разрешающего объёма РЛС;
- метод трилинейной интерполяции;
- метод Крессмана;
- метод сглаживающей интерполяции Барнса;
- адаптивный метод сглаживающей интерполяции Барнса.

Как известно [5], в процессе интерполяции результатов измерений можно выделить следующие этапы:

- 1) поиск влияющих точек с результатами измерений;
- 2) вычисление интерполяционных весов;
- 3) собственно интерполяция.

Перечисленные выше методы интерполяции отличаются лишь методами вычисления интерполяционных весов на втором этапе и лежащими в основе этих методов предположениями [4]. Анализ указанных методов позволяет сделать вывод о том, что появление артефактов в основном происходит вследствие следующих причин:

- методы интерполяции не учитывают или учитывают грубо пространственную структуру сетки с результатами измерений в сферической системе координат (ССК);
- методы интерполяции не учитывают статистическую структуру случайного поля отражаемости, в связи с чем результаты интерполяции не соответствуют реальным закономерностям распределения отражающих частиц и их радиоэха в пространстве, что и делает результаты интерполяции искусственными (оторванными от реальности).

Исключить перечисленные недостатки и, как следствие, уменьшить связанные с ними ошибки интерполяции позволяет метод оптимальной интерполяции, описанный в работе [5] и широко используемый при обработке результатов приземных метеорологических и аэрологических наблюдений.

Интерполяция результатов радиолокационных измерений сводится к определению значений $Z_e(\alpha, \theta, r)$ радиолокационной отражаемости в точке с известными координатами (α, θ, r) по измеренным значениям отражаемости в соседних точках. Наиболее близкими к заданной точке (α, θ, r) будут точки с результатами измерений отражаемости на соседних лучах и элементах разрешения по дальности. Эти точки представляют собой соседние узлы регулярной сетки в ССК. Их расположение показано на рис. 4.

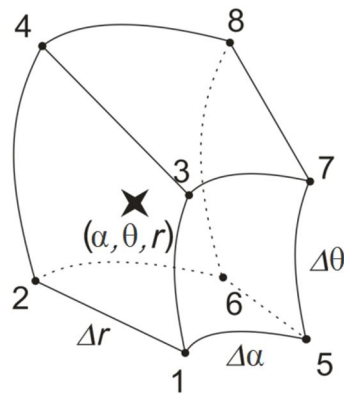


Рис. 4. Расположение узлов исходной сетки с результатами радиолокационных измерений в окрестностях заданной точки (α, θ, r)

Решение задачи интерполяции будет иметь следующий вид:

$$Z_e = \sum_{i=1}^8 b_i \tilde{Z}_{ei}, \quad (1)$$

где Z_e – значение радиолокационной отражаемости в заданной точке (α, θ, r) ;

b_i – интерполяционные веса для каждого i -го узла регулярной сетки в ССК с результатами измерений радиолокационной отражаемости;

\tilde{Z}_{ei} – измеренное значение радиолокационной отражаемости в одном из соседних узлов регулярной сетки в ССК.

Задачей оптимальной интерполяции является минимизация среднего квадрата ошибки интерполяции [5]. Решение этой задачи в предположении однородности и изотропии поля отражаемости (когда средние значения и дисперсии – одинаковые во всех точках поля, а корреляционные функции зависят лишь от расстояния) будет иметь следующий вид:

$$Z_e = \sum_{i=1}^8 b_i \tilde{Z}_{ei} + \left(1 - \sum_{i=1}^8 b_i\right) \bar{Z}_e, \quad (2)$$

где \bar{Z}_e норма (среднее значение) радиолокационной отражаемости.

В данном случае норма вносит тем больший вклад в результат Z_e интерполяции, чем больше сумма весов b_i отличается от единицы, то есть, чем больше расстояние между соседними узлами сетки с результатами \tilde{Z}_{ei} измерений.

Значения весовых коэффициентов b_i получаются путем решения системы уравнений следующего вида:

$$\sum_{j=1}^8 b_j \mu_{ij} + b_i \eta_i^2 = \mu_{0i}, \quad i=1 \dots 8, \quad (3)$$

где μ_{ij} – коэффициент корреляции значений радиолокационной отражаемости в i -ом и j -ом узлах сетки с результатами измерений;

η_i^2 – мера ошибки измерения радиолокационной отражаемости в i -ом узле сетки с результатами измерений;

μ_{0i} – коэффициент корреляции значений радиолокационной отражаемости в заданной точке (α, θ, r) и i -ом узле сетки с результатами измерений;

Мера η_i^2 ошибки измерения радиолокационной отражаемости в i -ом узле сетки с результатами измерений зависит от характеристик статистической структуры поля и потенциальной точности измерений, которая определяется техническими параметрами МРЛ:

$$\eta_i^2 = \frac{\Delta_i^2}{\sigma_i^2}, \quad (4)$$

где Δ_i^2 – средний квадрат ошибки измерений радиолокационной отражаемости в i -ом узле сетки;

σ_i^2 – средний квадрат значений радиолокационной отражаемости в i -ом узле сетки с результатами измерений.

Средний квадрат ошибки измерений радиолокационной отражаемости зависит от параметров зондирующего сигнала и характеристик приемника. Средний квадрат значений радиолокационной отражаемости характеризует статистическую структуру поля отражаемости в зоне обзора МРЛ.

Коэффициенты μ_{ij} и μ_{0i} корреляции значений радиолокационной отражаемости в различных точках определяются как значения корреляционной функции поля отражаемости в соответствующих точках. В предположении однородности и изотропии поля эта функция будет зависеть лишь от расстояния ρ между точками:

$$\mu(\rho) = 1 - \frac{b(\rho)}{2\sigma^2}, \quad (5)$$

$$\mu_{ij} = \mu(\rho_{ij}) = 1 - \frac{b(\rho_{ij})}{2\sigma^2}, \quad (6)$$

$$\mu_{0i} = \mu(\rho_{0i}) = 1 - \frac{b(\rho_{0i})}{2\sigma^2}, \quad (7)$$

где $b(\rho)$ – структурная функция, описывающая статистическую структуру поля отражаемости.

Говоря о статистической структуре полей метеорологических величин и связанного с ними поля отражаемости, важно отметить, что предположение однородности и изотропии поля справедливо лишь в пределах определенных пространственных масштабов. В рамках зоны обзора МРЛ можно выделить локальную однородность и изотропию поля в пределах микромасштаба (расстояния от долей миллиметра до сотен метров) и мезомасштаба (расстояния от нескольких километров до сотен километров).

В первом случае выполняется закон двух третей, и структурная функция имеет вид:

$$b(\rho) = A\rho^{\frac{2}{3}}, \quad (8)$$

где A – эмпирический коэффициент.

Во втором случае однородность и изотропия имеют место лишь в горизонтальном направлении, и приближенно выполняется закон первой степени. Структурная функция имеет вид:

$$b(\rho) = A\rho. \quad (9)$$

При известных параметрах сетки с результатами измерений несложно вычислить расстояния ρ_{ij} и ρ_{0i} . Далее, по известной статистической структуре $b(\rho)$ поля отражаемости, описываемой зависимостями (8) или (9), путем подстановки в (6) и (7) несложно вычислить коэффициенты μ_{ij} и μ_{0i} корреляции значений радиолокационной отражаемости в различных точках пространства. Известные точностные характеристики МРЛ позволяют с использованием выражения (4) определить меру η_i^2 ошибки измерения радиолокационной отражаемости. Таким образом, получив все исходные данные для решения системы уравнений (3), можно оценить интерполяционные веса b_i .

