

ISSN 2220-0983

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

43/2016

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ



Санкт-Петербург

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

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1995 ГОДА

**43
2016**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

**Главный редактор
А. Ф. Зеньков**

Редакционная коллегия:

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

Журнал «Навигация и гидрография» включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук»

Электронная версия журнала размещена на сайте www.gningi.ru

**© Открытое акционерное общество
«Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт»
2016**

**THE STATE RESEARCH NAVIGATION-HYDROGRAPHIC
INSTITUTE**

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

PUBLISHED SINCE 1995

**43
2016**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint-Petersburg

Editor-in-chief

A. Zenkov

Editorial board

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

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

2016

СОДЕРЖАНИЕ

НАВИГАЦИЯ

Возможные направления развития средств коррекции корабельных навигационных комплексов. П. И. Малеев, Ю. Г. Хлыпало	7
Развитие средств навигационного оборудования прибрежной зоны Российской Федерации в соответствии с концепцией e-Навигации. Е. П. Гладских, В. Н. Костин, В. А. Максимов, Ю. М. Репин	13
Правовое обеспечение разработки концепции программно-целевого планирования и управления развитием средств навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения ВМФ в ОАО «ГНИНГИ». Д. С. Голыгин.....	22

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

Способ прогнозирования высоты уровня моря. Е. В. Фёдорова, Ю. Н. Жуков, Р. А. Исмаилов	28
Информационно-справочная система по параметрам природной среды Баренцева моря. К. Г. Ставров, О. А. Гасников, В. И. Гусева	35
Обеспечение высотной основой съемки рельефа морского дна и навигационной безопасности судоходства. Э. С. Зубченко, А. М. Шарков.....	42
Результаты сравнения методов гармонического анализа приливов. Е. В. Фёдорова, Ю. Н. Жуков.....	50

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Методические аспекты восстановления метеорологических полей при комплексном использовании данных радиолокационных и аэросиноптических наблюдений. И. Е. Кузнецов, Р. Е. Первезенцев	57
Научно-методический аппарат идентификации опасных явлений погоды конвективного происхождения по радиолокационным изображениям. И. Е. Кузнецов, Р. Е. Первезенцев.....	63

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

К 150-летию Русского технического общества. История Русского технического общества и деятельность секции «Морская навигация, гидрография, геофизика и гидрометеорология» НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова. П. И. Малеев	70
---	----

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	74
---------------------------	----

РЕФЕРАТЫ	78
----------------	----

C O N T E N T S

NAVIGATION

Possible Directions of Development for Correction Aids of Ship Navigation Complexes. P. I. Maleyev, Y. G. Khlypalo	7
Development of the Aids to Navigation of the Russian Federation Nearshore Zone in Accordance with the Navigation Concept. E. P. Gladskikh, V. N. Kostin, V. A. Maksimov, Y. M. Repin.....	13
The Legal Basis for Design of the Concept of Program and Special-Purpose Planning and Management of Development of Navigation-Hydrographic and Hydrometeorological Means of Support for the Navy in «GNINGI» OJSC. D. S. Golygin	22

HYDROGRAPHY AND MARINE CARTOGRAPHY

The Method of Predicting the Sea Level. E. V. Fedorova, Y. N. Zhukov, R. A. Ismailov	28
Information-Reference System for Natural Environment Parameters of the Barents Sea. K. G. Stavrov, O. A. Gasnikov, V. I. Guseva.....	35
Provision of Submarine Relief Survey and Navigation Safety by Vertical Datum. E. S. Zubchenko, A. M. Sharkov.....	42
Results of Comparison of Methods Used for Tide Harmonic Analysis. E. V. Fedorova, Y. N. Zhukov.	50

HYDROMETEOROLOGY

Methodic Aspects of Meteorologic Fields Restoration in Complex Employment of Radiolocation and Aerosynoptic Observations Data. I. E. Kuznetsov, R. E. Pervezentsev	57
Scientific-Methodic Apparatus for Identification of Dangerous Weather Phenomena of Convective Origin by Radar Images. I. E. Kuznetsov, R. E. Pervezentsev.....	63

PAGES OF HISTORY

On the Occasion of the 150-th Anniversary of the Russian Technical Society. History of the Russian Technical Society and activities of the section «Marine Navigation, Hydrography, Geophysics and Hydrometeorology» of Academician A. N. Krylov STS of Shipbuilders. P. I. Maleyev.	70
--	----

INFORMATION ABOUT AUTHORS	74
--	----

ABSTRACTS	78
------------------------	----

НАВИГАЦИЯ

УДК 629.783.05:629.1.053

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ КОРРЕКЦИИ КОРАБЕЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

П. И. МАЛЕЕВ, Ю. Г. ХЛЫПАЛО
(ОАО «ГНИНГИ»)

В статье рассмотрены положительные и отрицательные стороны существующих средств коррекции корабельных навигационных комплексов и возможности их совершенствования. Особое внимание уделено средству коррекции по гравитационному полю Земли. Показано, что для повышения его точности целесообразно перейти от «механической» системы подвеса пробного тела гравиметра к электростатической или магнитной, а также использовать средства измерения абсолютной скорости объекта по магнитному полю Земли.

Современные корабельные навигационные комплексы (НК) достигли высокого уровня развития, однако совершенствование оружия и систем обнаружения морских объектов диктуют необходимость дальнейшей их модернизации.

На современном этапе развития корабельных средств навигации одной из важнейших задач является, как и ранее, повышение их точности, надежности, а также увеличение скрытности использования, что наиболее важно для НК подводных лодок. Из всех известных средств навигации этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяют инерциальные навигационные системы (ИНС), способные автономно вырабатывать практически все основные навигационные и динамические параметры, необходимые как для применения оружия, так и для обеспечения навигационной безопасности плавания. Эти системы являются в настоящее время основой НК. Однако погрешности вырабатываемых ими навигационных параметров со временем растут, что связано с дрейфом используемых в них гироскопов и акселерометров, не удовлетворяющих современным требованиям по точности, линейности и стабильности. Это ведет к необходимости периодической коррекции (уменьшения) этих погрешностей.

Средствами коррекции в настоящее время являются: системы астрокоррекции, наземные и спутниковые радионавигационные системы (РНС), гидроакустические маяки-ответчики, системы, работающие по рельефу дна и гравитационному полю Земли. К сожалению, ни одно из этих средств не удовлетворяет современным, а тем более перспективным требованиям. Это ведет к необходимости анализа возможных путей их совершенствования. При решении этой задачи представляется целесообразным оценить недостатки этих средств коррекции НК и рассмотреть возможные пути их улучшения.

1. Системы астрокоррекции

К системам астрокоррекции относятся астронавигационные системы, радиосекстаны и перископы, способные пеленговать космические источники электромагнитных излучений.

Положительной стороной рассматриваемых систем является автономность их использования. Для их работы не требуются береговые и иные объекты и всегда имеются источники информации. Однако точности выработки по ним поправки курса и местоположения объекта весьма ограничены.

Существенным недостатком систем астрокоррекции при использовании на подводных лодках (ПЛ) является также необходимость всплытия ПЛ на период коррекции, что может привести к ее обнаружению. Возможности улучшения этих систем связаны с использованием в них более совершенных оптических каналов и гироскопической стабилизации. Однако удовлетворить требованиям, предъявляемым к современным средствам коррекции ПЛ весьма проблематично.

2. Наземные радионавигационные системы

Анализ отечественных наземных РНС свидетельствует о том, что ни одна из них в полном объеме не удовлетворяет современным требованиям по точности, а в ряде случаев и скрытности коррекции навигационных комплексов. Так:

- РНС дальней навигации (до 10000 км) обеспечивают определение местоположение объекта лишь с СКП 60–1500 м;
- РНС средней дальности (до 1000 км) – с СКП 60–350 м;
- РНС ближнего действия (до 200 км) – с СКП 5–60 м;
- РНС специального назначения с дальностью действия лишь до 20 км и с СКП 0,5–1,5 м, а РНС с дальностью действия до 150 км – с СКП определения места 0,5–3 м.

Возможности дальнейшего совершенствования этих систем весьма ограничены.

3. Спутниковые навигационные системы

Отечественная спутниковая навигационная система (СНС) ГЛОНАСС обеспечивает высокоточное определение координат объекта, его скорость, а также курс, углы качки и время в любой момент и в любой точке Мирового океана. Благодаря глобальности, независимости от погодных условий, времени суток и относительно высокой точности эта система занимает в настоящее время лидирующее положение среди других средств коррекции НК морских объектов. В штатном режиме работы СНС предельная погрешность в определении координат объекта составляет 5–10 м, а по скорости – 0,05 м/с. В дифференциальном режиме точность определения повышается до 5 м по координатам и до 0,05 м/с по скорости.

Существенным недостатком этих систем в интересах коррекции НК ПЛ является необходимость всплытия ПЛ на период коррекции, что может ее демаскировать. Необходимо также учитывать уязвимость таких систем не только с точки зрения нарушения противником её сигналов, но и возможности уничтожения спутников, систем их управления и других нарушений работы в угрожаемый период и в период военных действий.

Возможные направления дальнейшего развития способов коррекции НК по спутниковым навигационным системам связаны в первую очередь с улучшением их приемных устройств, в частности, за счет:

- включения в приемное устройство блока ускоренной коррекции [1];
- угловых измерений орбиты спутника в три момента времени [2];

– использования связи текущих значений углов ориентации объекта, вырабатываемой инерциальной системой, и информации от спутниковой навигационной системы о координатах двух неколлинеарных спутников [3].

4. Навигационные системы с гидроакустическими маяками

Рассматриваемые навигационные системы предназначены для определения координат морских объектов относительно установленных на дне гидроакустических маяков, координаты которых заранее определены. Эти системы подразделяются на:

- дальномерные, в которых путем измерения времени распространения сигнала определяются расстояния до двух и более маяков. Дальномерные системы еще называют системами с длинной базой. Под базой понимают расстояние между маяками;
- разностно-дальномерные, в которых определяются разности расстояний от трех и более маяков до объекта;
- дальномерно-пеленгационные, в которых определяют расстояние до маяка и направление на него, для этого достаточно одного маяка;
- пеленгационные, в которых определяются пеленги на один маяк и более;
- доплеровские, в которых, наряду с измерением координат объекта относительно маяков, определяют и его абсолютную скорость путем измерения доплеровского сдвига частоты принимаемых сигналов маяков на движущемся объекте.

Основными характеристиками рассматриваемых систем являются: точность определения координат, дальность действия, время решения задачи определения места, срок службы маяков, вероятность безотказной работы, масса и объем как маяков, так и бортовой аппаратуры, а также стоимость [4, 5].

Рассматриваемые системы обладают относительно высокой точностью. Примером может служить американская система ATNAV-2 с длинной базой [4]. Флюктуационная погрешность определения по ней координат составляет 2–3 м при дальности действия до 20 км. Частота запроса маяков – 9 и 11 кГц. Ответные частоты лежат в диапазоне 7,5 – 15 кГц. Срок службы маяков – до трех лет.

Несмотря на относительно высокие точности этих систем, они обладают рядом недостатков. К ним относятся: ограниченный ресурс маяков, их высокая стоимость, зависимость от гидрологических характеристик района постановки маяков, ограниченная скрытность как при постановке маяков, так и при их использовании. Совершенствование рассматриваемых средств возможно в направлении уменьшения перечисленных недостатков.

5. Системы коррекции, работающие по гравитационному полю Земли

Из существующих средств коррекции НК ПЛ к наиболее привлекательным относятся гравиметрические, поскольку они являются автономными и не демаскируют объект. Гравитационное поле Земли (ГПЗ) – поле силы тяжести обусловлено притяжением ее массы и центробежной силой, вызванной суточным вращением. ГПЗ состоит из двух частей: нормальной и аномальной. Аномальная часть гравитационного поля, с одной стороны, является источником погрешностей ряда средств навигации, а с другой, – исходной информацией для средств коррекции корабельных навигационных комплексов по заранее определенным в морских акваториях аномальным составляющим ГПЗ. С этой целью заранее проводится гравиметрическая съемка акватории, по результатам которой выявляются места с наиболее высокими значениями градиента ГПЗ и определяются их координаты.

Локальные аномалии обусловлены преимущественно особенностями тектонического строения и изменениями мощности и состава кристаллического фундамента

и осадочной толщи и могут достигать значений от нескольких миллигал (мГал) до первых десятков мГал.

Съемка ГПЗ, а также определение поправки на коррекцию комплекса осуществляются гравиметрами. Учитывая, что величины аномального ГПЗ незначительны, точность гравиметров должна быть чрезвычайно высокой. К настоящему времени разработано значительное число гравиметров разных типов [6].

Особенностью измерений ускорения силы тяжести в море является то, что они проводятся в условиях инерционных ускорений, качек и наклонов объекта. Инерционные ускорения в сотни и тысячи раз превосходят измеряемую величину ускорения силы тяжести. Это ведет к необходимости разработки оптимальных алгоритмов сглаживания и динамических систем синтеза и фильтрации полезного сигнала. Недостатком современных морских гравиметров является и относительно большой дрейф нуль-пункта, что ведет к необходимости периодического захода объекта в специальные пункты для проведения опорных измерений. Смещение нуль-пункта связано в основном с усталостью, ползучестью и упругим последствием материалов чувствительного элемента гравиметра, поскольку в основе построения чувствительного элемента современных морских гравиметров используются деформации упругих тел (пружин, крутильных нитей и т. п.). Меняется со временем и масштабный коэффициент, а также нелинейность шкалы измерений гравиметра. Значительное влияние на точность оказывает также качка объекта, его вибрация, инерциальные помехи и другие дестабилизирующие факторы. При точности измерений, равной 1 мГал, допустимая раскачка платформы, на которой установлен гравиметр, не должна превышать 5 угловых минут по каждой из плоскостей. Для обеспечения большей точности измерения гравитационного поля требования к точности стабилизации гравиметра значительно возрастают. Не вдаваясь в подробности рассмотрения методов борьбы с другими помехами, отметим лишь, что точность лучших современных гравиметров находится в пределах 0,5–1 мГал [6]. И точность эта, несмотря на предпринимаемые усилия, в последние годы не повысилась. Одной из причин этого, по нашему мнению, является то, что в гравиметрах не используются новые принципы подвеса пробного тела, такие как электростатические и магнитные. Использование, в частности, электростатического поля для подвеса ротора в гироскопе позволило создать электростатический гироскоп с непревзойденной точностью. Подобного эффекта можно ожидать и при использовании электростатических и магнитных полей в гравиметрии. К настоящему времени предложено несколько вариантов таких гравиметров [7–10].

При анализе гравитационного поля Земли необходимо иметь в виду, что из трех основных его параметров – ускорения силы тяжести, высоты геоида и отклонения отвесной линии (УОЛ) – наибольший интерес для навигации представляет УОЛ, которое оказывает наибольшее влияние на точность инерциальной системы, а также ракетных стрельб. Погрешность определения УОЛ в 1 угл. с вызывает появление погрешности определения места около 30 м, Величина же УОЛ в океане может достигать 60–90 угл. с.

Для определения УОЛ на уровне 1 угл. с необходимо измерять все 9 компонент тензора вторых производных гравитационного потенциала. Это можно осуществить с помощью гравитационных градиентометров, однако разработка их в современных условиях проблематична. По данным же гравиметра УОЛ вычисляется.