В матричном виде решение задачи вычисления интерполяционных весов b_i (на втором этапе оптимальной интерполяции) с использованием уравнения (3) будет выглядеть следующим образом:

$$B = A^{-1}M_0, \quad (10)$$

$$A = M + N, \quad (11)$$

$$M = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \dots & \mu_{18} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \dots & \mu_{28} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{81} & \mu_{82} & \dots & \mu_{88} \end{bmatrix}, N = \begin{bmatrix} \eta_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \eta_2^2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \eta_8^2 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_8 \end{bmatrix}, M_0 = \begin{bmatrix} \mu_{01} \\ \mu_{02} \\ \dots \\ \mu_{08} \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Преимуществами применения метода оптимальной интерполяции при построении радиолокационных карт являются:

- учет пространственной структуры сетки с результатами измерений путем использования расстояний ρ между ее узлами в качестве исходных данных;
- учет статистической структуры поля радиолокационной отражаемости путем использования значений \bar{Z}_e , σ^2 , μ в качестве исходных данных;
- учет тактико-технических характеристик МРЛ путем использования меры η_i^2 ошибки измерений радиолокационной отражаемости в качестве исходных данных;
- тот факт, что средний квадрат ошибки интерполяции никогда не превышает дисперсии значений радиолокационной отражаемости в точке интерполяции.

Недостатком метода является существенное увеличение затрат машинного времени на этапе вычисления интерполяционных весов. Однако, как показано в работе [4], экономии времени можно достичь путем предварительного вычисления весовых коэффициентов (на первом и втором этапах интерполяции) для различных режимов зондирования МРЛ с последующим сохранением их в памяти ЭВМ. Таким образом, при каждом очередном сеансе зондирования будет выполняться лишь один этап – собственно оптимальная интерполяция по формуле (2).

Кроме того, важно отметить, что перспективы применения метода оптимальной интерполяции при построении радиолокационных карт в ходе вторичной обработки радиометеорологической информации связаны с необходимостью решения следующих задач:

- определение нормы радиолокационной отражаемости в области обзора МРЛ, особенно в дальней зоне, где сетка с результатами измерений существенно разрежена;
- получение данных о статистической структуре поля отражаемости (ее корреляционных или структурных функциях) в заданном районе для различных сезонов года;
- учет анизотропии поля отражаемости в вертикальной плоскости.

Таким образом, метод оптимальной интерполяции, широко используемый и хорошо себя зарекомендовавший при анализе полей метеорологических величин на плоскости, может быть применен также для анализа трехмерного поля радиолокационной отражаемости. В этом состоит новизна предложенного подхода к анализу поля отражаемости с применением существующего метода интерполяции.

Особенностью практической реализации метода является необходимость предварительного расчета весовых коэффициентов, учитывающих статистическую структуру поля радиолокационной отражаемости в различные периоды года в интересующих географических районах, где предполагается применение МРЛ для ГМО действий корабельной авиации и мореплавания. Это позволит адаптировать результаты обработки радиометеорологической информации и сформированные на их основе сверх краткосрочные прогнозы опасных и особо опасных явлений погоды к существующим климатическим особенностям заданного района.

В перспективе целесообразно рассмотреть использование предложенного подхода для обработки данных бесконтактных аэрологических измерений с помощью атмосферных профайлеров различных диапазонов длин волн (миллиметрового, микроволнового, оптического), например, таких как AP 1000, НАТPRO-22, ПЛВ 2000 и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добротворский А. Н., Федоров А. А. Использование метеорологической радиолокации для гидрометеорологического обеспечения флота. // Навигация и гидрография. – 2000. – №11. – С. 86–91.
2. Zhang J., Howard K., Gourley J. J. Constructing Three-Dimensional Multiple-Radar Reflectivity Mosaics: Examples of convective Storms and Stratiform Rain Echoes. // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. – 2005. – Vol. 22. – P. 30–42.
3. Askelson M. A. An Adaptation of the Barnes Filter Applied to the Objective Analysis of Radar Data/Mark A. Askelson, Jean-Pierre Aubagnac, Jerry M. Straka //Monthly Weather Review. – 2000. – Vol. 128. – P.3050-3082.
4. Готюр И. А., Жуков В. Ю., Корыстин А. А. Метод трёхмерной интерполяции в задачах автоматизированной обработки радиометеорологической информации. // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2013. – № 2. – С. 42–47.
5. Гандин Л. С., Каган Р. Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 360 с.

ANALYSIS OF THE RADIOLOCATION REFLECTIVITY FIELD BASED ON THE METHOD OF OPTIMAL INTERPOLATION

I. A. Gotyur, V. Y. Zhukov, A.A. Korystin (The A. F. Mozhaisky Military Space Academy)

The problems of using the method of optimal interpolation for the secondary processing of radiometeorological information are set forth. The mathematical statement of the problem and the successive order of its solution as well as the advantages of this method are presented.

УДК 551.586

**ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МЕТОДОВ
ОЦЕНКИ ВЕТРОВОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

С. И. МАСТРЮКОВ, Н. В. ЧЕРВЯКОВА
(ОАО «ГНИНГИ»)

В работе выполнен обзор современных методов оценки ветрового охлаждения человека, изложены результаты сравнительной оценки некоторых показателей ветрового охлаждения. Выявлена несогласованность отечественных и зарубежных методов расчёта эквивалентной температуры ветрового охлаждения человека и непрерывной продолжительности безопасного пребывания на холоде. Рекомендовано выполнить районирование территории России по биометеорологическим и технико-экономическим показателям, связанным с воздействием холода на человека.

На большей части территории России люди, работающие на открытом воздухе (строители, геологи, нефтяники, военнослужащие, водители, работники наземных служб портов и аэропортов и ряд других категорий), значительную часть года подвергаются воздействию холода. Обуславливая общее и локальное охлаждение, холод вызывает напряжение различных функциональных систем человека, приводит к снижению работоспособности, увеличению травматизма, нарушению здоровья. Ввиду необходимости решения задач по освоению шельфа арктических морей и расширению военного присутствия в Арктике исследования в области учёта влияния холода

на человека имеют важное и актуальное значение. Изучение влияния метеорологических факторов на человека и живые организмы является предметом сравнительно новой междисциплинарной области знаний – биометеорологии. Оценке влияния метеорологических факторов на безопасность, здоровье и эффективность труда людей на открытом воздухе в последние годы посвящен ряд работ, обобщение результатов которых выполнено в обзоре [1] и Руководстве [2]. Однако в них не рассмотрены недавно появившиеся новые отечественные и зарубежные методы расчёта биометеорологических показателей, характеризующие воздействие холода на человека, до сих пор они малоизвестны и не используются при специализированном информационном обеспечении работ по освоению шельфа арктических морей.

При технико-экономическом обосновании проектов по освоению ресурсов арктических регионов одной из важных задач является выбор технологий освоения ресурсов. Критерием выбора могут стать потери времени, вызванные влиянием метеорологических факторов на те или иные технологические процессы, в том числе влиянием холода на человека. В суровых климатических условиях такие потери могут быть весьма велики. Чем суровее климат, тем выше должна быть изоляция людей от окружающей среды. Проектирование и создание средств индивидуальной защиты человека от холода должно выполняться с учётом экстремальных условий окружающей среды. Ниже рассмотрены современные методы оценки влияния холода на человека и выбора безопасных режимов труда и основанные на них методы расчёта двух важных критериев – средних годовых потерь времени при выполнении тех или иных работ из-за холода и экстремальных величин показателей холода.

Существующие в нашей стране требования к режиму труда и отдыха на открытом воздухе и средствам индивидуальной защиты от холода базируются на предельно допустимых характеристиках физиологического состояния человека, разработанных для здоровых людей независимо от их пола и возраста [3]. Требования к организации работ и к режиму труда и отдыха работающих на открытой территории в холодный период года людей регламентируются сравнительно недавно принятыми нормативно-методическими документами [4, 5]. Методика обоснования этих требований изложена в работе специалистов НИИ Медицины труда РАМН [6]. Обоснование требований базируется на экспериментально полученной статистической зависимости интегрального показателя условий охлаждения (ИПУО, балл) от температуры воздуха (T_a , °C), скорости ветра (V , м/с), теплоизоляции комплекта одежды (I_k , кло; 1 кло = $0,155^\circ\text{C} \cdot \text{м}^2 / \text{Вт}$), уровня энергозатрат работающего человека (q_m , Вт / м^2):

$$\text{ИПУО} = 73,882 - 0,60361 \cdot T_a + 1,3096 \cdot V - 9,1985 \cdot I_k - 0,15527 \cdot q_m. \quad (1)$$

Теплоизоляция комплектов одежды I_k изменяется от 0,5 кло для лёгкой летней одежды до 6 кло для особой арктической одежды. Энергозатраты по категориям работ определяются нормами в области безопасности труда [7]. На основании эмпирической взаимосвязи ИПУО с показателями теплового состояния человека (дефицит тепла в организме, средневзвешенная температура кожи, теплоощущение, напряжение реакций терморегуляции) оценены риски холода для человека и выработаны рекомендации к режиму труда. Отметим, что риск переохлаждения конкретного человека зависит не только от метеорологических факторов, теплоизоляционных свойств

одежды, энергозатрат работающего, продолжительности работы на холоде, но и от пола человека, его адаптационных возможностей и других факторов.

Для упрощения учёта метеорологических условий в разработанных нормах [4, 5] вся территория России разделена на пять регионов (рис. 1) по степени суровости зимних условий.

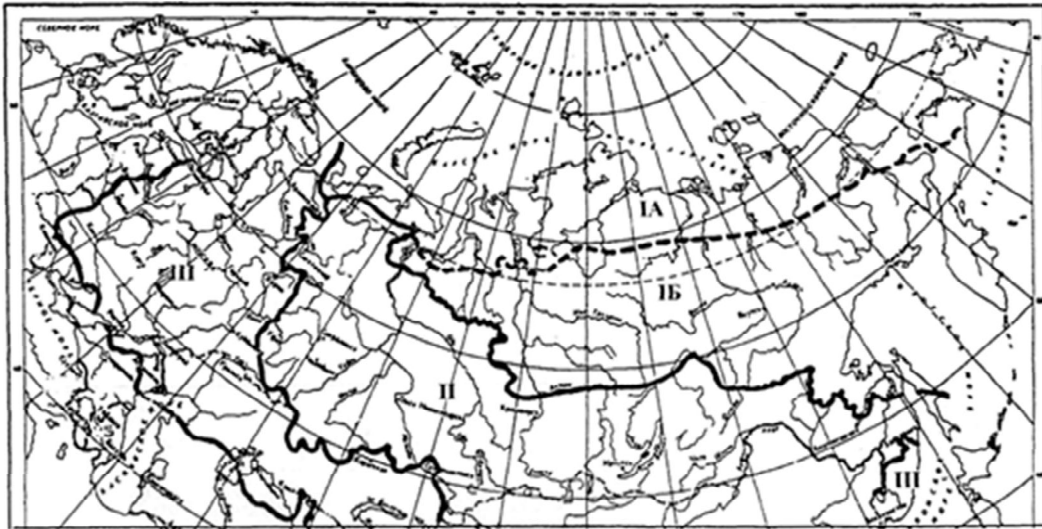


Рис. 1. Схема районирования территории России по степени холода

Средние показатели метеорологических условий в однородных регионах за ноябрь-март приведены в табл. 1 [4]. Однако, что именно послужило критерием районирования территории России, неизвестно.

Таблица 1

Характеристики температуры воздуха, скорости ветра и относительной влажности в однородных по холоду климатических регионах

Регион	Температура, °С			Ск. ветра, м/с	Отн. влажн., %	Представительные города
	Средняя	Мин.	Макс			
IV	-0,9	-25	20	5,6	80	Новороссийск, Ростов-на-Дону, Сочи, Астрахань
III	-11,0	-35	8	5,6	84	Архангельск, Санкт-Петербург, Мурманск, Самара
II	-17,9	-48	4	3,6	78	Оренбург, Новосибирск, Чита, Иркутск, Хабаровск
IБ	-41,0	-68	0	1,3	79	Якутск, Оймякон, Уренгой, Надым, Салехард, Магадан
IА	-27,1	-57	-3	6,8	75	Норильск, Тикси, Диксон

При районировании территории России климатические особенности локального масштаба не учтены, степень обобщения данных весьма велика и поэтому для целей прикладных проектных исследований такое районирование малоприменимо. Вместе с тем это районирование учитывается при создании и снабжении работающих на открытой территории в холодный период года людей средствами индивидуальной защиты [8] и выборе режима труда [5].

Допустимая продолжительность работы в условиях холода согласно методическим рекомендациям [5] оценивается по таблицам в зависимости от климатического региона, температуры воздуха, скорости ветра и от категории работ. В качестве примера (табл. 2) приведена допустимая продолжительность непрерывного пребывания на холоде и число 10-минутных перерывов на обогрев в районе IA при условии использования соответствующих индивидуальных средств защиты и выполнении работ категории IIБ (умеренная физическая).

Таблица 2

Отечественные рекомендации режиму труда в климатическом регионе IA для четырёхчасовой смены при умеренных энергозатратах [5]

Температура, °С	Скорость ветра, км/час									
	<=4		8		16		24		32	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
-25	Не регламентируется				150 мин	1	114	1	90 мин	2
-30	150 мин	1	130 мин	1	103 мин	2	83 мин	2	68 мин	2
-35	106 мин	1	95 мин	2	79 мин	2	66 мин	3	55 мин	2
-40	82 мин	2	75 мин	2	64 мин	3	54 мин	3	46 мин	4
-45	67 мин	3	62 мин	3	53 мин	3	46 мин	4	40 мин	4

Примечания: а – непрерывная продолжительность работы, б – число перерывов по 10 мин.

В рекомендациях [5] показатели режима труда приведены для ограниченного диапазона скоростей ветра (до 10 м/с), что затрудняют практическое использование таблиц и снижает универсальность их практического применения.

Низкая температура воздуха и ветер – основные факторы, ограничивающие наружные работы и просто пребывание людей на открытом воздухе. В качестве дополнительного критерия при оценке безопасного времени непрерывного пребывания человека с открытыми участками тела на открытом воздухе в методических рекомендациях [5] предложено использовать интегральный показатель условий охлаждения (обморожения) открытых участков тела человека – ИПУОО (баллы), определяемый согласно уравнению:

$$\text{ИПУОО} = 34,654 - 0,464 \cdot T_a + 0,6337 \cdot V ,$$

где, T_a – температура воздуха, °С; V – скорость ветра, м/с.

Сведения о риске обморожения открытых участков тела и продолжительности безопасного пребывания на воздухе в зависимости от ИПУОО приведены в табл. 3.

Таблица 3

Риск обморожения открытых участков тела и продолжительность безопасного пребывания на холоде [5]

ИПУОО, балл	Риск обморожения	Продолжительность безопасного пребывания на холоде
≤ 34	отсутствие обморожения	–
$34 < \text{ИПУОО} \leq 47$	умеренный	обморожение в течение 1 часа
$47 < \text{ИПУОО} \leq 57$	критический	обморожение в течение 1 минуты
> 57	катастрофический	обморожение в течение 30 с

В рассматриваемых Методических рекомендациях [5] дополнительно в Приложении 6 приводится таблица оценки эквивалентной температуры комбинированного воздействия температуры воздуха и скорости ветра на незащищённые участки тела человека. В этой таблице диапазон скорости ветра ограничен 17 м/с, а формула для расчёта эквивалентной температуры в рекомендациях [5] не приводится.

В зарубежной практике до недавнего времени широко использовался ветровой индекс охлаждения IW , введенный Сайплом и Пасселом на основе экспериментальных работ в Антарктиде ещё в 1941 году [9]. Он характеризует потери тепла незащищёнными участками тела человека под влиянием ветра и температуры воздуха в тени без учета испарения, а скорость охлаждения вычисляется с учетом средневзвешенной температуры кожи, равной 33°C в зависимости от температуры воздуха и скорости ветра:

$$IW = (33 - T_a) \cdot (9 + 10,9 \cdot \sqrt{V} - V) \quad (2)$$

где IW – ветровой индекс охлаждения, ккал/м²ч;

T_a – температура воздуха, °С;

V – скорость ветра, м/с.

Оценка теплоощущения по Сайплу-Пасселу производится по 5-балльной шкале. При значении теплопотерь открытых частей тела 600 ккал/м²ч человек ощущает прохладу, а при теплопотерях 2500 ккал/м²ч – невыносимый холод.