Необходимо также иметь в виду, что при использовании морских гравиметров, помимо инструментальных, имеют место и методические погрешности. Наиболее

существенные из них связаны с эффектом Этвеша, в основе которого лежит воздействие на чувствительный элемент гравиметра центробежной силы и силы Кориолиса. Центробежная сила обязана вращению Земли, а сила Кориолиса – движению объекта по вращающейся Земле. Значение поправки (в мГал.) за эффект Этвеша вычисляется по формуле [11]:

$$\Delta g = 7,5 \cdot U \cdot \sin \text{ПУ} \cdot \cos \varphi + 0,416 \cdot 10^{-2} \cdot U^2,$$

где U – скорость объекта в узлах;
 φ – широта места, где находится объект;
ПУ – путевой угол.

Следовательно, для уменьшения погрешности за эффект Этвеша необходима высокоточная информация о скорости объекта и направлении его движения. Применение относительного лага для измерения скорости проблему не решает, поскольку не учитывается скорость течения. Использование же абсолютного гидроакустического лага может привести к демаскированию подводной лодки.

Наличие погрешности за эффект Этвеша, несмотря на предпринимаемые усилия, не позволяет значительно повысить точность морских гравиметров. Решение проблемы, по-видимому, возможно за счет использования измерителя скорости объекта, работающего по аномалиям магнитного поля Земли и искусственным магнитным реперам. Специально выполненные теоретические и экспериментальные исследования на созданном макетном образце магнитометрического лага [12] показали, что в реальных условиях моря на гидрографическом судне точность работы макетного образца такого лага как по магнитным аномалиям МПЗ, так и по искусственным магнитным реперам, оказалась того же порядка, что и по используемому на этом объекте приёмнике сигналов СНС «Бриз», – порядка 0,01 уз. Анализ результатов проведенных исследований привел к выводу, что одним из наиболее существенных источников погрешности испытанного макетного образца такого лага является погрешность в определении качек и курса судна. Использование данных об этих параметрах, имеющихся на современных ПЛ, позволит достичь требуемой более высокой точности измерения абсолютной скорости объекта, а, следовательно, и точности коррекции НК.

6. Системы коррекции, работающие по рельефу морского дна

Поле рельефа морского дна, как и гравитационное, отличается высокой стабильностью. В интересах навигации оно стало использоваться с 60-х годов прошлого века. В 1965 г. в США была создана система ВНЕ (Bathymetric Navigation Equipment), основанная на использовании топографических карт рельефа морского дна и данных фактических глубин, получаемых эхолотом вдоль маршрута движения морского объекта [13]. Известно, что подобные системы получили широкое применение в навигации крылатых ракет и самолетов. Положительной стороной таких систем является то, что они не требуют использования дополнительной аппаратуры, поскольку на морских объектах эхолоты, как правило, имеются, отрицательной (особенно при использовании на подводных лодках) – возможность демаскирования объекта. Исследования показали, что к демаскированию объекта могут привести как низкочастотный, так и высокочастотный каналы эхолота. Необходимо учитывать также, что далеко не все участки рельефа морского дна пригодны для использования в интересах коррекции.

Выводы

1. Несмотря на то, что корабельные навигационные комплексы достигли высокого уровня развития, актуальными остаются требования по повышению их точности, а для подводных лодок и скрытности работы.

2. Один из путей повышения точности современных навигационных комплексов состоит в использовании средств их коррекции, обеспечивающих периодический «сброс» накапливающихся в них погрешностей.

3. Анализ существующих средств коррекции позволил выявить их положительные и отрицательные стороны, а также возможности совершенствования. Наибольший интерес в этом плане представляет система коррекции по гравитационному полю Земли. Показано, что для повышения точности этой системы целесообразно от «механической» подвески пробного тела в гравиметрах перейти к электростатической и магнитной, а также использовать измеритель абсолютной скорости по магнитному полю Земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2375679 (Россия). Инерциально-спутниковая система навигации, ориентации и стабилизации. Авторы: Алексеев С. П., Резниченко В. И., Малеев П. И., Якушев А. А. Приоритет от 05.02.2008 г.
2. Патент № 2448326 (Россия). Способ спутниковой коррекции автономных средств навигации подвижных объектов. Авторы: Гаврилов В. В., Лапшина В. И., Малеев П. И. Приоритет от 10.06.2010 г.
3. Патент № 2428659 (Россия). Способ спутниковой коррекции гироскопических навигационных систем морских объектов. Авторы: Алексеев С. П., Резниченко В. И., Малеев П. И. Приоритет от 27.05.2008 г.
4. Бородин В. И., Смирнов Г. Е. и др. Гидроакустические навигационные средства. – Л.: Судостроение, 1983. – 264 с.
5. Николаенко Ю. А., Остроухов А. А. Навигационная система с гидроакустическими маяками-ответчиками. Сборник “50 лет ЦНИИ «Морфизприбор»”. – СПб, 1999. – С. 213–221.
6. Иванов Б. Е., Мятелков В. О. Морская геофизика – новое направление исследований // Навигация и гидрография. – 1998. – № 7. – С. 102–108.
7. А.С. № 267175 (СССР). Морской электростатический гравиметр. Малеев П. И., Радионов Л. И. Приоритет от 5.08.1986 г.
8. А.С. № 274850 (СССР). Криогенный гравиметр. Малеев П. И., Вербитская Л. В. и др. Приоритет от 20.08.1987 г.
9. А.С. № 28304 (СССР). Криогенный гравиметр. Козорез В. В., Малеев П. И. Приоритет от 3.11.1987 г.
10. А.С. № 280948 (СССР). Криогенный гравиметр. Козорез В. В., Малеев П. И. Приоритет от 26.10.1987 г.
11. Вейнинг-Мейнес Ф.А. Гравиметрические измерения на море. М.: ГУГМС, 1940. – 653 с.
12. Малеев П. И., Капустин И. В., Конечников Е. А., Гидаспов Д. Д., Шеремет В. И. Бортовая магнитометрическая система определения абсолютной скорости. Результаты разработки и испытания // Записки по гидрографии. – 2005. – Вып. 263. – С. 13–18.
13. Белоглазов И. Н., Джанджигавга Г. И., Чигин Г. П. Основы навигации по геофизическим полям. – М.: Наука, 1985. – 328 с.

POSSIBLE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT FOR CORRECTION AIDS OF SHIP NAVIGATION COMPLEXES**P. I. Maleyev, Y. G. Khlypalo** («GNINGI» OJSC)

The positive and negative sides of the existing correction aids of ship navigation complexes and possibilities of their improvement are considered. Special attention is paid to correction aid using the Earth's gravitation field. It is shown that to increase its accuracy it is expedient to go over from the "mechanical", suspension of the drive shaft of gravimeter to electrostatic or magnetic one and to use the aids measuring the absolute speed of the object using the magnetic field of the Earth as well.

УДК 629. 783. 527

**РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СООТВЕТСТВИИ
С КОНЦЕПЦИЕЙ e-НАВИГАЦИИ****Е. П. ГЛАДСКИХ, В. Н. КОСТИН,
В. А. МАКСИМОВ, Ю. М. РЕПИН**
(ОАО «ГНИНГИ»)

В статье рассмотрены вопросы практической реализации решений ИМО и МАМС по дальнейшему развитию средств навигационного оборудования в соответствии с концепцией e-Навигации и показаны пути этого развития на базе технологий автоматизированной информационной системы (АИС).

Руководящие документы последних лет, изданные Международной Морской Организацией (ИМО) и Международной Ассоциацией Маячных Служб (МАМС), определяют стратегию дальнейшего развития средств навигационного оборудования (СНО) в соответствии с концепцией e-Навигации [1]. В связи с этим к концу текущего десятилетия практически все береговые и плавучие объекты СНО должны функционировать в качестве её составного элемента.

В настоящее время перед Маячными службами встает задача по широкомасштабному техническому переоснащению объектов СНО. Возникает вопрос: как это должно быть реализовано на практике?

Базовым видом коммуникаций в концепции e-Навигации сегодня является автоматическая информационная система (АИС). К настоящему времени все морские суда валовой вместимостью более 300 ВРТ, все пассажирские суда независимо от вместимости и береговые службы, обеспечивающие безопасность мореплавания, уже оборудованы этой конвенционной аппаратурой.

Пути развития СНО в соответствии с концепцией e-Навигации также должны лежать через технологии АИС, единый формат обмена данными в которой жестко регламентирован международными стандартами. Таким образом, в ближайшее время следует ожидать резолюций ИМО и МАМС по обязательной установке на объектах СНО аппаратуры АИС. Предварительная аббревиатура – «АИС-СНО».

На текущий момент в качестве основных целей использования технологии «АИС-СНО» МАМС декларирует их минимальный перечень [2]:

- обеспечение надежных всепогодных средств идентификации объектов СНО;
- индикация точного местоположения СНО;
- индикация ухода плавучего СНО от установленного местоположения;
- идентификация судов, столкнувшихся с плавучими объектами СНО;
- получение на судах информации о состоянии и работоспособности СНО в режиме реального времени;
- обозначение маршрутов, запретных зон, линий разделения движения и т. п.;
- обозначение сооружений континентального шельфа;
- передача сведений о погоде, приливах, состоянии моря и т. д.;
- удаленный контроль технических параметров СНО береговыми службами.

В этом смысле формат обмена данными «АИС-СНО» должен позволять любому судну, оснащеному аппаратурой ЭКНИС (ECDIS), осуществлять автоматическое взаимодействие с объектом СНО на предмет его идентификации, работоспособности, точности местоположения, приема локальных навигационных предупреждений, гидрометеорологической информации и т. д.

При использовании аппаратуры «АИС-СНО» на плавучих и стационарных средствах навигационного оборудования должно обеспечиваться:

- обнаружение, опознавание и навигационное использование объектов СНО мореплавателями на расстояниях, значительно превышающих возможности визуального или радиолокационного обнаружения;
- автоматический дистанционный контроль местоположения и технического состояния объектов СНО со стороны береговых служб;
- оперативная автоматическая передача местных навигационных предупреждений мореплавателям;
- оперативная автоматическая передача текущей метеорологической и гидрологической информации мореплавателям и береговым службам;
- возможность применения «виртуальных» СНО там, где физическая установка реальных объектов СНО затруднена.

С технической точки зрения МАМС делит архитектуру e-Навигации на три основных компонента [3]:

- судовая система устройств информации и обработки данных по формату связи «судно – судно»;
- обмен информационными данными по формату связи «судно – берег» и «берег – судно» (в том числе «объект СНО – судно»);
- береговая инфраструктура e-Навигации, объединяющая в единый формат различные береговые технологии и устройства обработки информационных данных, в том числе «объект СНО – береговая служба».

Коммуникационное взаимодействие в АИС осуществляется посредством УКВ радиосвязи, а при нахождении судов вдали от районов действия береговых базовых станций АИС может действовать в режиме дальней связи через спутники Инмарсат-С. Для объектов СНО достаточно режима УКВ связи.

Общая архитектура АИС в УКВ диапазоне связи состоит из следующих основных элементов [4]:

- морской сегмент АИС – мобильные станции АИС (вещательные транспондеры), устанавливаемые на морских судах и объектах СНО;

- береговой сегмент АИС – цепь береговых базовых станций АИС, включающая симплексные и дуплексные репитеры, позволяющие создавать цепочки и увеличивающие пространственный охват АИС в УКВ диапазоне;
- информационная сеть берегового сегмента АИС, связывающая береговые базовые станции АИС с заинтересованными пользователями (службами) посредством назначенных УКВ радиоканалов, обеспечивающих обмен информацией между мобильными и базовыми береговыми станциями АИС;
- приемное оборудование АИС, устанавливаемое в заинтересованных береговых службах (гидрографический район, СУДС, служба судовых сообщений, спасательный центр, береговая охрана, портовый контроль и др.).

В соответствии со Стандартом IEC 61993-2 Международной электротехнической комиссии станция АИС полной комплектации должна состоять из [5]:

- двух приемников, работающих одновременно на частотах AIS-1 (УКВ канал 87В – 161,975 МГц) и AIS-2 (УКВ канал 88В – 162,025 МГц). Для обеспечения одновременной работы большого количества судовых и береговых станций АИС на одном частотном канале используется метод множественного доступа с временным разделением TDMA (Time Division Multiplied Access);
- одного приемника ЦИВ (цифровой избирательный вызов), работающего на частоте 70-го «канала безопасности» УКВ;
- одного передатчика TDMA с возможностью перестройки на любой частотный канал УКВ;
- приемника ГНСС (для России модуль ГЛОНАСС в приборе АИС является строго обязательным источником координат, GPS – вспомогательным);
- кодеров и декодеров сигналов TDMA и ЦИВ (преобразователи аналоговых данных в цифровые и обратно);
- сервисного пульта управления и индикации (оборудование ввода-вывода информации на элементы управления);
- интерфейса, обеспечивающего сопряжение с внешними устройствами;
- встроенного устройства самоконтроля оборудования станции АИС;
- источника бесперебойного электропитания.

Основные типовые решения для оборудования «АИС-СНО» рекомендуются в следующем виде:

- Тип 1. «Сокращенная версия» – оборудование «АИС-СНО» работает только на передачу регламентированных информационных сообщений для мобильных станций АИС, установленных на морских судах, и для береговой станции (например, службы мониторинга) по установленному графику. Набор оборудования данной версии является наиболее дешевым с минимальным энергопотреблением;
- Тип 2. «Простая версия» – оборудование «АИС-СНО» подобно первому типу, но дополнительно имеет приемник с одним фиксированным каналом УКВ. Это позволяет реализовать работу по запросу и дистанционную настройку оборудования «АИС-СНО» со стороны базовой станции по каналу VDL (VHF Data Link – «УКВ канал передачи данных»);
- Тип 3. «Полная версия» – оборудование «АИС-СНО» имеет комплектацию в соответствии со Стандартом IEC 61993-2, что позволяет осуществлять полноценный обмен данными со всеми терминалами АИС и управление терминалом «АИС-СНО» со стороны базовой станции по каналу VDL. В этом варианте дополнительно реали-

зуется функция ретрансляции информационных сообщений на базовую станцию с отдаленных объектов СНО по цепочке репитеров.

Функционально оборудование «АИС-СНО» всех рекомендованных типов может быть реализовано тремя способами:

– «*Реальное СНО*» – оборудование установлено и работает на физически существующем объекте СНО;

– «*Синтетическое СНО*» – объект СНО физически существует, но информационные сообщения, касающиеся данного объекта, передаются оборудованием, установленным в другом месте (на практике – береговая станция АИС). Синтетическое СНО может быть представлено в двух вариантах исполнения: а) «контролируемое синтетическое СНО» – информационное сообщение, касающееся данного объекта, передается в эфир береговой станцией АИС, но при этом имеется обратная связь «объект СНО – береговая станция АИС» для контроля местоположения и состояния СНО; б) «расчетное синтетическое СНО» – информационное сообщение, касающееся данного объекта, передается в эфир береговой станцией АИС, не имеющей обратной связи с объектом СНО. Этот способ не рекомендуется МАМС для плавучих СНО, так как они требуют постоянного контроля своего местоположения;

– «*Виртуальное СНО*» – объект СНО физически не существует, но информационные сообщения передаются с береговой станции АИС и имитируют местонахождение объекта, которое отображается на экране ЭКНИС морского судна. МАМС отмечает, что использование виртуальных СНО является дополнительным мероприятием и не должно приводить к замене или снижению количества реальных знаков. Виртуальные СНО рекомендуется использовать только там, где установка физических объектов СНО затруднена по каким-либо причинам, а также для обозначения мест аварий судов, других временно возникших опасностей или изменений на фарватере и т. п.

Состав информационных сообщений в формате «АИС-СНО» формируется в зависимости от интересов потребителей:

– для мобильных и базовых терминалов АИС (морских судов и береговых служб, обеспечивающих безопасность мореплавания) – информационные сообщения общего навигационного назначения;

– для береговых служб мониторинга – информационные сообщения о технических параметрах состояния объекта СНО.

Временные интервалы передачи информационных сообщений оборудованием «АИС-СНО» для морских судов и для автоматического мониторинга СНО различны:

– периодичность автоматической передачи информационных сообщений аппаратурой «АИС-СНО» для морских судов регламентирована Международным союзом электросвязи (Рекомендация ИТУ-R М.1371-1) и составляет 3 минуты [6];

– периодичность автоматической передачи информационных сообщений аппаратурой «АИС-СНО» о техническом состоянии объекта СНО для береговых терминалов АИС выбирается оператором заинтересованной службы.

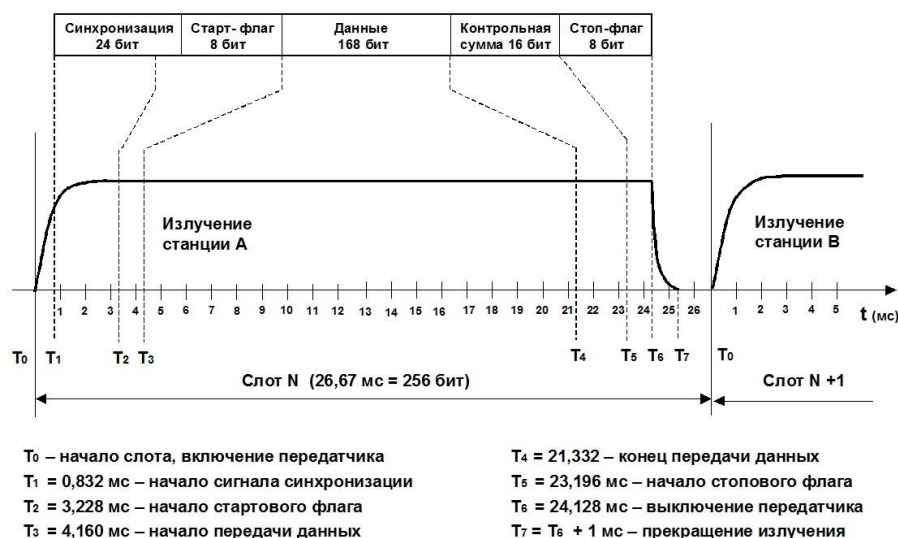
Дополнительно в системе мониторинга СНО предусматривается работа аппаратуры «АИС-СНО» (тип оборудования 2 и 3) по внеплановому запросу оператором береговой службы, а также передача экстренных (аварийных) сообщений о нештатных ситуациях на объектах СНО в службу мониторинга.

Для передачи цифровой информации в канале АИС выбрана скорость, равная 9600 бит/с [4]. С объекта СНО передача такой информации реализуется как в адрес

всех терминалов АИС (морские суда), так и определенному базовому терминалу АИС (береговая служба мониторинга). Для обеспечения одновременной работы большого количества судовых и береговых станций АИС на одном частотном канале используется метод множественного доступа с временным разделением TDMA (Time Division Multiplied Access). Обеспечивается возможность передачи за 1 минуту 4500 коротких сообщений, занимающих 1 слот.

В общем случае, при скорости передачи 9600 бит/с в каждом слоте длительностью 26,67 мс можно разместить 256 бит информации. При этом пакет полезных информационных данных в слоте имеет максимальную длину только 168 бит, поскольку дополняется сигналом синхронизации, флагами начала и окончания данных, контрольной суммой битов.

Принцип передачи данных в слотах поясняется рисунком [4].



Передача данных в слотах канала АИС

Процедуры обмена информацией по каналу АИС жестко регламентированы в Рекомендации ITU-R M.1371-1 Международного союза электросвязи.

В Приложении 1 к ITU-R M.1371-1 для передачи и приема информации станциями АИС любого вида предусмотрено 22 варианта сообщений [6].

Для передачи от аппаратуры «АИС-СНО» предусмотрены:

- информационное «Сообщение 6» для передачи данных контроля технических параметров состояния объекта СНО в береговые службы мониторинга;
- информационное «Сообщение 21» общего назначения, предназначенное для автоматического взаимодействия объекта СНО со всеми терминалами АИС (морскими судами и заинтересованными береговыми службами).

Информационное «Сообщение 6» о состоянии объекта СНО и его текущих технических параметрах передается адресным бинарным сообщением конкретному терминалу АИС базовой береговой станции напрямую или по цепочке репитеров, в качестве которых могут быть использованы другие объекты СНО, оборудованные аппаратурой «АИС-СНО» третьего типа. Объем «Сообщения 6» и его периодичность регулируется заинтересованным потребителем.

Информационное «Сообщение 21» общего назначения автоматически передается в эфир для всех мобильных терминалов АИС (морских судов и пр.) в пределах пространственного охвата с рекомендуемой периодичностью 3 минуты¹ (Регламент ITU-R M.1371-1) [6].

Рекомендованный состав информационного «Сообщения 21» от аппаратуры «АИС-СНО» должен содержать следующие данные:

- MMSI (номер-идентификатор, присвоенный объекту СНО Морской подвижной радиослужбой);
- тип СНО;
- название СНО;
- координаты СНО (широта, долгота, UTC-время определения координат, достоверность и точность позиционирования);
- тип используемой системы позиционирования (ГНСС, РНС и т. д.);
- поправки на габариты (длину и ширину) объекта СНО по отношению к координатам приемной антенны системы позиционирования;
- индикатор смещения (изменения позиции) для плавучих СНО;
- статус, т. е. текущее рабочее состояние (вкл./выкл.) СНО;
- условное обозначение (флаг) виртуального СНО;
- подтверждение (дата и время) получения сообщения береговой службой.

Объем информационных сообщений от аппаратуры «АИС-СНО» регламентирован в Приложении 2 к Рекомендации ITU-R M.1371-1 (табл. 1, 2) [6].

Таблица 1

Рекомендуемый объем «Сообщения б» (для береговых служб мониторинга)

Параметр	Количество бит	Описание		
Идентификатор сообщения	6	Идентификация = «Сообщение б»		
Индикатор повтора	2	Используется репитером для указания числа повторов сообщения (0–3): 0 = по умолчанию; 3 = больше не повторять		
Идентификатор передающей станции	30	Индивидуальный номер-идентификатор MMSI передающей станции (оборудования АИС, установленного на объекте СНО)		
Порядковый номер	2	0–3; см. § 5.3.1 Рекомендации ITU-R M.1371-1		
Идентификатор станции назначения	30	Индивидуальный номер-идентификатор MMSI приемной станции (оборудования АИС, установленного в службе мониторинга СНО)		
Флаг ретрансляции	1	Флаг ретрансляции должен быть установлен: 0 = без ретрансляции = по умолчанию; 1 = ретранслировано		
Резерв	1	Не используется. Должен быть установлен на 0		
Бинарные данные (передаваемая информация о состоянии СНО)	936 (максимум)	Идентификатор данных	16 бит	В соответствии с § 3.3.8.2.4.1 ITU-R M.1371-1
		Список данных	920 бит (максимум)	Полезная информация
Сумма бит	до 1008	Занимает от 1 до 5 слотов		

¹ Примечание: периодичность сообщений на региональном уровне может быть изменена (посредством внешней команды) в зависимости от интенсивности судоходства, сроков навигационного периода, значимости объекта СНО в системе обеспечения безопасности мореплавания и т. п.

Таблица 2

Рекомендуемый объем «Сообщения 21» (для морских судов и пр.)

Параметр	Количество бит	Описание
Идентификатор сообщения	6	Идентификация = «Сообщение 21»
Индикатор повтора	2	Используется репитером для указания числа повторов сообщения (0–3): 0 = по умолчанию; 3 = больше не повторять
Идентификатор объекта СНО	30	Индивидуальный номер-идентификатор MMSI установленного на объекте СНО оборудования АИС
Тип СНО	5	0 = не доступен (данные отсутствуют); 1÷15 = объект СНО с фиксированной позицией (береговой маяк, знак и т.п.); 16÷31 = плавучий объект СНО (буй, бакен и т.п.)
Название СНО	120	Максимум 20 знаков по 6 бит в коде ASCII; @@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@ = не доступен (данные отсутствуют) = по умолчанию
Точность местоположения СНО	1	1 = высокая (< 10 м, дифференциальный режим DGNSS приемника); 0 = низкая (> 10 м, автономный режим GNSS приемника или другого электронного устройства позиционирования); 0 = по умолчанию
Долгота	28	Долгота в 1/10 000 мин координат СНО (±180), «+» = восточная, «-» = западная; 181 = данные отсутствуют = по умолчанию
Широта	27	Широта в 1/10 000 мин координат СНО (±90), «+» = северная, «-» = южная; 91 = данные отсутствуют = по умолчанию
Габариты (поправки к местоположению СНО)	30	Поправки на длину и ширину объекта (м) по отношению к общему местоположению, т. е. к координатам места установки на объекте антенны электронной системы позиционирования
Тип используемой электронной системы определения местоположения	4	0 = не определена (по умолчанию) 1 = GPS 2 = ГЛОНАСС 3 = комбинированная GPS/ГЛОНАСС 4 = Лоран-С 5 = Чайка 6 = интегрированная навигационная система (ИНС) 7 = под проводкой 8÷15 = электронное позиционирование не используется
Отметка времени (UTC-время определения координат)	6	0÷59 = UTC (в секундах) когда сообщение было создано; 60 = отметка времени не доступна или принята по умолчанию; 61 = электронная система определения местоположения действует в режиме ручного ввода; 62 = электронная система местоположения функционирует в режиме счисления пути; 63 = система позиционирования не используется
Индикатор смещения позиции	1	Только для плавучих СНО: 0 = на позиции; 1 = смещен с позиции. <i>Примечание:</i> этот флаг принимается во внимание приемной станцией только от плавучих СНО при условии, что отметка времени равна или меньше 59
Резерв для региональных или локальных приложений	8	Зарезервированные слоты для использования компетентными региональными или местными органами. Должен быть установлен на 0, если региональные и локальные приложения не используются. В региональных приложениях не должен использоваться 0

Продолжение таблицы 2

Параметр	Количество бит	Описание
Флаг RAIM	1	RAIM (receiver autonomous integrity monitoring) – флаг встроенного устройства автономного контроля ошибки приемника системы электронного позиционирования: 0 = RAIM не используется = по умолчанию; 1 = RAIM используется
Резерв	3	Не используется. Должен быть установлен на 0
Сумма бит	272	Занимает 2 слота

В целях идентификации каждому оборудованию АИС, установленному на объектах СНО, в соответствии с Регламентом ITU-R M.585-5 Морской подвижной радиослужбы MMSI (Maritime Mobile Service Identity) присваивается уникальный номер-идентификатор [7], а также соответствующий код функционального типа оборудования «АИС-СНО» (Регламент ITU-R M.1371-1) [6].

Стандарт данных об идентификации «АИС-СНО» обобщен в табл. 3.

Таблица 3

Идентификация оборудования «АИС-СНО»

Тип оборудования АИС-СНО	Номер MMSI по ITU-R M.585-5	Код оборудования АИС-СНО по ITU-R M.1371-1
Реальное	99 MID 1 XXX	0
Синтетическое	99 MID 1 XXX	0
Виртуальное	99 MID 6 XXX	1

Примечание: расшифровка девятизначного номера-идентификатора MMSI оборудования «АИС-СНО» в информационном сообщении:

- префикс «99» – обозначение класса оборудования АИС, предназначенного для установки на объектах СНО;
- MID (три цифры) – код страны, установившей оборудование АИС на объектах СНО своего региона (для России «273»);
- цифра «1» или «6» – обозначение функционального идентификатора, установленного на объекте СНО оборудования АИС (одна цифра): «1» – для реального и синтетического СНО, «6» – для виртуального СНО;
- XXX (три цифры) – порядковый трехзначный номер, присвоенный объекту СНО в системе электронной навигации;
- цифра «0» – код для реального и синтетического СНО;
- цифра «1» – код для виртуального СНО.

Для использования в АИС любое информационное сообщение должно состоять из фраз с цифровым интерфейсом (строк) с регламентированными символами и порядком их расположения. Список данных в каждой строке сообщения должен представлять собой записанный без пробелов ряд букв, цифр и точек, разделенных запятыми. Отсутствующие внутри строки информационные данные должны также замещаться запятыми².

² Примечание: подробное описание фраз с цифровым интерфейсом (строк) приводится в Стандарте Международной электротехнической комиссии IEC 61162-1 «Аппаратура и системы морской навигации и радиосвязи. Цифровые интерфейсы. Часть 1. Передача от одного источника на несколько приемников» [8].

Координатно-временная информация в настоящее время рекомендована к передаче в формате Протокола обмена данными NMEA/IEC-61162 [9].

В России узаконен стандарт комплексного позиционирования ГЛОНАСС/GPS, который также использует Протокол обмена NMEA.

Особо отметим, что в формате «АИС-СНО» информационные сообщения должны быть строго стандартизированы. ИМО и МАМС подчеркивают, что «статус АИС как обязательного навигационного оборудования согласно Конвенции SOLAS требует разработки на международном уровне детальных технико-эксплуатационных требований вплоть до методов контроля и испытаний производимой аппаратуры АИС. Только наличие детальных стандартов и требований может гарантировать функциональную и техническую совместимость аппаратуры АИС, выпускаемой разными производителями и устанавливаемой на морских судах, объектах СНО и в береговых службах разных стран».

ЛИТЕРАТУРА

1. Малеев П. И., Леденев Н. И. Особенности, состояние и перспективы развития e-Навигации морских объектов // Навигация и гидрография. – 2012. – № 33 – С. 16–20.
2. Рекомендация МАМС А-124. Модель данных АИС. Дополнение 1. – Сен-Жермен-ан-Лайс, Франция: МАМС, 2011. – 56 с.
3. IALA Recommendation e-NAV-140 on «The e-Navigation Architecture – The Initial Shore-based Perspective». Ed. 1.0. – Saint Germain en Laye, France: IALA-AISM, 2009. – р. 31.
4. Временное руководство по использованию автоматической информационной (идентификационной) системы АИС – М.: Министерство транспорта РФ, 2002. – 62 с.
5. Стандарт Международной электротехнической комиссии IEC 61993-2. Оборудование и системы морской навигации и радиосвязи. Системы автоматической идентификации. – Женева, Швейцария: МЭК, 2012. – 118 с.
6. Рекомендация Международного союза электросвязи ITU-R M.1371-1. Технические характеристики универсальной автоматической идентификационной системы (АИС), использующей множественный доступ с временным разделением в УКВ полосе частот Морской подвижной службы. – Женева, Швейцария: МСЭ, 2001. – 103 с.
7. Рекомендация Международного союза электросвязи ITU-R M.585-5. Присвоение и использование опознавателей. – Женева, Швейцария: МСЭ, 2009. – 9 с.
8. Стандарт Международной электротехнической комиссии IEC 61162-1. Аппаратура и системы морской навигации и радиосвязи. Цифровые интерфейсы. Передача от одного источника на несколько приемников. – Женева, Швейцария: МЭК, 2010. – 140 с.
9. Протокол обмена данными NMEA/IEC 61162. – М.: ЗАО «КБ НАВИС», ТДЦК. 460951.002Д11, 2004. – 56 с.

DEVELOPMENT OF THE AIDS TO NAVIGATION OF THE RUSSIAN FEDERATION NEARSHORE ZONE IN ACCORDANCE WITH THE NAVIGATION CONCEPT

E. P. Gladskikh, V. N. Kostin, V. A. Maksimov, Y. M. Repin («GNINGI» OJSC)

The problems of implementation of IMO and IALA decisions for further development of aids to navigation in accordance with e-Navigation concept are considered. The ways of this development based on the technology of Automatic Information System (AIS) are shown.