Результаты исследований Сайпла и Пассела были использованы в США для подготовки своих солдат к участию во Второй мировой войне в Европе в условиях холодных зим. Полученное на основе исследований выражение для расчёта эквивалентной температуры ветрового охлаждения ($T_{windchill}$) имеет вид:

$$T_{windchill} = 33 + (T_a - 33) \cdot (0,474 + 0,454 \cdot \sqrt{V} - 0,0454 \cdot V) \quad (3)$$

Эквивалентная температура ветрового охлаждения представляет собой температуру воздуха, при которой теплоощущение человека эквивалентно совместному воздействию температуры воздуха и скорости ветра. Формула (3) используется при температуре воздуха ниже 33°C (температура поверхности кожи человека) и скорости ветра выше 1,79 м/с.

Считается, что хотя индекс Сайпла и не учитывает влияния индивидуальных средств защиты на теплоотдачу организма человека, он лучше многих других индек-

сов отражает ощущение холода, которое испытывает человек. Практически применимость его оправдана тем, что выносливость человека к воздействию низких температур в значительной степени зависит от теплоотдачи незащищенных частей тела.

В 2001 г. метеорологи и медицинские эксперты Канады и США [10] рекомендовали перейти к новому выражению для расчёта эквивалентной температуры ветрового охлаждения. Именно этот показатель рекомендован к использованию в оперативной практике Национальной службы погоды США (NWS), метеорологической службы Канады, а также ряда других стран:

$$T_{wc} = 13,12 + 0,6215 \cdot T_a - 11,37 \cdot V^{0,16} + 0,3965 \cdot T_a \cdot V^{0,16}, \quad (4)$$

где T_{wc} – температура ветрового охлаждения, эквивалентная температуре воздуха, °С;

T_a – температура воздуха, °С;

V – скорость ветра, км/час.

Расчёт температуры ветрового охлаждения выполняется только для температур ниже 5°С и скорости ветра выше 4,8 км/час (2 и более м/с). При скорости ветра ниже 2 м/с за температуру ветрового охлаждения T_{wc} принимается температура воздуха.

Отметим, что ветер не может привести к охлаждению человека (или иного охлаждаемого объекта) до температуры ниже температуры воздуха. Увеличение скорости ветра приводит к сокращению времени остывания тела до этой температуры. Введение в качестве показателя охлаждения человека эквивалентной температуры ветрового охлаждения позволяет использовать её в качестве критерия суровости условий внешней среды для человека.

Представляет интерес сравнение результатов оценки эквивалентной температуры ветрового охлаждения, получаемых по формулам (3), (4) и табличных данных, приведённых в Приложении 6 к отечественным рекомендациям [5]. Соответствующий график для температуры воздуха -17,8 °С приведён на рис. 2.

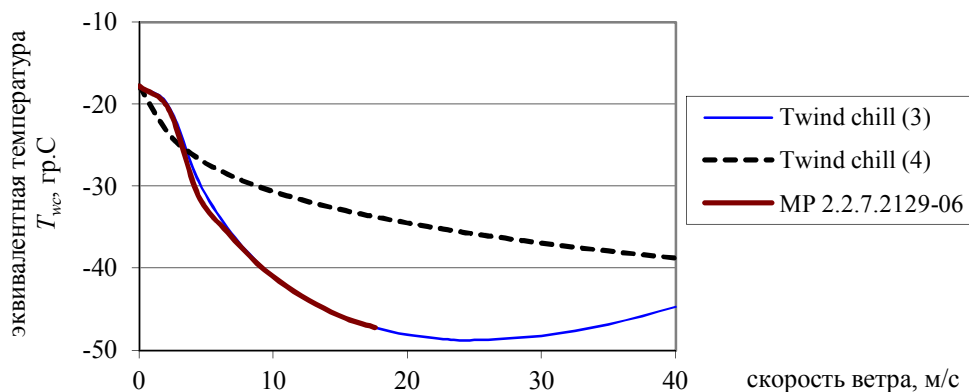


Рис. 2. Зависимость эквивалентной температуры воздуха от скорости ветра при температуре воздуха -17,8 °С по формулам (3), (4) и Рекомендациям МР 2.2.7.2129-06 [5]

Анализ рис. 2 показывает, что формула (3) Сайпла-Пассела даёт физически необоснованный вид функции $T_{ис}$, а Приложение 6 в рекомендациях [5] основано на «старой» некорректной формуле Сайпла-Пассела (3).

Новая формула для расчёта температуры ветрового охлаждения (4) даёт меньшую степень зависимости охлаждения тела от скорости ветра. Если по старой формуле (3) рост скорости ветра на 1 м/с приводит к снижению эквивалентной температуры примерно на 1,7 °С, то по новой (4) увеличение скорости ветра на 1 м/с приводит к снижению эквивалентной температуры примерно на 1,0 °С.

За рубежом для организации режима труда в условиях холода широко используются новые рекомендации Международной Ассоциации производителей нефти и газа (OGP- Oil and Gas Producers) по режиму труда в условиях холода [11]. В качестве примера в табл. 4 приведены общие рекомендации по организации режима труда на холоде для умеренно-тяжёлой работы.

Таблица 4

Рекомендации OGP по режиму труда в условиях низких температур для четырёхчасовой смены при умеренных энергозатратах

Температура, °С	Скорость ветра, км/час									
	<=4		8		16		24		32	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
-26 до -28	115 мин	1	115 мин	1	75 мин	2	55 мин	3	40 мин	4
-29 до -31	115 мин	1	75 мин	2	55 мин	3	40 мин	4	30 мин	5
-32 до -34	75 мин	2	55 мин	3	40 мин	4	30 мин	5	прекратить все работы, кроме экстренных	
-35 до -37	55 мин	3	40 мин	4	30 мин	5	прекратить все работы, кроме экстренных			
-38 до -39	40 мин	4	30 мин	5	прекратить все работы, кроме экстренных					
-40 до -42	30 мин	5	прекратить все работы, кроме экстренных				прекратить все работы, кроме экстренных			
-43 и ниже	прекратить все работы, кроме экстренных				прекратить все работы, кроме экстренных				прекратить все работы, кроме экстренных	

Примечания: а – непрерывная продолжительность работы, б – число перерывов на обогрев по 10 мин.

Сравнивая отечественные и международные требования к допустимой продолжительности пребывания на открытом воздухе (табл. 3 и табл. 4) видим, что они не вполне согласованы между собой. Отечественные требования допускают более длительное пребывание людей на морозе. Так при температуре 40 градусов мороза и слабом ветре по международным рекомендациям допустимое время пребывания на открытом воздухе составляет 30 минут, а по отечественным – 82 минуты. При той же температуре воздуха и скорости ветра выше 8 км/час (2 м/с) по международным рекомендациям все работы, кроме экстренных, рекомендуется прекратить, а по отечественным (при скорости ветра 16 км/час) они могут продолжаться 64 минуты.

Таким образом, в России создана нормативная и методическая база для оценки влияния холода на деятельность человека. Представляется, что отечественные нормы регламентации труда в отличие от зарубежных норм более обоснованны, поскольку позволяют дополнительно учесть использование индивидуальных средств защиты и

энергозатраты работающих. В то же время в отечественных нормах для оценки эквивалентной температуры ветрового охлаждения использовано некорректное и устаревшее выражение Сайпла-Пассела. Критерии существующего районирования территории России по температурно-ветровым условиям неизвестны и не связаны с биометеорологическими показателями.

Целесообразно выполнить новое районирование территории России по степени суровости климатических условий для человека. Для оценки суровости климата рекомендуется использовать следующие показатели: биометеорологический – минимум эквивалентной температуры ветрового охлаждения, технико-экономический показатель – продолжительность периодов с температурой ветрового охлаждения ниже заданных пределов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ткачук С. В. Обзор индексов степени комфортности погодных условий и их связь с показателями смертности // Труды Гидрометцентра России. – 2012, вып. 347. – С. 194–209.
2. Кобышева Н. В., Стадник В. В., Клюева М. В. и др. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики. – СПб.: ЦНИТ «АСТЕРИОН», 2008. – 336 с.
3. Методические указания. МУК 4.3.1895-04. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания. Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 3 марта 2004 г. – М.: 2004. – 20 с.
4. СанПиН 2.2.3.1384-03. Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ. Утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 11 июня 2003 г. – М.: 2003. – 45 с.
5. Методические рекомендации МР 2.2.7.2129-06/ Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях. Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19 сентября 2006 г., – М., 2006. – 28 с.
6. Афанасьева Р. Ф., Бурмистрова О. В., Бобров А. Ф. Холод, критерии оценки и прогнозирование риска охлаждения человека // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2006. – №3(49). – С. 13–18.
7. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Утв. постановлением Госстандарта СССР от 29.09.88 № 3388 (с изменениями от 20 июня 2000 г.). – М., 2000. – 12 с.
8. Методические рекомендации МР 2.2.8.2127-06. Гигиенические требования к теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты от холода в различных климатических регионах и методы ее оценки. Утв. Роспотребнадзором 07.09.2006. – М.: 2006. – 12 с.
9. Siple P. A., Passel C. F. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures // Proc. Amer. Phil. Soc. – 1945. – V. 89. – P. 177–199.
10. Osczevski R., Bluestein M. The New Wind Chill Equivalent Temperature Chart // Bulletin of the American Meteorological Society. – Oct. 2005. – V. 86. – P. 1453–1458.
11. Вопросы охраны здоровья при выполнении работ в экстремальных климатических условиях // OGP Report Number 398. – 2008, 34 p. URL: www.ogp.org.uk/pubs/398.pdf.

REVIEW OF CURRENT NATIONAL AND FOREIGN METHODS OF EVALUATION OF WIND CHILL OF MAN

S. I. Mastryukov, N. V. Chervyakova (OJSC «GNINGI»)

The current methods used to evaluate the wind chill of man are reviewed. The results of comparative evaluation of some indexes of wind chill are presented. The disagreement of the national and foreign methods used to calculate the wind chill equivalent temperature of man and the continuous safe stay in cold weather has been revealed. It is recommended to carry out the regionalization of the Russia territories based on the biometeorological and technical-economical indexes connected with the influence of cold on man.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

УДК 551.48

К 130-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВЛАДИМИРА ВЛАДИМИРОВИЧА КАВРАЙСКОГО

Н. Н. НЕРОНОВ
(ОАО «ГНИНГИ»)

Статья посвящена памяти выдающегося отечественного гидрографа и геодезиста-астронома Владимира Владимировича Каврайского.

22 апреля этого года научная общественность и все российские гидрографы и геодезисты отметили 130-летие со дня рождения известного русского учёного – профессора, контр-адмирал-инженера, гидрографа, геодезиста-астронома Владимира Владимировича Каврайского, родившегося 22 апреля 1884 года в селе Жеребятниково Симбирской губернии в семье мелкопоместных дворян.

Владимир Владимирович в 1903 году окончил с золотой медалью Симбирскую классическую гимназию и с 1905 года работал учителем в земской школе Покровской слободы Самарской губернии. В 1915 году окончил математический факультет Харьковского университета с дипломом I-ой степени. В 1916 году Владимир Владимирович пришёл на службу в Главное гидрографическое управление ВМС, и с тех пор его творческая деятельность была направлена на фундаментальные исследования в области географии, гидрографии, картографии и астрономии. С 1917 года он служил начальником мастерской мореходных инструментов, астрономом ГУВМФ и параллельно работал старшим физиком Государственного оптического института.

В 1922 году В. В. Каврайский возвратился на педагогическую работу и преподавал в высшей школе: Военно-морской академии (ВМА) – гидрографический факультет, Ленинградском горном институте, Ленинградском государственном университете – географический факультет.

Доктор наук, профессор, контр-адмирал-инженер, начальник кафедры геодезии и астрономии ВМА, консультант и член учёных советов Института теоретической астрономии АН СССР, Пулковской обсерватории, Ленинградского государственного университета, астрономического института при АН СССР и ряда других учреждений страны. Он был членом Совета и Президиума Географического общества СССР, председателем группы геодезии Ленинградского дома учёных и председателем отделения математической картографии им. Ю. М. Шокальского. Владимир Владимирович много работал в редколлегии Морского атласа.

Известны его крупные научные работы по гидрографии, картографии, астрономии, геодезии и инструментоведению. В 1934 году был издан первый обстоятельный курс математической картографии, в котором изложена классификация картографических проекций, общая теория искажений, обобщение и развитие теории

изображения сфероида на шаре, общая теория круговых равноугольных проекций, графические приёмы построения картографических сеток, предложения новых картографических проекций (составная цилиндрическая, равновеликая псевдоконическая, великая псевдоконическая, псевдоцилиндрическая и другие). Эти труды, ставшие классическими, принесли ему мировую известность.

В ряде работ Владимир Владимирович дал решение практических задач, рассмотрел рациональные проекции для авиационных маршрутных карт, полётных арктических карт, обзорных карт морей и океанов. Им разработан способ совместного определения времени и широты по соответствующим высотам звёзд (способ Каврайского). Во время гражданской войны он разработал инструкцию по применению астрономических ежегодников. В последующие годы и годы интервенции, когда прекратилось снабжение флота английскими морскими ежегодниками, составил инструкцию по применению старых ежегодников, обеспечив корабли необходимым навигационным пособием.

Владимир Владимирович – автор 10 изобретений (в их числе – наклономер, пеленгатор) и более 100 научных трудов, причём 10 статей были им опубликованы ещё во время обучения в Университете.

Велика заслуга В. В. Каврайского и во введении в СССР единой системы прямоугольных координат. Им разработаны Таблицы координат Гаусса-Крюгера, которые неоднократно переиздавались, а при переходе на систему координат 1942 года были заменены аналогичными таблицами для нового эллипсоида. В проекциях, разработанных и вычисленных Владимиром Владимировичем, изданы административные карты СССР и РФ, общая карта страны в Большом Советском Атласе Мира, карта Тихого океана в географическом атласе ГУГК, настенная карта Австралии и Тихого океана. Им было разработано математическое обоснование для новых крупных картографических работ (вычисление поверхности карты СССР, международной геологической карты четвертичных отложений Европы, карт Арктики и др.).

Труды В. В. Каврайского представляют большую научную и практическую ценность, которая сохранится ещё долгие годы.

Важная составляющая деятельности В. В. Каврайского – педагогическая. С 1921 года он – профессор Военно-Морской академии, начальник кафедры астрономии и геодезии. Одновременно (1921–1939 гг.) преподавал в Ленинградском Горном институте, в Ленинградском университете (с 1949 г.). Им подготовлено большое количество докторов и кандидатов наук, представляющих научную школу.

Научная, практическая и педагогическая деятельность В. В. Каврайского была положительно оценена учёными, его последователями и Правительством СССР. Он награждён орденами Ленина, двумя орденами Красного Знамени, орденом Трудового Красного Знамени и многими медалями.

За научные и практические заслуги В. В. Каврайский был удостоен Государственной премии СССР, звания гидрографа-геодезиста, воинского звания контр-адмирал-инженера.

Память о замечательном учёном и человеке увековечена и на советских картах Антарктиды – горы Каврайского, в Джунгарском Алатау – ледник и др. Именем Владимира Владимировича названо гидрографическое судно «Владимир Каврайский».

В. В. Каврайскому посвящен ряд публикаций, в том числе выпущенных в честь 100-летия со дня его рождения. Среди них стоит обратить внимание на статью «К 100-летию со дня рождения В. В. Каврайского» [1]. Интерес представляют статьи

учеников В. В. Каврайского – К. А. Звонарёва, И. П. Кучерова, А. И. Сорокина и др. [2, 3]. Наиболее полно представить значение В. В. Каврайского в развитии геодезии, астрономии и гидрографии можно, ознакомившись с публикациями его трудов, изобретений, докладов и других работ.

Дело, которому посвятил свою жизнь Владимир Владимирович, развивается специалистами гидрографами и геодезистами России. Приятно отметить, что дело отца продолжает его сын Александр Владимирович, который является видным учёным гидрографом-картографом, внёсшим большой вклад в развитие гидрографии.

Владимир Владимирович Каврайский скончался в феврале 1954 г. Похоронен на Пулковском кладбище.

В дополнение приведем некоторые заметки из его архивных записей:

1. Участник первой советской экспедиции «Северный полюс» Герой Советского Союза Е. К. Федоров пользовался консультациями В. В. Каврайского по вопросам определения места и направления вблизи полюса, использовал для этой цели разработанные Владимиром Владимировичем таблицы и номограммы. В архиве В. В. Каврайского хранится телеграмма, полученная им со станции «Северный полюс» от Е. К. Федорова, в которой сообщается об успешном применении предложенных им методов определения места.