УДК 355/359:001.89

**ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИИ
ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ
СРЕДСТВ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО И
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВМФ В ОАО «ГНИНГИ»**

Д. С. ГОЛЫГИН

(Департамент государственного оборонного заказа МО РФ)

В статье рассматривается один из возможных подходов к правовому обеспечению формирования концепции программно-целевого планирования развития средств НГО и ГМО ВМФ в условиях стратегического управления научно-производственной деятельностью ОАО «ГНИНГИ».

Научно-производственная деятельность (НПД) ОАО «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт» (ГНИГИ) – это процесс, который необходимо прогнозировать, планировать, регулировать, контролировать, т. е. необходимо иметь программу развития организации, обеспечивать и контролировать её реализацию. Исходным условием для её успешного решения является наличие соответствующей правовой базы. Особенность такой базы для ГНИНГИ состоит в том, что отвечая всем требованиям института как открытого акционерного общества она в определённой степени, должна удовлетворять условиям учредителя организации, которым является Минобороны России. Такое положение подчёркивается, например, тем, что Устав ГНИНГИ утверждён Министром обороны Российской Федерации.

По своему содержанию правовые акты, регламентирующие в ГНИНГИ программно-целевое планирование и управление (ПЦПУ) развитием сил и средств навигационно-гидрографического (НГО) и гидрометеорологического (ГМО) обеспечения ВМФ, должны отвечать определённым требованиям.

Прежде всего следует отметить, что существующая правовая база ГНИНГИ направлена на реализацию линейной структуры управления НПД института [1]. Основными недостатками такой структуры являются:

- большое число ступеней управления между высшим звеном и работниками;
- большое число управленцев верхнего уровня;
- оперативные проблемы доминируют над стратегическими;
- малая гибкость и приспособляемость к новой ситуации.

Отмеченные недостатки практически отсутствуют при стратегической форме управления НПД, которая является более приспособленной к условиям рыночной экономики [2].

Особенности указанных форм управлений НПД не являются предметом рассмотрения данной статьи. Следует лишь отметить, что реализация стратегической формы управления требует адекватного правового обеспечения.

Прежде всего необходимо реализовать принцип общего охвата всех уровней управления – общеинститутского, научно-исследовательских управлений (НИУ),

научно-исследовательских центров (НИЦ), научно-исследовательских отделов (НИО). Правовое регулирование должно распространяться на все составляющие процесса программно-целевого планирования и управление развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ [3].

Следствием реализации указанного принципа должны быть:

- разработка унифицированных методик программно-целевого планирования и управления развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ;
- системность в работе при составлении программ развития ГНИНГИ;
- контроль реализации принятых программ.

При этом программный документ о развитии ГНИНГИ должен быть по своей сущности развёрнутым изложением единой основополагающей идеи, которая воплощается в стратегических целях и конкретной системе частных задач, реальность которых подтверждается соответствующим ресурсным обеспечением.

Необходимо специальным правовым актом установить общие положения о порядке составления концепции программно-целевого планирования развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ, о типовой структуре, о примерном её содержании. Основываясь на работе [4], применительно к особенностям НПД ГНИНГИ предварительно важно определить следующие исходные условия [4]:

1) как должны соотноситься концепции ПЦПУ развитием вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) на уровнях Министерства обороны Российской Федерации (федеральный уровень), видов и родов Вооружённых сил Российской Федерации и, прежде всего, ВМФ (видовой уровень) и ГНИНГИ по способам правового регулирования, по методикам разработки, по своему содержанию;

2) в какой мере дифференцирован комплекс объективно существующих условий формирования и реализации концепции ПЦПУ развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ и, прежде всего, стартовых военно-политических, экономических, социальных, финансовых, физико-географических, навигационно-гидрографических и других факторов;

3) какими полномочиями в области разработки и реализации концепции ПЦПУ развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ должны быть наделены исполнители НИР и ОКР разных уровней (общейинститутском, НИУ, НИЦ, отдела, лаборатории), и как эти полномочия должны согласовываться с их остальными функциями и полномочиями;

4) в какой мере обязательным должно быть выполнение исполнителями НИР и ОКР разных уровней функций по разработке и реализации рассматриваемой концепции;

5) каковы пределы ответственности исполнителей НИР и ОКР разных уровней за качество концепции ПЦПУ развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ и её реализации;

6) в каких пределах допускаются отклонения от типовой модели концепции ПЦПУ развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ, обусловленные спецификой конкретных условий её реализации и творческой инициативой разработчиков и исполнителей указанной концепции.

Если уровни разработки концепций развития ВВСТ разделить на федеральный (МО РФ), видовой (ВМФ) и объектовый (ГНИНГИ), то следует отметить, что качество разработки и реализации концепции ПЦПУ развитием сил и средств НГО и ГМО (объектовый уровень) во многом определяется степенью её связи (согласован-

ности) с соответствующими концепциями ПЦПУ развитием ВВСТ федерального (МО РФ) и видового (ВМФ) уровней. При этом основными связующими моментами в содержании федеральной, видовой и объектовой концепций ПЦПУ являются следующие:

- цель объектовой концепции не должна вступать в противоречие с целью федеральной и видовой концепций и, более того, должна способствовать наиболее успешной реализации концепций федерального и видового уровней;

- качественные показатели, представленные в федеральной и видовой концепциях, служат общим ориентиром, своего рода нормативом при формировании одноимённых показателей объектовой концепции;

- целевые экономические показатели на предстоящие годы, представленные в объектовой концепции, должны быть согласованы с соответствующими показателями федеральной и видовой концепций;

- необходима согласованность хронологических параметров видовой и федеральной концепций, горизонта среднесрочных и долгосрочных целевых показателей концепций, периодичности текущего контроля хода реализации концепций;

- следует согласовывать программы и методики военно-экономического мониторинга ГНИНГИ на федеральном (с 46 ЦНИИ МО РФ) и видовом (с ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия») уровнях.

Необходимо отметить, что с позиции системного подхода концепция ПЦПУ развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ (уровень ГНИНГИ) по отношению к видовой концепции (ВМФ), а последняя – по отношению к федеральной концепции (МО РФ), выступают как подсистемы, входящие в состав общей системы. Это означает наличие относительной автономности и качественного своеобразия каждой подсистемы при сохранении единых системообразующих свойств у всех подсистем. Тем самым создаются предпосылки для действия механизмов прямых и обратных связей в пределах системы. Эти взаимосвязи обеспечивают достижение целей и эффективности функционирования системы (ВС РФ) в целом.

Таким образом, соблюдение принципов системного подхода при формировании правовой базы НПД ГНИНГИ является условием реалистичности и результативности концепции ПЦПУ развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ.

Создание правовой базы рассматриваемой концепции включает научно-практическую деятельность по разработке проекта такой базы и последующее её закрепление в соответствующем пакете правовых документов, регламентирующих порядок разработки, содержание, способы реализации, контроля и оценки итогов реализации концепции.

В указанном пакете правовых документов необходимо предусмотреть положения о типовой форме бумажного и электронного вида текста концепции. В типовой форме определяется примерное содержание концепции, её структуризация по разделам и подразделам. Указывается перечень обязательных реквизитов. Должна соблюдаться единая схема размещения информации на носителе. Необходимо определить примерный перечень приложений к основному документу, который может включать методические указания и инструкции, образцы сопутствующих документов и пояснительной записки к концепции. Определяется, в какие адреса рекомендуется направлять копии концепции, и в какие адреса их поступление является обязательным. Например, целесообразно ознакомить с концепцией Управление навигации и

океанографии Минобороны России. Обязательным должно быть направление концепции в вышестоящие органы – АО «Ремвооружение» и АО «Гарнизон».

При формулировке положений правовых актов в области обеспечения ГПД ГНИГИ необходимо учитывать требования к правовым (нормативно-правовым) документам федерального и видового уровней.

Разработка в ГНИНГИ концепции ПЦПУ развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ могла бы быть одной из функций специально созданной научно-консультационной группы. Такая группа должна поддерживать регулярные контакты с управлениями и службами Главного командования ВМФ, обеспечивающими разработку и реализацию видовой концепции развития ВВСТ Военно-морского флота. Группа должна иметь в своем составе сотрудников, работающих в ГНИНГИ на постоянной основе или привлекаемых на договорных началах, высококвалифицированных специалистов в области экономической теории, макроэкономического прогнозирования и планирования, административного и гражданского права. Принятая концепция должна быть утверждена в соответствующем порядке, что закрепляется нормативным актом, например, распоряжением генерального директора ГНИНГИ. Информация об этом должна быть доведена до сведения руководителей научно-исследовательских управлений, центров и самостоятельных отделов.

На основе концепции ГНИНГИ по ПЦПУ развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ НИУ научно-исследовательские центры и самостоятельные отделы могут детализировать её положения и разрабатывают свои варианты образцов бумажных и электронных носителей информации о концепции. При этом некоторые разделы и подразделы концепции ГНИНГИ, не актуальные для конкретного управления, центра и самостоятельного отдела, могут отсутствовать или быть представленными в сокращенном варианте. Другие разделы, напротив, могут потребовать более детальной проработки рассматриваемой концепции.

Требует правовой регламентации вопрос об унификации процедур по составлению, обсуждению и утверждению концепции ПЦПУ развития сил и средств НГО и ГМО ВМФ. Это наиболее надежный способ достижения единообразия этих процедур, что необходимо для обеспечения единого уровня правовой силы концепций развития гидрографических судов и катеров, средств навигации, гидрографии, геофизики, гидрометеорологии и морской картографии, единой меры ответственности за качество концепций, за надлежащую их реализацию. Разработку правовых положений о порядке формирования и утверждения рассматриваемой концепции могла бы осуществлять указанная выше научно-консультационная группа.

В качестве принципиальных положений о процедурах по формированию концепции ПЦПУ развития сил и средств НГО и ГМО ВМФ необходимо предусмотреть следующие положения.

- 1) Привлечение к разработке проекта концепции:
 - а) ведущих учёных ГНИНГИ;
 - б) представителей УНиО МО РФ;
 - в) должностных лиц Главного штаба ВМФ, штабов и гидрографических служб флотов (Каспийской флотилии), владеющих информацией о состоянии системы НГГМО ВМФ.

- 2) Участие специалистов Гидрографической службы ВМФ в обсуждении проекта концепции ПЦПУ развития сил и средств НГО и ГМО ВМФ и привлечение к ор-

ганизации такого обсуждения специалистов ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» и промышленности соответствующего профиля.

3) Обеспечение гласности при прохождении всех этапов формирования концепции с учётом требований по защите государственной тайны. Это исключительно важно как одно из условий успеха в реализации концепции, так как способствует широкой поддержке заинтересованных организаций и специалистов. Необходимо стремиться к тому, чтобы органы военного управления, предприятия промышленности, специалисты понимали и принимали цели концепции, осознавали те конкретные позитивные результаты, которые несёт реализация концепции.

4) В нормативном документе должно быть прописано, что концепция обретает юридическую силу с момента её утверждения. Следует определить порядок утверждения концепции: какой орган утверждает, на каких основаниях проект может быть отклонён или возвращён на доработку, в каком порядке вносятся поправки, в каком порядке вносятся последующие изменения и дополнения в документ.

Специальной правовой регламентации требуют вопросы текущих организационных мероприятий по реализации концепции. К числу таких вопросов относятся следующие.

1. Комплексная оценка стартовых условий в функционировании системы НГГМО ВМФ путём формирования системы базовых показателей, характеризующих состояние:

- внешней среды – военно-политических, военно-географических, физико-географических условий развития и функционирования системы навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения (НГГМО) ВМФ, использования её сил и средств;
- системы НГГМО ВМФ;
- научно-производственного потенциала в области развития сил и средств системы НГГМО ВМФ;
- экономики и финансово-кредитной системы страны и др.

2. Формирование системы стандартов, нормативов и классификаторов, которые должны быть заложены в основу разработки комплекса целевых показателей концепции.

3. Определение конкретного списка ответственных исполнителей по этапам реализации концепции, по каждому разделу и подразделу концепции и разработка календарного плана её реализации с обозначением содержания этапов, конкретных дат или интервалов времени выполнения работ.

4. Расчёт потребности в ресурсах, необходимых для реализации концепции, отдельно по видам ресурсов: финансовых, материальных (по их видам), кадровых, информационных, инновационно-технологических, интеллектуальных, правовых.

5. Осуществление в случае необходимости корректировки значений целевых показателей с обоснованием её целесообразности и правомерности.

6. Текущая оценка изменений факторов внешней среды, влияющих на ход реализации концепции.

7. Оценка конечных результатов реализации концепции, оценка эффективности реализации концепции.

По существу, практическая реализация концепции находится в сфере интересов как заказчика (Министерство обороны РФ), так и производителя (предприятий промышленности) сил и средств НГО И ГМО ВМФ. Поэтому на всех этапах реализации

концепции необходимо обеспечивать гласность этого процесса. Тем самым будут действовать механизмы обратной связи, что позволит своевременно вносить необходимую корректировку в план мероприятий.

Важным фактором повышения эффективности процесса реализации концепции могло бы стать использование метода контроллинга, который целесообразно сформировать по аналогии с используемым на практике контроллингом в управлении организациями [5].

Существенным разделом правовой базы ГНИНГИ, регламентирующей формирование и реализацию рассматриваемой концепции, должен быть комплекс положений о контроле и формах ответственности. Функция контроля должна охватывать все этапы работы над концепцией. Первоначально необходим контроль качества самого документа (концепции), определяющего цели и содержание программно-целевого развития сил и средств НГО и ГМО ВМФ. Оценка производится с позиций достижимости целей и обеспеченности ресурсами, оптимальности предполагаемого способа использования этих ресурсов, целесообразности выбора хронологических сроков выполнения каждого этапа и т. п.

Контроль должен осуществляться на каждом этапе реализации концепции с оценкой отклонений от намеченных промежуточных результатов. Контроль в значительной мере опирается на результаты мониторинга, что обеспечивает достоверность выводов.

Таким образом, успешное осуществление научно-производственной деятельности ГНИНГИ требует не только всестороннего анализа и обоснования концепции программно-целевого планирования и управления развитием сил и средств НГО и ГМО ВМФ, но и её нормативного закрепления, что будет способствовать должному правовому обеспечению совершенствования системы НГГМО ВМФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафронов Н. А. Экономика предприятия. Учебник. – М.: Юристъ, 1998. – 584 с.
2. Виханский О. С. Стратегическое управление. Учебник – М.: Гардарики, 1998. – 296 с.
3. Буренок В. М. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. Под ред. А. М. Московского / В. М. Буренок, В. М. Ляпунов, В. И. Мудров. – М.: Издательский дом «Граница», 2005. – 520 с.
4. Буренок В. М. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения / В. М. Буренок, А. А. Ивлев, В. Ю. Корчак. – М.: Издательский дом «Граница», 2007. – 408 с.
5. Ананькина Е. Л. Контроллинг как инструмент управления предприятием / Е. Л. Ананькина, С. В. Даниловичкин и др. – М.: Издательство «ЮНИТИ», 2002. – 279 с.

THE LEGAL BASIS FOR DESIGN OF THE CONCEPT OF PROGRAM AND SPECIAL-PURPOSE PLANNING AND MANAGEMENT OF DEVELOPMENT OF NAVIGATION-HYDROGRAPHIC AND HYDROMETEOROLOGICAL MEANS OF SUPPORT FOR THE NAVY IN «GNINGI» OJSC

D. S. Golygin (Department of State Defence Order, RF Ministry of Defence)

One of the possible approaches to legal basis used to form the concept of program and special-purpose planning of development of navigation-hydrographic and hydrometeorological means of support for the Navy under the conditions of the strategic control over the scientific and production activities of «GNINGI» OJSC, is considered.