2. В 1904–1905 гг. В. В. Каврайский принимал участие в революционной работе Симбирской группы социал-демократов (большевиков) как беспартийный сочувствующий. В числе организаторов этой группы был Д. И. Ульянов. Сам В. В. Каврайский определил свою деятельность в этой группе как «техническую пропагандистскую и агитационную работу». В 1906–1907 гг. таким же образом он участвовал в работе с.-д. группы в слободе Покровской (ныне г. Энгельс). В этот период В. В. Каврайский подвергался аресту полицией. Участие его в революционной работе, хотя и небольшое, как определил его сам Владимир Владимирович, не было, однако, забыто полицией: в 1912 и 1913 гг., уже учась в Харьковском университете, В. В. Каврайского дважды высылали из города на время проезда царского поезда.

Не став профессиональным революционером, В. В. Каврайский остался верен стремлениям своей молодости к служению Родине. С первых дней организации Красной армии он вступает в ее ряды в качестве военного специалиста гидрографической службы ВМФ и с тех пор до последних дней жизни отдает все силы развитию отечественной науки, внедрению ее результатов в жизнь, укреплению обороноспособности страны.

3. В 1916 году В. В. Каврайский поступил на должность помощника начальника, а в 1917 был назначен начальником Мастерских мореходных инструментов Гидрографической службы. О том, как проявились его качества человека и специалиста в этот период, говорит сохранившийся протокол общего собрания рабочих и служащих мастерской от 12 августа 1917 г., на котором рассматривался вопрос о снятии начальников частей, поступивших на должности во время войны. Общее собрание большинством голосов приняло резолюцию: «Признать начальника мастерской В. Каврайского нужным для мастерской».

4. Будучи человеком, чрезвычайно преданным науке, истинному научному знанию, В. В. Каврайский был очень внимателен и в тоже время строг к научным работам, попадавшим в сферу его деятельности и научных интересов. Его отзывы на работы, поступавшие к нему на рецензирование, часто превращались в самостоятельный научный труд, иногда превышавший по своей ценности саму рассматриваемую

мую работу. Подвергая работу автора глубокому анализу и всесторонней оценке, Владимир Владимирович не считал зазорным указать и на такие ее погрешности, как небрежность в обозначениях или наименованиях величин. В одном из отзывов на работу, особенно изобиловавшую такими ляпсусами, В. В. Каврайский привел укоризненные слова своего гимназического учителя математики, поставившего ему двойку за подобное небрежное отношение к математическим величинам, и заключил: «... то, что ещё извинительно для школьной работы, совершенно недопустимо в работе на соискание ученой степени».

Любопытен в этом плане и такой факт. В библиотеке В. В. Каврайского была заведена специальная папка с надписью: «Шарлатанство в точных науках». В ней хранились как курьёзы изданные типографским способом брошюры с такими, например, наименованиями: «Обращение Земли вокруг Солнца – есть вековое заблуждение», «Прав ли Птолемей? – к вопросу о шарообразности Земли», «Доказательство несостоятельности закона Ньютона» и т. п.

ЛИТЕРАТУРА

1. К 100-летию со дня рождения В. В. Каврайского // Записки по гидрографии. ГУНЮ МО СССР. – 1984. – № 211. – С. 41–44.
2. Звонарёв К. А., Кучеров И. П., Сорокин А. И. К 100-летию В. В. Каврайского // Геодезия и картография. – 1984. – № 4. – С. 40–41.
3. Звонарёв К. А., Смирнов Л. Е. Владимир Владимирович Каврайский (к 100-летию со дня рождения) // «Вестник ЛГУ». – 1984 г. – № 18. – С. 113–114.

ON THE OCCASION OF 130-TH BIRTHDAY ANNIVERSARY OF VLADIMIR V. KAVRAYSKIY

N. N. Neronov (OJSC «GNINGI»)

The article is devoted to the memory of the outstanding national hydrographer and geodesist-astronomer Vladimir V. Kavraisky (1884–1954).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

БАЛЕСНЫЙ Юрий Николаевич,

заместитель начальника отдела Центра инновационных исследований ОАО «ГНИНГИ», капитан 2 ранга запаса. Окончил Высшее военноморское училище им. М. В. Фрунзе. Специализация – инженер-гидрограф. Автор семи печатных работ.

E-mail: cii@gningi.ru

БЛИНКОВА Ксения Валерьевна,

научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ». Окончила Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения. Квалификация – инженер, специальность – промышленное и гражданское строительство. Автор шести печатных работ.

E-mail: 9848724@bk.ru

БРОДСКИЙ Павел Григорьевич,

директор центра инновационных исследований ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в запасе, д.в.н., профессор. Окончил Каспийское ВВМУ, Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация: штурман. Автор 234 печатных работ.

E-mail: cii@gningi.ru

ГОТЮР Иван Алексеевич,

докторант Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, кандидат технических наук, подполковник. Окончил Военно-космическую академию имени А. Ф. Можайского, специальность «Метеорология», имеет 54 научных трудов.

E-mail: gotur@newmail.ru

ЖУКОВ Владимир Юрьевич,

научный сотрудник Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, кандидат технических наук. Окончил Ленинградский механический институт, специальность «Радиоэлектронные устройства», имеет 35 научных трудов.

E-mail: vuzhukov2002@list.ru

ЖУКОВ Юрий Николаевич,

ведущий научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», д.т.н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – гидрометеорология. Автор более 70 печатных трудов.

E-mail: zhukov50@mail.ru

Yuri N. BALESNY,

Deputy chief of division, Center of Innovation Explorations, «GNINGI» OJSC, Captain 2-nd Rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College. Speciality: engineer-hydrographer. Author of seven publications.

E-mail: cii@gningi.ru

Kseniya V. BLINKOVA,

Researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute «GNINGI» OJSC). Graduated from St. Petersburg State Transport University. Speciality: engineer majoring in industrial and public construction. Author of six publications.

E-mail: 9848724@bk.ru

Pavel G. BRODSKY,

Director 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. The author of 234 scientific publications.

E-mail: cii@gningi.ru

Ivan A. GOTYUR,

Working at Doctor's degree, at Mozhaisky Military-Space Academy. PhD, Lieutenant Colonel. Graduated from Mozhaisky Military-Space Academy, majoring in meteorology. The author of 54 scientific publications.

E-mail: gotur@newmail.ru

Vladimir Y. ZHUKOV,

Researcher, the A.F. Mozhaisky Military Space Academy, PhD. Graduated from Leningrad Mechanical Institute, majoring in radioelectronic devices. The author of 35 scientific 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 70 publications.

E-mail: zhukov50@mail.ru

ЗЕНЬКОВ Андрей Федорович,

генеральный директор ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга запаса. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе. Специализация – инженер-гидрограф. Автор 23 печатных работ.

E-mail: mail@gningi.ru

КАРМАНОВ Андрей Геннадьевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры «геоинформационные системы», Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Окончил ЧВВМУ им. Нахимова, ВМА им. Кузнецова. Автор 50 научных публикаций.

E-mail: Karmanov.nip@gmail.com

КОРЫСТИН Александр Александрович,

преподаватель Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского, кандидат технических наук, майор. Окончил Военно-космическую академию имени А. Ф. Можайского, специальность «Метеорология», имеет 13 научных трудов.

E-mail: geoalex2003@mail.ru

МАСТРЮКОВ Сергей Иванович,

ведущий научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», полковник в запасе, к.т.н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – океанология. Автор более 100 печатных работ.

E-mail: mail@gningi.ru

НЕРОНОВ Николай Николаевич,

главный научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», д.т.н., профессор, Почетный член Русского географического общества, Президент Гидрографического общества России, капитан 1 ранга в отставке. Ведущий ученый-гидрограф ВМФ. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе. Специализация – гидрография. Автор более 220 научных трудов, в том числе нескольких монографий и изобретений.

E-mail: mail@gningi.ru

Andrei F. ZENKOV,

Director General, «GNINGI» OJSC, Captain 1-st Rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College. Speciality: engineer-hydrographer. Author of 23 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Andrei G. KARMANOV,

PhD, reader the Chair of Geoinformation systems, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. Graduated from Nakhimov Naval College, N. G. Kuznetsov Naval Academy. The author of 50 scientific publications.

E-mail: Karmanov.nip@gmail.com

Alexandr A. KORYSTIN,

Teacher, The A. F. Mozhaisky Military Space Academy, PhD, Major. Graduated from the A. F. Mozhaisky Military Space Academy, majoring in meteorology. The author of 13 scientific publications.

E-mail: geoalex2003@mail.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

Nicolai N. NERONOV,

chief researcher, «GNINGI» OJSC, DSc, professor, President of Hydrographic Society of Russia, Captain 1-st Rank (Ret.). The leading scientist-hydrographer of the Navy. Graduated from Frunze Naval College. Speciality: hydrography. Author of more than 220 scientific publications including some monographs and inventions.

E-mail: mail@gningi.ru

НЕСТЕРОВ Николай Аркадьевич,

заведующий лабораторией географии и природопользования Института озераведения РАН, капитан 1 ранга в отставке, д.т.н., профессор, заслуженный работник геодезии и картографии. Окончил высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и военно-морскую академию им. А. А. Гречко. Специализация – гидрография. Автор более 100 печатных трудов.

E-mail: nnesterovmail@yandex.ru

РУДЕНКО Евгений Иванович,

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

E-mail: cii@gningi.ru

ЧЕРВЯКОВА Нина Владимировна,

начальник лаборатории ОАО «ГНИНГИ». Окончила Российский Государственный гидрометеорологический университет, магистр, специальность – климатология, гидрометеорология. Автор четырех публикаций.

E-mail: mail@gningi.ru

ЯСТРЕБОВ Лев Дмитриевич,

аспирант 3-го года обучения, Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, кафедра «геоинформационные системы». Окончил Чебоксарский институт Московского государственного открытого университета, специальность – «электро-снабжение промышленных предприятий». Автор двух печатных работ.

E-mail: lev.yas@ya.ru

Nicolai A. NESTEROV,

Head of laboratory of geography and use of natural resources, the Institute of Limnology, RAS, DSc, professor, the Honoured Scientist for Geodesy and Cartography, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College and the A.A. Grechko Naval Academy. Speciality: hydrography. Author of more than 100 scientific publications.

E-mail: nnesterovmail@yandex.ru

Evgeny I. RUDENKO,

Deputy director, of Centre of Innovation Research, «GNINGI» OJSC. Captain 2-nd rank (Ret.), PhD. Graduated from Frunze Naval College. Speciality – headquarters ships. The author of 41 scientific publications.

E-mail: cii@gningi.ru

Nina V. CHERVYAKOVA,

Chief of laboratory «GNINGI» OJSC. M.Sc. Graduated from the Russian State Hydrometeorological University. Speciality: climatology, hydrometeorology. Author of 4 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Lev D. YASTREBOV,

Postgraduate student, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, the chair of Geoinformation systems. Graduated from Cheboksary Institute of Moscow State Open University, majoring in «Electric power supply of industrial enterprises». Author of two publications.

E-mail: lev.yas@ya.ru

РЕФЕРАТЫ

УДК 656.6:551.48

О состоянии и основных приоритетных направлениях научной деятельности ОАО «ГНИНГИ» на ближайшую перспективу. А. Ф. Зеньков – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 7–13.

Приводится обобщение результатов развития ОАО «ГНИНГИ». Представлена оценка состояния и основные приоритетные направления научной деятельности Института на ближайшую перспективу.

Ключевые слова: ОАО «ГНИНГИ», результаты развития, приоритетные направления, научная деятельность.

УДК 626.01, 510.67

К вопросу обеспечения безопасности сооружений зрительных средств навигационного оборудования при внешних воздействиях. К. В. Блинкова – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 14–21.

В статье представлены результаты исследований по оценке взаимного влияния сооружений СНО при природных и техногенных воздействиях.

Ключевые слова: зрительные средства навигационного оборудования, сейсмостойкость, взаимное влияние.

УДК 551.466.18

О приоритетных направлениях развития импортозамещаемых средств съемки и обследования морского дна. А. Ф. Зеньков – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 22–29.

Рассматриваются вопросы возобновления создания отечественных технических средств съемки рельефа и обследования дна в условиях импортозамещения. Приведены приоритетные направления их развития.

Ключевые слова: технические средства съемки рельефа и обследования дна, импортозамещение, приоритетные направления развития.

УДК 622.276.04:504.056

Об основных требованиях к разработке комплексной технологии поиска и идентификации подводных потенциально опасных объектов в Арктическом регионе РФ.

Ю. Н. Балесный, П. Г. Бродский, Е. И. Руденко – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 30–35.

В статье проведен анализ нормативной правовой базы в области экологической безопасности морей Арктической зоны. Показана необходимость разработки комплексной технологии поиска и идентификации подводных потенциально опасных объектов. Сформулированы основные положения и принципиальные решения по разработке указанной технологии.

Ключевые слова: основные требования, комплексная технология, поиск и идентификация, подводные потенциально опасные объекты, арктические моря.

УДК 528.92

Ограничения на возможные значения гармонических параметров приливов.

Ю. Н. Жуков – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 36–43.

В теории гармонического анализа приливов не определены какие-либо ограничения на значения гармонических постоянных для различных пунктов, находящихся в пределах одной акватории. В статье показано, что такие ограничения существуют. Они определяются наличием синхронизации приливных колебаний по пространству акватории.

Ключевые слова: приливы, гармонические постоянные.

УДК 528.92

Алгоритм автоматизированного построения дерева Кронрода-Риба.

Ю. Н. Жуков – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 44–50.

Традиционные алгоритмы построения дерева Кронрода-Риба для рельефа основаны на использовании изогипс, построенных для гладкой поверхности рельефа. Дается алгоритм построения дерева Кронрода-Риба, использующий дискретное описание рельефа, в виде клеток Морса-Смейла.

Ключевые слова: поверхность рельефа, топология, дерево Кронрода-Риба, ячейки Морса-Смейла.

УДК 656.6:528

Подготовка данных для построения непрерывной поверхности дна по электронным навигационным картам. Л. Д. Ястребов, А. Г. Карманов – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 50–56.

В статье показана практическая необходимость автоматического построения изобат, рассмотрены проблемы использования сечений поверхности в качестве изобат. Приведено описание предлагаемого алгоритма, позволяющего автоматически строить изобаты на электронных навигационных картах и по данным промеров глубин с учётом заданных отклонений по глубине и других параметров.

Ключевые слова: построение изобат, триангулированная поверхность, гидрография, навигационные карты, данные промеров, стандарт S-57, алгоритм, интерполяция.

УДК 623.978

Некоторые аспекты технологии гидролокационного поиска донных объектов.

Н. А. Нестеров – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 57–65.

В статье рассматриваются некоторые аспекты технологии гидролокационного поиска донных объектов. Отмечается, что современные гидролокационные средства являются эффективными средствами поиска и обследования донных объектов, в том числе заиленных и находящихся в грунте. Результативность поисковых операций во многом определяется технологией использования аппаратуры. Немаловажное значение играют также подробные сведения о физических характеристиках объектах поиска и физико-географических условиях района поиска.

Ключевые слова: гидролокатор бокового обзора, многолучевой эхолот, буксируемое устройство, гидролокационное обследование, донный профилограф.

УДК 551.586

Оценка степени суровости климата севера Евразии в зимний период.

С. И. Мاستрюков, Н. В. Червякова – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 66–73.

В работе предложены новые климатические показатели для оценки воздействия холода на человека. Первый из них представляет собой абсолютный минимум эквивалентной температуры ветрового охлаждения, важный для адекватного выбора средств индивидуальной защиты от холода, второй – период времени с температурой ветрового охлаждения ниже заданных пределов, важный для технико-экономического обоснования эффективности проектов по освоению Крайнего Севера. Расчёт эквивалентной температуры выполнен с применением новой формулы, картосхемы новых показателей построены по данным береговых метеорологических наблюдений в северной части Евразии за 2007–2014 гг.