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

УДК 528.92

СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫСОТЫ УРОВНЯ МОРЯ

Е. В. ФЕДОРОВА (ФГБУ «ГОИН»),
Ю. Н. ЖУКОВ, Р. А. ИСМАИЛОВ (ОАО «ГНИНГИ»)

Обосновано использование метода авторегрессии для предвычисления уровня моря для акваторий с незначительными приливными колебаниями. Результаты вычислений приведены для береговых пунктов наблюдений за уровнем моря: Мурманск, Архангельск, Онега, Сёяха.

Тезис: целое познается через знание его частей; антитезис: знание целого предшествует познанию его частей. Мереология и холизм.

Повышение требований к эффективности гидрографических работ, связанное с развитием технологических работ на шельфе морей и в прибрежной зоне, влечет за собой необходимость уточнения информации о колебаниях уровня моря. Во многих задачах ВМФ и гражданской деятельности на морях уровень моря является важной характеристикой. Например, в задачах проводки судов на мелководье или высадки десанта величина уровня моря и тенденция его изменчивости во многом определяют успех дела. Значимость информации об уровне моря показана в работе [1].

Колебания уровня моря представляют собой сложный многомасштабный процесс, определяемый многими факторами. В океанографии этот процесс представляется состоящим из двух составляющих: приливных колебаний и колебаний, определяемых неприливными причинами – непериодическими колебаниями.

Из всего многообразия колебаний уровня моря предвычисляют только приливы. Для непериодических колебаний нет общих методов, не зависящих от конкретного пункта акватории. Таким образом, только для приливных морей имеется возможность предвычислять некоторую часть колебаний. Однако даже для этих морей неизвестны оценки возможных отклонений реальных высот уровня моря от предвычисленных приливных колебаний. Например, в отечественных «Таблицах приливов» [2] в начальном разделе «Примеры пользования таблицами приливов» на странице XI приведена фраза: «Для пунктов Архангельск и Онега сезонные колебания среднего уровня в предвычислениях также не учтены потому, что в этих пунктах суммарный уровень значительно отличается от приливного, особенно в период паводка; для этих пунктов рекомендуется пользоваться краткосрочными прогнозами уровня, которые можно получить у соответствующих организаций». Заметим, что ссылки на «соответствующие организации» в Таблицах не приводятся.

Очевидно, что в практической деятельности на акватории различать эти процессы нет необходимости. Здесь требуется информация об уровне моря в целом, а не о некоторых составляющих его частях. Поэтому приведенная совокупность обстоятельств свидетельствует о том, что гидрометеорологическое обеспечение информацией об уровне моря далеко от совершенства, практика освоения водных акваторий требует новых методов предвычисления реального уровня моря.

Чтобы не быть голословными, подкрепим сказанное оценками величины размаха колебаний в различных интервалах периодов колебаний, которые покажут, что доля приливных колебаний в сравнении с непериодическими колебаниями меняется в широких пределах. Для этого воспользуемся методом дискретной вейвлет-декомпозиции временных рядов наблюдаемых значений высот уровня моря. Этот метод позволяет разложить ряд ежечасных годовых наблюдений уровня моря на семь независимых компонент с непересекающимися периодами колебаний. Интервалы периодов колебаний в компонентах представлены в таблице. Подробное описание применения метода вейвлет-декомпозиции к наблюдениям уровня моря дано в работе [3].

Значения границ интервалов периодов для вейвлет-декомпозиции годового ряда ежечасных наблюдений

Индекс декомпозиции	1	2	3 (полусуточные приливы)	4 (суточные приливы)	5	6	7
Границы периода	0–4 (часы)	4–8 (часы)	8–16 (часы)	16–32 (часы)	1,3–2,7 (сутки)	2,7–5,3 (сутки)	5,3–∞ (сутки)

Исходными данными для оценки величины размаха колебаний в различных интервалах периодов служили ряды ежечасных наблюдений за 1977 г. в пунктах: Мурманск, Архангельск, Онега, Сёяха. Последний пункт расположен в Обской губе. После дискретного вейвлет-разложения, для каждой компоненты вычислялись среднеквадратические отклонения колебаний δ . Результаты приведены на рис. 1. На рисунке значения δ сгруппированы по пунктам наблюдений. В каждой группе индексация компонент (см. таблицу) начинается с крайней левой колонки.

Приведенная на рис. 1 диаграмма свидетельствует о том, что в Мурманске приливные колебания подавляюще превышают все остальные колебания; в Архангельске и Онеге приливные колебания имеют сравнимые масштабы с непериодическими колебаниями; в пункте Сёяха приливные колебания пренебрежимо малы по сравнению с непериодическими. Поэтому из этих четырех пунктов только для Мурманска есть основание предвычислять реальный уровень моря по гармоническим постоянным, для Архангельска такая оценка становится менее достоверной; для Онеги предвычисления приливов уже не охватывают и половины общих колебаний уровня моря, а для пункта Сёяха предвычисления приливов практически не дает адекватного представления об изменчивости уровня моря.

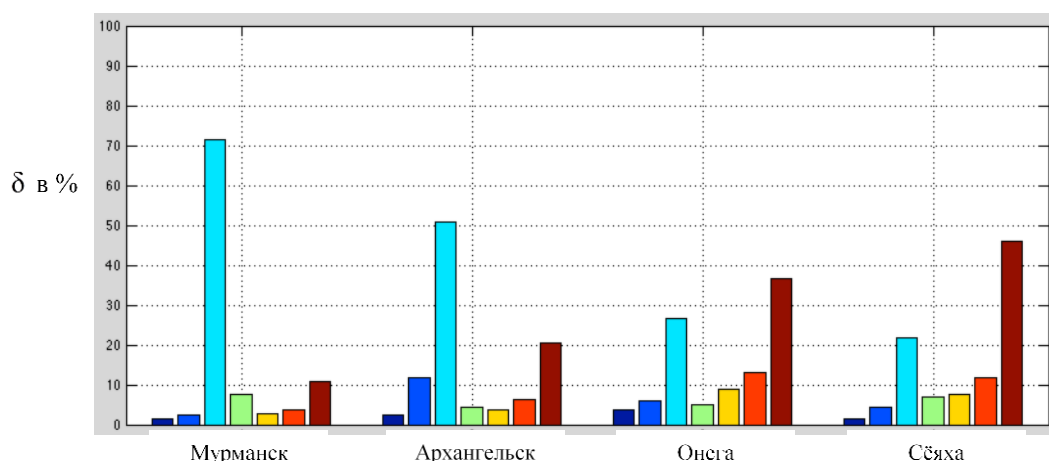


Рис. 1. Диаграмма среднеквадратических отклонений в компонентах дискретной вейвлет-декомпозиции ежечасных наблюдений в 1977 г. Среднеквадратические отклонения даны в процентах относительно общего колебания в пункте

Для разрешения проблемной ситуации с предвычислениями уровня моря как целого явления в пунктах, где приливные колебания малы в сравнении с неперiodическими, предлагается способ предвычисления, не связанный с гармоническим анализом приливов. В основе этого способа лежит математическая модель дискретного одномерного линейного стационарного временного ряда, известного как авторегрессионная модель (AR). В этой модели значения временного ряда в данный момент линейно зависят от предыдущих значений этого же ряда. Авторегрессионный процесс порядка p ($AR(p)$ – процесс) определяется следующим образом:

$$H(t) = \sum_{i=1}^p a_i H_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где t – время;

a_1, \dots, a_p – параметры модели (коэффициенты авторегрессии);

ε_t – погрешность.

Формальное математическое описание этой модели представлено в работе [4]. Приведем предметное обоснование адекватности этой модели для предвычисления колебаний уровня моря как целого явления.

Покажем, что модель (1) абсолютно истинна для колебаний уровня, представляющих исключительно приливные колебания. Действительно, в традиционном гармоническом анализе приливные колебания представляются в виде однородного тригонометрического полинома первой степени. В соответствии с ним значения приливного уровня моря h_λ в дискретные моменты времени λ , ($\lambda = 0, 1, 2, \dots$) можно записать в виде:

$$h_{\lambda} = \sum_{j=1}^N r_j \cos(\omega_j k - \alpha_j), \quad (2)$$

где N – число гармоник;

r_j ω_j α_j – амплитуда, частота и начальная фаза, соответствующей j -ой гармонике.

Пусть имеется последовательность наблюдений

$$\dots, h_{-\lambda}, h_{-\lambda+1}, \dots, h_{-2}, h_{-1}, h_0, h_1, h_2, \dots, h_{\lambda-1}, h_{\lambda}, \dots \quad (3)$$

соответствующих (2). Используя последовательность (3) построим формальный ряд в виде производящей функции:

$$S = h_0 + h_1 y + h_2 y^2 + \dots + h_{\lambda} y^{\lambda} + \dots, \quad (4)$$

Здесь переменная y представляет собой формальный аргумент. В 1772 г. Ж. Л. Лагранж доказал, что формальный ряд (4) обладает тем свойством, что любой член его является суммой некоторого числа предшествующих членов, умноженных на определенные коэффициенты, т. е. рекуррентным рядом по Лагранжу [5]. Запишем ряд Лагранжа в виде:

$$S = \frac{p}{q}, \quad (5)$$

где p и q – полиномы. Тогда максимальная степень полинома $\deg(p)$ равна $2N - 1$, а $\deg(q) = 2N$, и коэффициенты полинома q являются функциями только приливных частот ω_j . И, как показано в работе [5], знаменатель (5) представляет собой в сумму

$$h_{\lambda} = \sum_{i=1}^p a_i h_{\lambda-i}, \quad (6)$$

которая в точности подобна сумме (1). Поэтому «чистые» приливные колебания абсолютно точно соответствуют модели авторегрессии порядка N без члена ошибки. Реальные колебания уровня моря включают в себя не только приливные колебания. Поэтому таким колебаниям будет соответствовать модель (1) с ошибкой.

Параметры модели (1) обычно вычисляются методом решения нормальных уравнений Юла-Уолкера [6]. Эти методы реализованы во многих популярных программных пакетах, например, в пакете Statistica, и поэтому здесь не приводятся.

Предлагается следующая рекурсивная схема способа предвычисления уровня на основе модели (1).

Задаются величины дискретности измерений уровня моря Δt , максимальное конечное значение $P_0 \geq 1$ порядка модели (1) и максимальное число $K \geq 1$ шагов предвычисления вперед. Минимальное число измерений уровня моря для данного способа равно двум.

1. Пусть имеется дискретная последовательность из $N \geq 2$ измерений уровня моря $\{H_i\}_{i=1}^{i=N}$.

2. Определяют текущий порядок P модели (1):

Если $N > P_0$, то для предвычисления используют модель (1) порядка $P = P_0$.

Если $N \leq P_0$, то для предвычисления используют модель (1) порядка $P = N - 1$.

3. Вычисляют коэффициенты авторегрессии a_1, a_2, \dots, a_p , например, методом Юла-Уолкера, используя последние $P + 1$ измерение $H_{N-P}, H_{N-(P-1)}, \dots, H_{N-1}, H_N$.

4. Используя коэффициенты авторегрессии a_1, a_2, \dots, a_p по формуле

$$H(t+1) = \sum_{i=1}^p a_i H_{t-i}$$

вычисляют уровень моря на один шаг вперед. Используя вычисленное значение $H(t+1)$ как измеренное, вычисляют следующее значение $H(t+2)$ с коэффициентами авторегрессии a_1, a_2, \dots, a_p . Эта операция повторяется до достижения максимального числа шагов предвычисления K .

5. Измеряют новое значение высоты уровня и переходят к шагу 1.

Приведенный способ можно отнести к типу «оперативного», так как он требует непосредственных измерений уровня моря. Причем измерять уровень можно любым способом, в том числе и с помощью GPS или ГЛОНАСС. Преимущества этого способа в том, что, хотя в (1) и присутствует параметр, называемый временем, он только упорядочивает последовательность измерений. Это хорошо видно из выражения (3). По этой причине возможно использование предложенного способа не только для временных измерений в точке, но для измерений во время равномерного движения по акватории, устанавливая высоту уровня моря с помощью GPS или ГЛОНАСС.

Оценим применимость предложенного способа предвычисления уровня на основе данных для четырех пунктов, использованных выше. По этим данным были вычислены среднеквадратические ошибки разности между предвычислениями уровня по предложенному способу и реальными наблюдаемыми значениями. Для всех пунктов наблюдений использовались следующие параметры: $P = 10$, $K = 5$, $\Delta t = 1$ час.

Эффективность предвычислений уровня моря по предложенному способу сравнивалась с эффективностью предвычислений уровня моря гармоническим постоянным. Для этого вычислялись среднеквадратические отклонения разности δ_1 предвычисления уровня предложенным способом и наблюдаемым уровнем моря. Кроме того, по данным годовых наблюдений были вычислены гармонические постоянные методом МНК, по гармоническим постоянным предвычислены приливы и вычислено

среднеквадратическое отклонение разности δ_2 наблюдаемого уровня и предвычисленного прилива.

На рис. 2 представлены результаты вычислений в виде столбчатых диаграмм. На представленных диаграммах высота столбца соответствует среднеквадратическому отклонению δ_1 предвычисления уровня от наблюдаемого. Высоты столбцов даны в процентах. Горизонтальная плоскость соответствует уровню среднеквадратических отклонений δ_2 предвычисления уровня моря по гармоническим постоянным от наблюдаемого (в процентах).

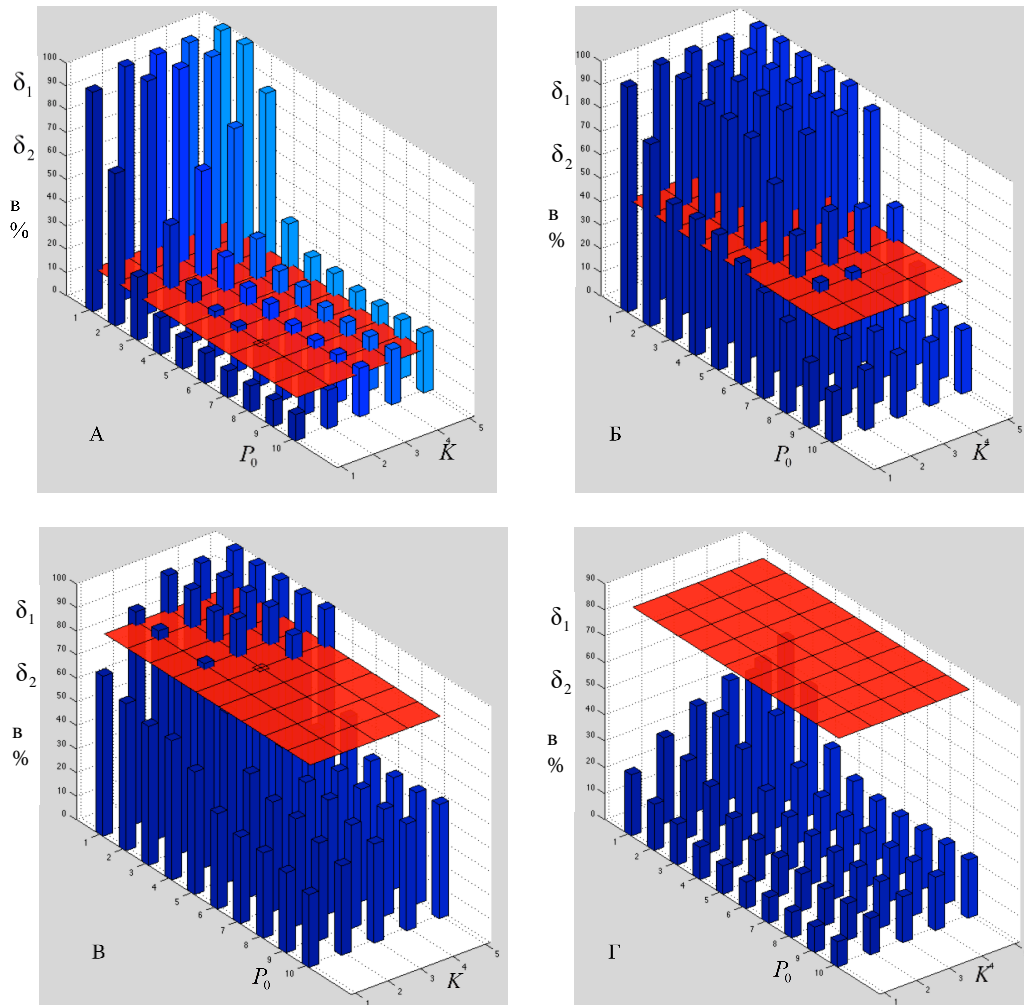


Рис. 2. Столбчатые диаграммы среднеквадратических отклонений δ_1 разности предвычисления уровня моря предложенным способом и наблюдаемого (в процентах) для: А) Мурманска, Б) Архангельска, В) Онеги, Г) Сёяха.