Ключевые слова: эквивалентная температура, абсолютный минимум температуры, ветровое охлаждение человека, безопасность человека, здоровье, биометеорология, освоение шельфа арктических морей.

УДК 621.396.967.2

Анализ поля радиолокационной отражаемости на основе метода оптимальной интерполяции.

И. А. Готюр, В. Ю. Жуков, А. А. Корыстин – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 74–83.

В статье раскрываются вопросы применения метода оптимальной интерполяции для вторичной обработки радиометеорологической информации. Представлены математическая постановка задачи и порядок ее решения, а также – преимущества данного метода.

Ключевые слова: метеорологическая радиолокация, вторичная обработка информации, артефакт, оптимальная интерполяция, радиолокационная отражаемость.

УДК 551.586

Обзор современных отечественных и зарубежных методов оценки ветрового охлаждения человека.

С. И. Мاستрюков, Н. В. Червякова – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 83–90.

В работе выполнен обзор современных методов оценки ветрового охлаждения человека, изложены результаты сравнительной оценки некоторых показателей ветрового охлаждения. Выявлена несогласованность отечественных и зарубежных методов расчёта эквивалентной температуры ветрового охлаждения человека и непрерывной продолжительности безопасного пребывания на холоде. Рекомендовано выполнить районирование территории России по биометеорологическим и технико-экономическим показателям, связанным с воздействием холода на человека.

Ключевые слова: эквивалентная температура, ветровое охлаждение человека, безопасность человека, здоровье, биометеорология, освоение шельфа арктических морей.

УДК 551.48

К 130-летию со дня рождения Владимира Владимировича Каврайского.

Н. Н. Неронов – Навигация и гидрография. – 2014. – № 38. – С. 91–94.

Статья посвящена памяти выдающегося отечественного гидрографа и геодезиста-астронома Владимира Владимировича Каврайского.

Ключевые слова: В. В. Каврайский, астрономия, геодезия, гидрография, картография.

ABSTRACTS

On the State and Main Priority Directions of «GNINGI» OJSC Research Activities for the Nearest Future. A. F. Zenkov – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 7–13.

The generalized results of “GNINGI” OJSC development are presented. The state and the main priority directions of the research activities of the Institute for the nearest future are evaluated.

Key words: «GNINGI» OJSC, results of development, priority directions, research activities.

On Safety Provision for Visual Aids to Navigation against External Influence. K. V. Blinkova – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 14–21.

The results of explorations intended to evaluate the mutual influence of aids to navigation structures under the natural and technogenous impacts are presented.

Key words: visual aids to navigation, seismostability, mutual influence.

On Priority Directions of Development for Import replaceable Means for Sea Bottom Survey and Exploration. A. F. Zenkov – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 22–29.

The problems of creating the national technical means of the bottom relief survey and exploration under the conditions of import replacement are considered. The priority directions of their development are stated.

Key words: technical means of bottom relief and explorations, import replacement, priority directions of development.

On the Main Requirements to Development of Complex Technology for Search and Identification of Potentially Dangerous Objects in the Arctic Region of the Russian Federation.

Y. N. Balesny, P. G. Brodsky, E. I. Rudenko – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 30–35.

The normative legal basis in the sphere of ecological safety for the seas of the Arctic zone is analyzed. The necessity to develop the complex technology for search and identification of submarine potentially dangerous objects is shown. The main statements and principal solutions intended to develop the above technology are formulated.

Key words: main requirements, complex technology, search and identification, submarine potentially dangerous objects, the Arctic seas.

Limitation for Possible Values of Harmonic Parameters of Tides. Y. N. Zhukov – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 36–43.

In the theory of the harmonic analysis of tides, there is no definition of any limitation for harmonic constants values for various points located within one water area. It is shown that such limitations do exist. They are revealed due to the existence of synchronization of the tidal variations for the water area space.

Key words: tides, harmonic constants.

Algorithm of the Automated Construction of the Kronrod-Reeb Tree. Y. N. Zhukov – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 44–50.

The traditional algorithms for constructing the Kronrod-Reeb tree for the relief are based on employment of the isohypses constructed for the differentiable relief surface. The algorithm for constructing the Kronrod-Reeb tree using the discrete description of the relief in the form of Morse-Smale cells is presented.

Key words: the surface of relief, topology, the Kronrod-Reeb tree, Morse-Smale cells.

Preparation of Data for Constructing the Seamless Bottom Surface Using the Electronic Navigation Charts. L. D. Yastrebov, A. G. Karmanov – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 50–56.

The practical necessity for the automatic construction of the isobaths is shown. The problems of using the sections of the surface as isobaths are considered. The suggested algorithm that enables to construct automatically

the isobaths on the electronic navigation charts is described. This algorithm can also be used to construct the isobaths using the depth measurement data, taking the set variations in depth and other parameters into account.

Key words: construction of the isobaths, triangulated surface, hydrography, navigation charts, survey data, S-57 Standard, algorithm, interpolation.

Some Aspects of Sonar Search Technology for Bottom Objects. N. A. Nesterov – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 57–65.

Some aspects of sonar search technology for bottom objects are considered. It is noted that modern sonar systems are effective means used for search and examination of bottom objects, both silted and located in the soil. The effectiveness of search operations is largely determined by the technology of using the equipment. An important role is also played by the detailed information about the characteristics of objects and physico-geographical conditions of the search area. The article is of a practical nature and can be used when solving the tasks of planning and carrying out the operations.

Key words: side scan sonar, multibeam echosounder, tow fish, sonar survey, bottom profiler.

Evaluation of Climate Severity Degree of Northern Eurasia in Winter Period. S. I. Mastryukov, N. V. Chervyakova – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 66–73.

New climatic indexes that can be used to evaluate the influence of cold on man are proposed. The first of them is the absolute minimum of wind chill equivalent temperature that is important for adequate selection of means of individual protection against the cold. The second is the time period with wind chill temperature below the set limits that is important for technical-economical substantiation of effectiveness of projects for the Far North development. The calculation of the equivalent temperature has been carried out using the new formula, the contour maps of the new indexes have been drawn using the data of the coastal meteorological observations in the northern part of Eurasia for 2007 – 2014.

Key words: equivalent temperature, wind chill of man, safety of man, health, biometeorology, development of shelf of the Arctic seas.

Analysis of the Radiolocation Reflectivity Field Based on the Method of Optimal Interpolation. I. A. Gotyur, V. Y. Zhukov, A. A. Korystin – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 74–83.

The problems of using the method of optimal interpolation for the secondary processing of radiometeorological information are set forth. The mathematical statement of the problem and the successive order of its solution as well as the advantages of this method are presented.

Key words: meteorological radiolocation, secondary processing of information, artefact, optimal interpolation, radiolocation reflectivity.

Review of Current National and Foreign Methods of Evaluation of Wind Chill of Man. S. I. Mastryukov, N. V. Chervyakova – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 83–90.

The current methods used to evaluate the wind chill of man are reviewed. The results of comparative evaluation of some indexes of wind chill are presented. The disagreement of the national and foreign methods used to calculate the wind chill equivalent temperature of man and the continuous safe stay in cold weather has been revealed. It is recommended to carry out the regionalization of the Russia territories based on the biometeorological and technical-economical indexes connected with the influence of cold on man.

Key words: equivalent temperature, absolute minimum of temperature, wind chill of man, safety of man, health, biometeorology, development of shelf of the Arctic seas.

On the Occasion of 130-th Birthday Anniversary of Vladimir V. Kavrayskiy. N. N. Neronov – Navigation and Hydrography. – 2014. – No. 38. – P. 91–94.

The article is devoted to the memory of the outstanding national hydrographer and geodesist-astronomer Vladimir V. Kavrayskiy (1884–1954).

Key words: Vladimir V. Kavrayskiy, astronomy, geodesy, cartography, hydrography.

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 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

Журнал выходит два раза в год. Статьи, предназначенные для первого номера, принимаются до конца марта, а для второго – до конца сентября текущего года.

Требования к оформлению материалов

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 закончил 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 – два 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

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ, 2014, №38

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

Подписано в печать 19.12.2014 г.
Тираж 300 экз.
Заказ № 11/32 от 24.12.2014 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»**