Горизонтальная плоскость – среднеквадратическое отклонение δ_2 разности предвычисленного уровня с использованием гармонических постоянных и наблюдаемого

Представленные диаграммы свидетельствуют, что только для Мурманска ошибка в предвычислениях уровня предложенным способом практически всегда больше, чем ошибка предвычисления по гармоническим постоянным. Для Архангельска предложенный способ только при $P = 10$ на всех пяти шагах дает ошибки меньшие, чем оценки по гармоническим постоянным. Для Онеги порядки регрессии, для которых эффективность выше, чем предвычисления по гармоническим постоянным, уже занимает диапазон $P = 6, \dots, 10$. И, наконец, для пункта Сёяха предложенный способ предвычисления уровня всегда эффективнее предвычисления с использованием гармонических постоянных.

Подведем итоги.

В практическом обеспечении деятельности на море необходимы данные об уровне моря как целом явлении без разделения его на приливы и непериодические колебания. Это требует от гидрографов разработки методов описания и представления колебаний уровня как целого явления.

Предложен способ оперативного предвычисления уровня моря, основанный на математической модели авторегрессии. Способ эффективен для акваторий, в которых приливные колебания соизмеримы и меньше непериодических. Для практического применения желательнее осуществить картирование параметров модели авторегрессии: максимального порядка модели P_0 и максимального числа шагов предвычисления K .

Практическое использование способа требует применения компьютерных вычислений, поэтому целесообразна разработка интернет-приложения с его реализацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неронов Н. Н. Особенности проводки крупнотоннажных судов по фарватерам восточной части Финского залива // Навигация и гидрография. – 2001. – № 12. – С. 106–111.
2. Таблицы приливов на 2005 год. Том I. Воды Европейской части России. // ГУНиО МО РФ, СПб. – 2004. - № 6001. – С. 233.
3. Жуков Ю. Н. Анализ приливных колебаний по временным рядам на основе дискретного вейвлет-преобразования // Навигация и гидрография. – 2004. – № 18. – С. 86–93.
4. Виллемс Я. От временного ряда к линейной системе. // Теория систем. Математические методы и моделирование. Сборник статей. – М.: Мир, 1989. – С. 8–191.
5. Lagrange J. L. Recherches sur la maniere de former des tables des planetes d'apres les seules observations // *Œuvres* VI, Paris, 1873. P. 507–627.
6. Marple Jr., S.L., *Digital Spectral Analysis with Applications*. – Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1987. – 480 p.

THE METHOD OF PREDICTING THE SEA LEVEL

E. V. Fedorova (SOIN), Y. N. Zhukov, R. A. Ismailov («GNINGI» OJSC)

The employment of the autoregression method to predict the sea level for the water areas with insignificant tidal variations is substantiated. The results of calculations are presented for the coastal sea level stations Murmansk, Arkhangelsk, Onega and Seyakha.

УДК 025.4.03

**ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ПО ПАРАМЕТРАМ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ****К. Г. СТАВРОВ, О. А. ГАСНИКОВ, В. И. ГУСЕВА**
(ОАО «ГНИНГИ»)

В статье приведено описание электронной информационно-справочной системы по гидрографическим и геофизическим полям Баренцева моря (ИСС «Баренц_ГЕО»), разработанной в программной среде ArcGIS. Данная система позволяет повысить эффективность использования и учета навигационно-гидрографических условий Баренцева моря при решении различных задач НГО морской деятельности и может быть рекомендована в качестве прототипа при создании электронных информационно-справочных систем по параметрам природной среды на различные акватории Мирового океана.

Основой для принятия решений в области морской деятельности на всех уровнях управления является информационное обеспечение данными об обстановке в районах Мирового океана, в том числе и пространственными. Одним из эффективных путей информационного обеспечения морской оборонной и экономической деятельности является создание электронных информационно-справочных систем (ИСС), основанных на компьютерных технологиях накопления, обработки, представления и распространения данных, а также получения на их основе новой информации, знаний о природных пространственно-временных явлениях.

В научно-исследовательском океанографическом центре (НИОЦ) ОАО «ГНИНГИ» разработана технология и создана электронная информационно-справочная система по геофизическим и гидрографическим параметрам Баренцева моря (ИСС «Баренц_ГЕО»).

К основным функциональным задачам ИСС «Баренц_ГЕО» относятся:

- сбор, обработка, упорядочивание и хранение геофизических и гидрографических данных;
- анализ и формирование цифровых моделей полей;
- визуализация информации в виде карт, схем и графиков;
- актуализация пространственных данных и обеспечение их оперативного картографирования.

Информационно-справочная система создана на основе геоинформационных технологий. В качестве вычислительной платформы и базового программного обеспечения используется среда ArcGIS компании ESRI со специальным модулем обработки пространственной информации Spatial Analyst [1, 2].

Исходными данными для создания ИСС «Баренц_ГЕО» являлась доступная в сетях общего пользования информация о рельефе дна и геофизических полях Земли. Это в первую очередь данные международных проектов, размещенные в сети Интернет: цифровые массивы глубин (проект IBCAO – International Bathymetric Chart of the

Arctic Ocean) [3], параметров гравитационного и магнитного полей Земли (проекты ArcGP – Arctic Gravity Project, и CAMP-GM – Circum-Arctic Mapping Project – Gravity and Magnetic Maps) [4, 5]. К первичной относится также информация, представленная на бумажных носителях: морских навигационных картах и атласах геолого-геофизических данных [6].

Исходная информация до внесения в ИСС «Баренц_ГЕО» подвергалась предварительной обработке. Данные, представленные в бумажном виде, сканировались и векторизовались. Цифровые массивы конвертировались в векторные или растровые форматы программными средствами ArcGIS. Для подготовки специализированных баз данных разработаны методики и программы расчета статистических, градиентных и спектрально-корреляционных характеристик.

Содержание и структура ИСС «Баренц_ГЕО» определены, исходя из анализа требований к перечню геофизической и гидрографической информации, используемой при навигационно-гидрографическом обеспечении (НГО) морской деятельности, и видам её представления в пособиях и на картах.

ИСС «Баренц_ГЕО» имеет иерархическую структуру и состоит из пяти тематических разделов: Рельеф дна, Грунты, Гравитационное поле, Магнитное поле, Сейсмоакустические модели. Каждый раздел включает подразделы, наполненные геоинформационными слоями (всего 44 слоя). Структурная схема ИСС приведена на рис. 1. Картографическая основа проекта выполнена в проекции Меркатора в системе координат WGS84. Границы района: 65° – 82° с. ш. и 16° – 70° в. д.

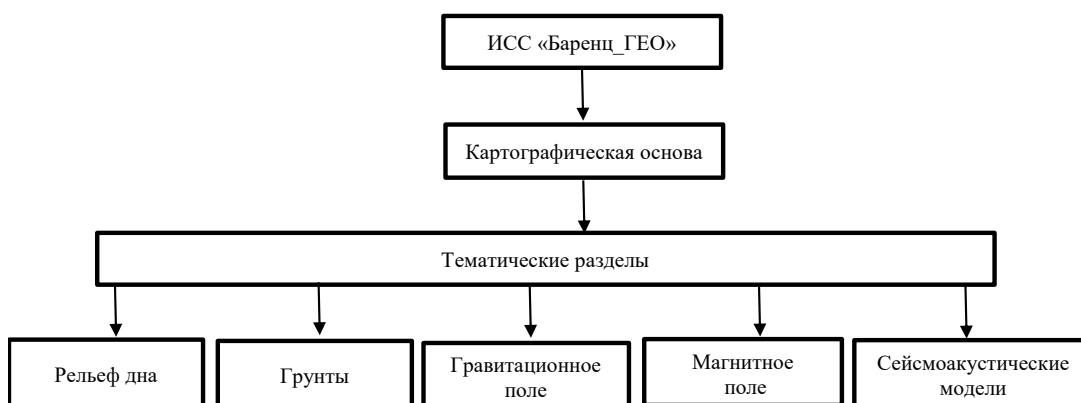


Рис. 1. Структурная схема ИСС «Баренц_ГЕО»

В качестве геоинформационных слоев в системе представлены карты глубин, аномалий силы тяжести в свободном воздухе, превышений геоида над эллипсоидом, аномалий магнитного поля, а также карты-схемы районирования акватории Баренцева моря по расчетным характеристикам, осредненным по трапециям 1°×2,5°.

Распределение глубин и параметров геофизических полей (ГФП) в системе представлены в виде карт изолиний (рис. 2), в цветовой раскраске или в виде «отмывки» в черно-белых тонах (рис. 3).

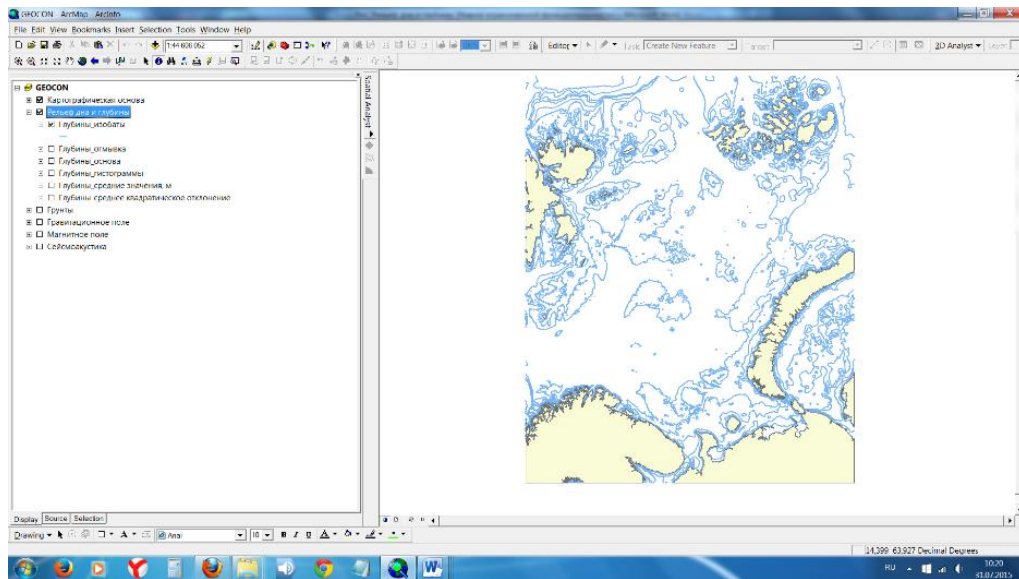


Рис. 2. Графическое отображение слоя «Глубины» в изолиниях

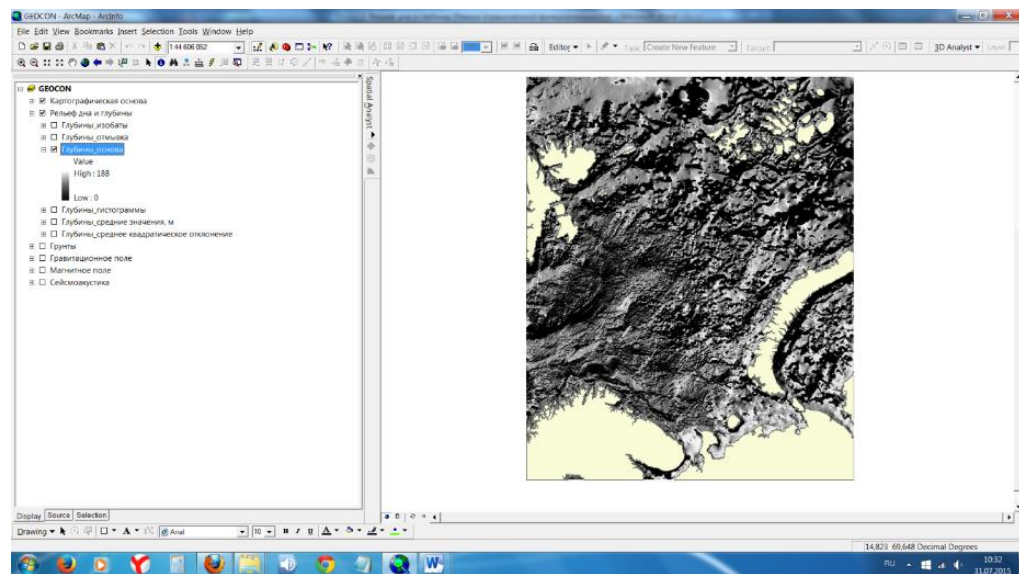


Рис. 3. Графическое отображение слоя «Глубины» с «отмывкой»

В изолиниях и цветовой раскраске представлены также карты значений уклона дна и направления его максимального изменения (экспозиции), подготовленные с помощью программного пакета Spatial Analyst 9.3 ArcGIS [2].

Другой вид отображения информации – карты-схемы районирования по степени однородности, изменчивости и аномальности полей, определяемых по расчетным статистическим, градиентным и корреляционным характеристикам, осредненным по трапециям $1^{\circ} \times 2,5^{\circ}$.

В ИСС «Баренц_ГЕО» включены следующие группы характеристик ГФП:

- статистические: среднее значение, среднееквадратическое отклонение, асимметрия, эксцесс, вариация, осцилляция, информативность поля;
- градиентные: среднее по модулю значение градиента, среднееквадратическое отклонение модуля градиента по широтным профилям и по долготным профилям, а также значение полного горизонтального градиента и направления вектора полного градиента;
- корреляционные: автокорреляционные функции по долготному и широтному профилям, радиусы корреляции и радиусы нулевой корреляции; коэффициент взаимной корреляции ГФП и глубин.

В виде карт-схем в ИСС «Баренц ГЕО» представлены результаты районирования по следующим характеристикам ГФП: по величине среднего значения, среднееквадратического отклонения и коэффициента информативности; схемы среднего значения полного горизонтального градиента, а также схемы радиуса корреляции (его минимального значения из двух направлений – широтного и долготного) и коэффициента взаимной корреляции. Остальные характеристики приведены в атрибутивных таблицах, содержащих семантическую информацию о данных в слое.

Атрибутивные таблицы являются неотделимой характеристикой описания любого геоинформационного слоя. Работа с атрибутивными таблицами ведется в двух режимах. В режиме «Атрибут» осуществляется просмотр всех характеристик объектов слоя, а в режиме «Идентификация» – только данных по выделенному объекту (их может быть несколько).

В качестве примера на рис. 4 приведена схема районирования аномалий силы тяжести (АСТ) по величине среднееквадратического отклонения с атрибутивной таблицей, включающей значения коэффициентов вариации и осцилляции.

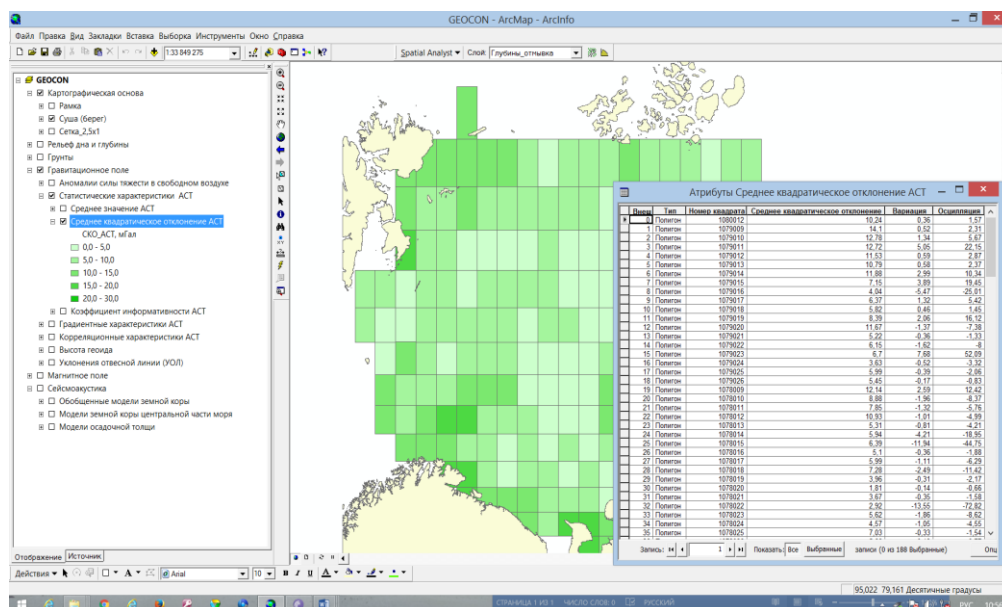


Рис. 4. Графическое отображение слоя «Среднееквадратическое отклонение АСТ» с атрибутивной таблицей слоя, включающей значения коэффициентов вариации и осцилляции

Атрибутивные таблицы позволяют сортировать и искать объекты, осуществлять отбор, группировку и фильтрацию по заданному критерию. Возможно выделение объектов по значению атрибута и получение статистических характеристик выделенного в таблице параметра. При этом в качестве параметра может выступать не только характеристика слоя, но и любая другая характеристика, включенная в атрибутивную таблицу.

К геоинформационным слоям по гиперссылке осуществляется доступ к документам различных форматов, связанных с пространственным объектом [1]. В качестве примера на рис. 5 показано подключение графиков автокорреляционных функций (АКФ) к слою «Радиус корреляции АСТ», построенному по величине минимального значения радиуса корреляции, полученного в результате расчета АКФ в направлении широтного и долготного профилей.

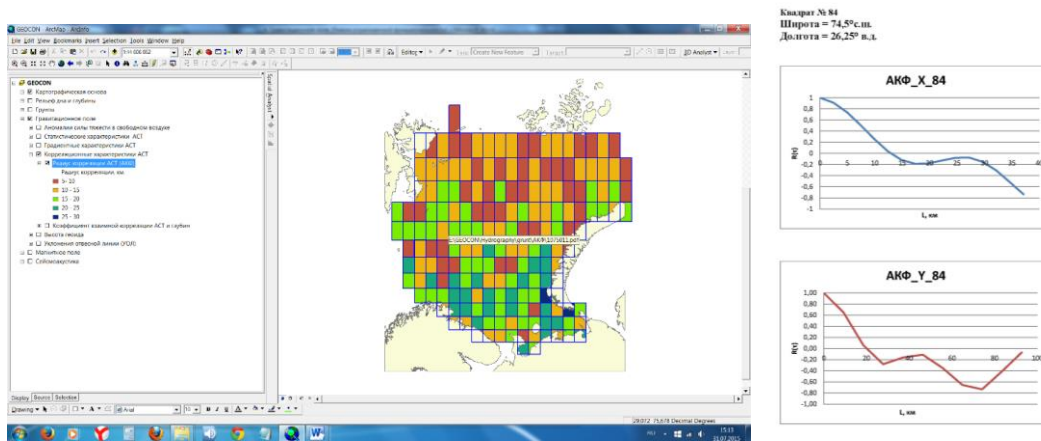


Рис. 5. Графическое отображение слоя «Радиус корреляции АСТ» с гиперссылкой на файл АКФ и графики АКФ выделенного объекта

Информация о грунтах дна представлена в виде схем районирования по четырем типам поверхностного грунта, с указанием вероятности их наличия в трапециях $1^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ (рис. 6).

Помимо предложенных схем распределения грунтов, в систему включены еще две формы отображения информации о поверхностном грунте: обобщенный вариант в виде круговых диаграмм распределения четырех типов грунта, представленных выше, и в виде традиционных схем, оконтуривающих области преобладающего типа грунта.

Работа с элементами управления панели инструментов дополнительного модуля Spatial Analyst [2], включенного в состав ArcGIS, позволяет пользователю в интерактивном режиме производить действия по обработке и представлению полученных результатов. Ряд наиболее простых функций этого модуля может быть применен пользователями системы при использовании ИСС для получения статистических оценок полей в интерактивном режиме.

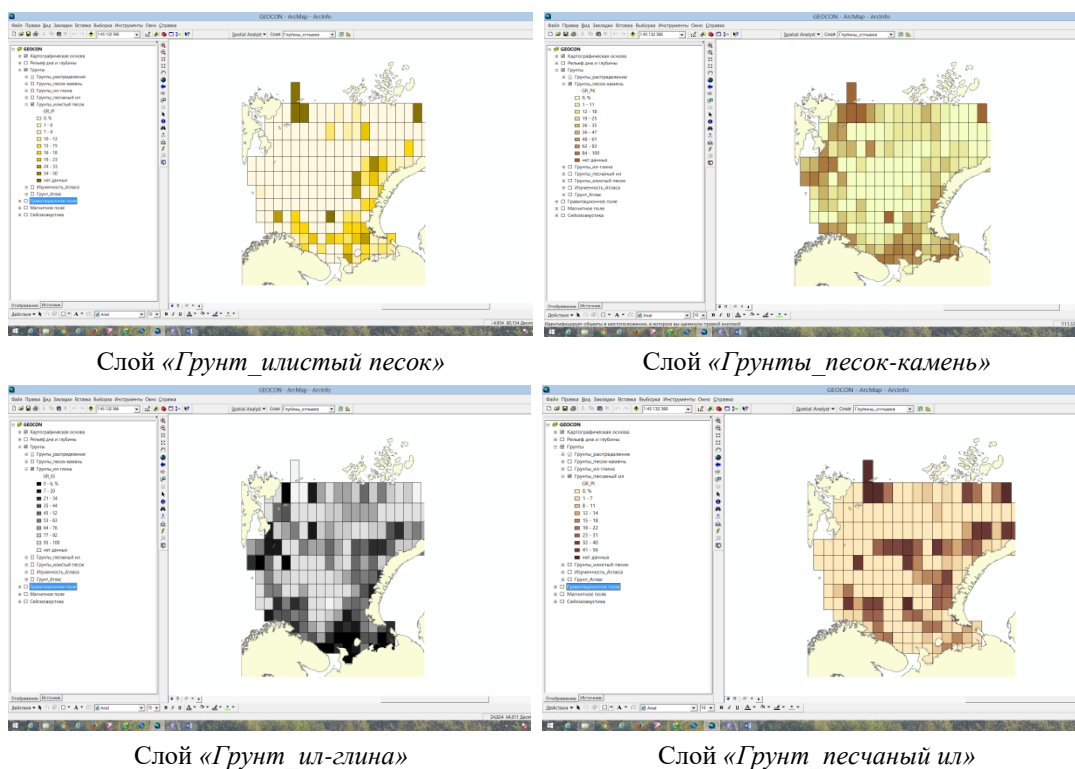


Рис. 6. Графическое отображение слоев районирования по типам грунтов Баренцева моря

В частности, для растровых слоев системы возможно построение изолиний и гистограмм. Интерактивный инструмент «Построить изолинию» позволяет создавать отдельные изолинии в указанных местоположениях на растре. Построенная изолиния выделяется прямоугольным контуром, а её значение и характеристики отображаются в отдельном окне (рис. 7).

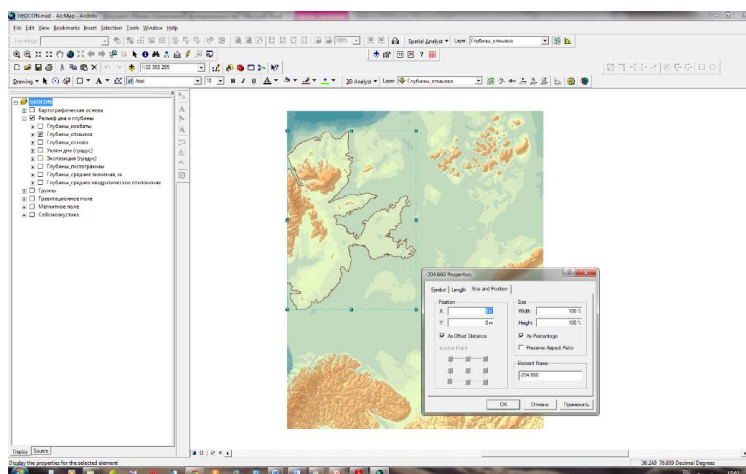


Рис. 7. Пример действия опции «Построение изолиний»

Интерактивный инструмент «Гистограмма» строит график распределения значений в растровом слое по заданному направлению или полигону. Гистограмма отображается в отдельном окне. Для осуществления этой функции необходимо на интересующем районе нарисовать линию или полигон (рис. 8).

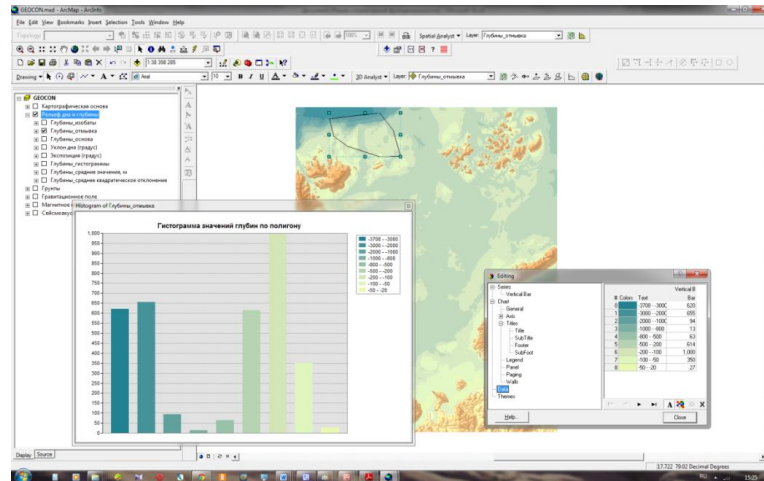


Рис. 8. Пример действия опции «Гистограмма» (полигон)

В 2015 г. информационно-справочная система параметров природной среды Баренцева моря (ИСС «Баренц_ГЕО») успешно прошла тестовые испытания.

В заключение следует отметить, что разработанная информационно-справочная система по параметрам природной среды Баренцева моря (ИСС «Баренц_ГЕО»), созданная программными средствами ArcGIS и реализующая процедуры сбора, хранения, обработки, визуализации и актуализации геопространственных данных с возможностью их оперативного картирования и анализа, позволяет повысить эффективность использования и учета навигационно-гидрографических условий при решении различных задач НГО морской деятельности и может быть рекомендована в качестве прототипа при создании электронных информационно-справочных систем по параметрам природной среды на различные акватории Мирового океана.

ЛИТЕРАТУРА

1. ESRI ArcGIS 9 ArcMap Руководство пользователя/официальный перевод ESRI от Data+2004. – 546 с.
2. ESRI ArcGIS 9 Spatial Analyst Руководство пользователя /официальный перевод ESRI от Data+1999–2001. – 216 с.
3. Международная батиметрическая карта Арктики [Электронный ресурс]: электронные карты / IBCAO. – URL: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/arctic/arctic.html>. (дата обращения: 15.10.2015 г.).
4. Международный Арктический проект ArcGP / [Электронный ресурс]: URL: http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/agp/readme_new.html. (дата обращения: 15.10.2015 г.).
5. Циркумполярный Арктический картографический проект CAMP-GM / [Электронный ресурс]: URL: <http://ftp.ngu.no/pub/Garmen/CAMP-GM2010> (дата обращения: 15.10.2013 г.).
6. Атлас донных осадков Белого, Баренцева и Карского морей [Атлас]. Адм. № 6141.// СПб.: ГУНиО МО РФ, ВНИИОкеангеология, 2003. – 76 с.

**INFORMATION-REFERENCE SYSTEM FOR NATURAL ENVIRONMENT
PARAMETERS OF THE BARENTS SEA**

K. G. Stavrov, O. A. Gasnikov, V. I. Guseva («GNINGI» OJSC)

The description of the electronic information system for hydrographic and geophysical fields of the Barents Sea («Баренц ГЕО») is presented. The system was developed in the ArcGIS programming complex. This system allows to increase the effectiveness of employment and account of navigation-hydrographic conditions of the Barents Sea when solving the various problems of navigation-hydrographic support for maritime activities and can be recommended to be used as a prototype when creating the electronic information-reference systems based on the parameters of the natural environment of various water areas of the World ocean.

УДК 355.:528; 623.64

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОТНОЙ ОСНОВОЙ СЪЕМКИ РЕЛЬЕФА МОРСКОГО
ДНА И НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА**

Э. С. ЗУБЧЕНКО (ВМА им. Н. Г. Кузнецова),
А. М. ШАРКОВ (ОАО «ГНИНГИ»)

В статье выполнен обзор руководящих документов, регламентирующих обеспечение высотной основой съемки рельефа морского дна. Показаны перспективные направления исследований в области выполнения высотной основой съемки при картографировании морских и океанских акваторий в интересах НГО ВМФ.

Высотной геодезической основой гидрографической съемки рельефа дна является существующая или разворачиваемая сеть уровенных постов (УП). Сеть обеспечивает фиксацию в районе съемки отсчетной поверхности для глубин – нуля глубин и отсчетной поверхности для высот – нуля высот для береговых средств навигационного оборудования (СНО), навигационных ориентиров, а также для определения положения береговой линии и высот препятствий над акваторией (пролетов мостов, линий электропередач и других подобных объектов).

Точность положения отсчетной поверхности нуля глубин по всей площади съемки должна обеспечивать получение исправленной глубины и положения береговой линии, высот препятствий над акваторией с неопределенностью, не превышающей величины, установленные 5-ой редакцией Стандарта S-44 Международной гидрографической организации (МГО) [1] (см. таблицу ниже).

За нуль глубин принимаются:

- а) для акваторий без приливов или со средней величиной прилива менее 50 см – средний многолетний уровень;
- б) для акваторий со средней величиной прилива равной или большей 50 см – наименьший теоретический уровень (НТУ). Для акваторий, где встречается несколько типов приливов, в качестве нуля глубин может быть использован условно принятый единый уровень;
- в) для Каспийского моря – средний уровень за последние 10 лет.

**Требования к точности и подробности съемки рельефа дна,
установленные 5-ой редакцией Стандарта S-44 МГО**

Наименование параметра	Класс съемки			
	1	2	3	4
Характеристика типовой судоходной акватории и диапазон глубин	Мелководные фарватеры и морские каналы, гавани, участки акваторий для швартовки судов, с минимальными глубинами под килем, места якорной стоянки судов и связанные с ними фарватеры и каналы с минимальными глубинами в диапазоне от 0 до 40 м включительно	Гавани, морские каналы и подходные фарватеры к гаваням, рекомендованные пути и прибрежные районы с глубинами менее 100 м, в которых вероятность наличия на дне искусственных или естественных препятствий, опасных для судов с осадкой, близкой к глубинам на данной акватории, достаточно высока	Рекомендованные пути в прибрежных районах с глубинами до 200 м включительно, в которых вероятность наличия на дне искусственных или естественных препятствий, опасных для судов с осадкой, близкой к глубинам на данной акватории, низка	Все акватории Мирового океана с глубинами более 200 м и не описанные в предыдущих классах
Допустимая неопределенность (P=0,95) планового положения измеренной глубины относительно пунктов геодезической основы съемки	2 м	5 м + 5% от глубины	20 м + 5% от глубины	20 м + 10% от глубины
Допустимая неопределенность (P=0,95) определения местоположения стационарных СНО и объектов, важных для навигации: - планового положения, метр; - высотного положения, метр	1 0,5	2,5 1	5 2	5 3
Допустимая неопределенность (P = 0,95) определения положения точек береговой линии: - для характерных точек береговой линии; - для точек достоверной береговой линии; - для точек недостоверной береговой линии.	2 м 2 м 5 м	2 м 5 м 10 м	5 м 10 м 15 м	10 м 20 м 30 м
Допустимая неопределенность (P = 0,95) определения места плавучих СНО	5 м	10 м	15 м	20 м

Положение НТУ и среднего уровня полных сизигийных вод на каждом постоянном УП по рекомендации МГО вычисляются из измерений высоты прилива не менее чем за 19-летний период. НТУ привязывается к реперам государственной нивелирной сети, от которых они могут быть переданы на дополнительные и временные УП, устанавливаемые в районе съемки. На приливных участках рек в качестве нуля глубин (НГ) принимают условный наклонный профиль уровенной поверхности между НТУ и НГ на реке. Ноль глубин определяется у верхней границы приливного участка, в месте, где величина приливных колебаний уровня не превышает 50 см.

Высоты НГ на морские УП передаются от береговых УП с неопределенностью не более 0,2 м (с доверительной вероятностью $P = 0,95$). При этом точность передачи должна обеспечивать получение исправленной глубины для каждого класса съемки, с неопределенностью, не превышающей указанной в таблице.

Для определения с помощью глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) высоты уровня над НГ при съёмке в прибрежной зоне акваторий на каждом береговом УП определяется геодезическая высота НГ – высота над общеземным эллипсоидом. За нуль высот для объектов, имеющих навигационное значение (береговая линия, береговые СНО, ориентиры, препятствия над акваториями) принимается:

- в морях без приливов – средний многолетний уровень моря;
- в морях с приливами – средний уровень полных сизигийных вод.

За нуль высот для береговых объектов, не имеющих навигационного значения (рельеф суши), принимается нуль Кронштадтского футштока в Балтийской системе высот 1977 г.

Измеренные при съемке глубины приводятся к принятому НГ введением поправки на высоту уровня. Определение поправок измеренных глубин в диапазоне от 0 до 200 м на высоту уровня осуществляется по данным синхронных со съемкой измерений высоты уровня на УП. Измерения высоты уровня для приведения измеренных глубин к нулю глубин должны выполняться в течение всей съемки.

При наличии на район съемки модели геодезической высоты точек поверхности НГ приведение измеренной глубины к НГ может производиться путем измерения геодезической высоты уровня судовыми приемниками ГНСС.

Продолжающиеся аварии с судами и кораблями в море (около 3500 в год) [2], увеличение размеров и осадки судов, оставляют актуальной проблему повышения достоверности навигационно-гидрографической информации, представляемой судоводителю в виде цифровых и бумажных навигационных морских карт (НМК), а также в виде данных о навигационно-гидрографических условиях в районах. Получение и постоянное уточнение данных о навигационно-гидрографических условиях достигается путем выполнения съемки рельефа дна, составления по данным съемки морских навигационных и специальных морских бумажных и цифровых карт, а также цифровых моделей рельефа дна различной детальности. При этом измеренные глубины приводятся к принятому НГ, установление высотного положения которого на всей акватории, подлежащей съемке, представляет комплексную научно-техническую задачу, точность решения которой на современном этапе остается еще недостаточной для обеспечения задачи безопасности мореплавания. Это связано, прежде всего, с недостаточной точностью современных методов определения высотного положения отсчетной поверхности и высоты фактического уровня моря над этой поверхностью. Поэтому один из путей повышения точности данных съемки –

более рациональное определение и точный учет положения отсчетной поверхности для глубин и высоты мгновенного уровня над НГ.

Для этого гидрографу при съемке важно привести измеренную глубину, независимо от стадии прилива или уровня воды, к общей отсчетной поверхности, называемой НГ, вертикальной датой или датой уровня воды (ДУВ) в терминах Международной гидрографической организации (МГО). ДУВ, к которой отнесены глубины на НМК, известна также как «нуль карты». Большинство ДУВ, используемых для представления информации в навигационных целях, вычислены или отнесены к определенному 19-летнему периоду, который учитывает модуляции лунных составляющих прилива, вызванных долгосрочными изменениями орбиты Луны вследствие регрессии узлов её орбиты. При этом необходимо иметь в виду, что использование даже 19-летних циклов наблюдений не всегда могут определить самые существенные изменения высоты прилива.

ДУВ определяется как высота уровня определенной фазы прилива над средним уровнем моря (СУМ).

МГО рекомендовала для международного использования в качестве НГ Самый Низкий Астрономический Прилив (LAT), определяемый как самый низкий уровень предвычисленного прилива за 19-летний период [3].

В приливных морях в РФ в качестве ДУВ принят наиболее низкий уровень астрономического прилива – наинизший теоретический нуль глубин (НТУ), выведенный из многолетних наблюдений на УП. В бесприливных морях РФ в качестве ДУВ принят СУМ. Положение СУМ Балтийского моря совпадает с нулем высот Балтийской системы высот РФ.

В устьях приливных рек используется большое количество местных НГ.

ДУВ – местная отсчётная плоскость, имеющая устанавливаемое превышение над СУМ, и применима только в небольшой области, прилегающей к УП, на котором выполнялись измерения уровня воды для её установления. Для установления связи с геодезической отсчетной поверхностью отсчет ДУВ относительно нуля поста путем нивелирования передается на береговой репер высотной сети реперных отметок с известным превышением репера над СУМ. ДУВ полностью отлична от геодезических нулей высот. Фактически невозможно передать НГ от одного места к другому геодезическим нивелированием, не учитывая местные приливно-отливные условия [3].

Высотное положение указанных выше отсчетных поверхностей для глубин фиксирует сеть постоянных УП Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды России (Росгидромет), включающую 25 основных пунктов на воды Европейской части и 23 основных пункта на воды азиатской части России, на которых наблюдения за уровнем ведутся постоянно. Уровень Каспийского моря определяется по четырем постам наблюдений. Кроме основных пунктов наблюдения, в европейской части определены 138, а в азиатских водах – 149 дополнительных пунктов, для которых вычислены поправки в высоты полных и малых вод и моменты их наступления. Вычисление НГ и предвычисление высот прилива над НГ по данным наблюдений на перечисленных УП производится по методике Государственного океанографического института Росгидромета.

Сложность определения высотного положения НГ за пределами действия береговых УП затрудняет выполнение точной съемки рельефа дна в удаленной от берега зоне, что особенно существенно для морей Северного Ледовитого океана, где изобата 200 м может быть удалена от ближайшего берега на 900 км. В виду большой неопре-

деленности положения отсчетной поверхности в общей величине допустимых погрешностей приведенной глубины эта погрешность имеет наибольшую величину и составляет от 0,2 до 0,5 м [3].

Актуальность получения точных данных о высотном положении НГ в любой точке судоходной акватории возрастает в связи с открывшимися возможностями трехмерного позиционирования судна с помощью успешно развиваемых технологий поддержки ГНСС, таких, например, как: режим кинематики реального времени (Real Time Kinematic – RTK), глобальный навигационный сервис C-NAV RTG (Real Time Gipsy) [4], которые обеспечивает высокую точность определения высоты относительно геодезической отсчетной поверхности: 0,1–0,15 м в пределах до 15 км от базовой станции в режиме RTK и 0,3–0,4 м с использованием сервиса C-NAV RTG [6].

С 2011 г. началось развертывание орбитальной группировки российской широкозонной системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) для формирования и передачи дифференциальных поправок к спутниковым определениям места с помощью систем ГЛОНАСС и GPS, а в перспективе и Galileo. И хотя ожидаемая точность позиционирования по высоте (0,7–1 м) остается ниже аналогичных зарубежных подсистем [5], в перспективе с увеличением точности данного вида сервиса эта технология открывает принципиально новую возможность точного определения высоты мгновенного уровня над геодезической отсчетной поверхностью, которая из-за неопределенности положения отсчетной поверхности НГ на удаленной от берега части судоходной акватории в настоящее время не может быть реализована с требуемой точностью. Недостатком данного направления повышения точности позиционирования по высоте является ограниченный пространственный охват подсистемой арктических зон по широте (не более 70°).

На рисунке показана схема зоны покрытия орбитальной группировки СДКМ на базе геостационарных спутников «Луч 5» [7].

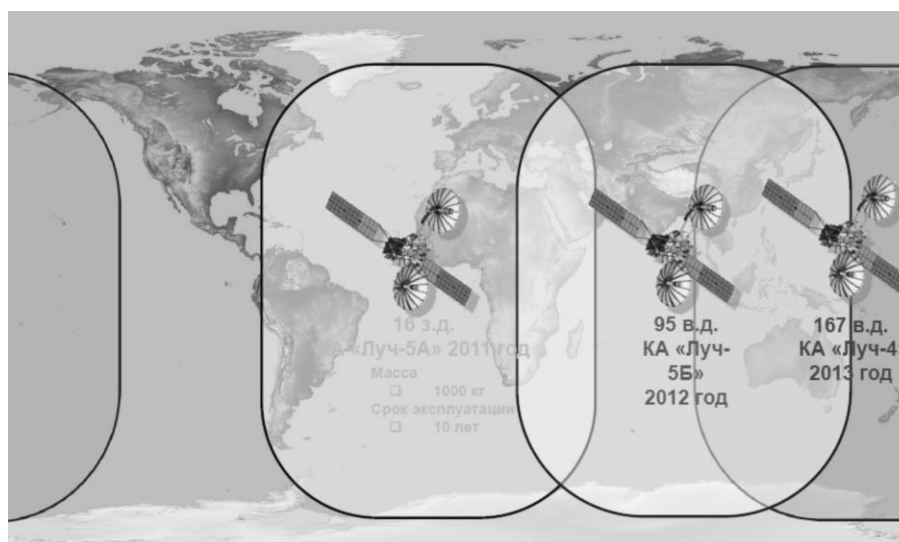


Схема зоны покрытия орбитальной группировки СДКМ на базе геостационарных спутников «Луч-5»

Как следует из рисунка, многофункциональная спутниковая система ретрансляции на базе геостационарных спутников «Луч» не обеспечивает покрытие морских акваторий в арктической океанской зоне. В настоящее время ведутся проработки размещения бортовых ретрансляторов СДКМ на космических аппаратах спутниковой системы «Арктика», которая будет создаваться с целью гидрометеорологического, связного и навигационного обеспечения потребителей в районе Северного Ледовитого океана [7].

Для реализации возможности повышения безопасности мореплавания за счет непрерывного измерения геодезической высоты мгновенного уровня используются данные о положении НГ относительно отсчетной для ГНСС геодезической поверхности, т. е. относительно одного из общеземных эллипсоидов ПЗ-90.11 или ГСК-2011.

Высотную привязку реперов УП к государственной нивелирной сети осуществляют методом геометрического нивелирования. Наблюдения и обработка результатов измерений связаны с конкретными объектами и с сохранением полученных значений высот во времени. В геодезии такими объектами являются центры пунктов триангуляции и реперы. Конструкции центров, материалы, из которых они изготовлены, и места закладки обеспечивают неизменность положения их по высоте, устойчивость к сезонным деформациям грунта и долговременную сохранность [8].

При спутниковых измерениях систему геодезических высот задают и фиксируют пункты фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС). Геодезическая высота каждого репера сети УП, получаемая спутниковым методом, определяется относительно пунктов ФАГС и ВГС. Поэтому возникает необходимость по спутниковым определениям геодезических высот получать с требуемой точностью нормальные высоты каждого репера, т. е. установить связь геодезической высоты репера, полученной из спутниковых наблюдений, с его нормальной высотой. Сделать это можно двумя путями:

- 1) по результатам гравиметрической съемки вычислить аномалию высоты $\zeta(P)_{\text{выч}}$, затем нормальную высоту репера УП;

- 2) с использованием уточненной модели локального геоида (квазигеоида) на заданный район интерполировать значения аномалии высоты в определяемую точку.

Чтобы получить надежные результаты, целесообразно моделировать, сопоставлять и согласовывать отношения между НГ и другими отсчетными поверхностями, сравнивая различные данные, включая, например, данные моделирования средней морской поверхности в открытых океанах и данных наблюдений на УП, данные о ежемесячных высотах СУМ, выведенные из продолжительных периодов наблюдения на УП, данные измерений геодезических высот уровня, полученных с помощью буев с установленными на них приемниками ГНСС в определенных местоположениях УП [9].

СУМ в открытых океанах может быть получен методами спутниковой альтиметрии, а в прибрежной зоне – по данным сети постоянных УП. Чтобы покрыть 20–30-километровый промежуток между данными альтиметрии на открытые районы моря информацией о величине приливов в прибрежной зоне потребуются разработать новые математические модели взаимосвязи между этими данными, которые бы учитывали влияние прибрежной морфологии и включали интерполирование высот морской поверхности, являющейся разностью между СУМ и геоидом.

Имея данные моделирования приливов и неприливно-вых составляющих, возможно построить локальные цифровые модели НГ на все судоходные акватории морей Российской Федерации с СКП не более 10 см и пространственным разрешением не хуже 1 км.

Контроль за состоянием УП (в том числе за реперами ГУГМС), наблюдения и обработку данных в настоящее время выполняет Росгидромет, который располагает данными по УП, полученными традиционными методами в 1980-х и начале 1990-х годов.

Развернутая в настоящее время не побережье РФ сеть морских УП не во всех районах качественно характеризует режим уровня моря, так как УП более 20 лет не ремонтировались, а часть из них закрыта. Последняя привязка реперов УП к государственной нивелирной сети I, II классов выполнялась около 20 лет назад. Контроль высотного положения нуля поста (футштока и мареографа) регламентируется наставлением [10] и методическими указаниями [11] и проводится организациями Росгидромета от основных и рабочих реперов УП нивелированием III или IV класса не реже двух раз в год. Однако из-за отсутствия финансирования, лицензий, кадров, инструментов регламентные работы осуществляются нерегулярно, а уровнемерные устройства устарели и не обеспечивают требуемой точности измерений высоты уровня.

Решение задачи привязки всех УП к единой системе высот с требуемой точностью возможно в первую очередь на основе новых спутниковых геодезических технологий. На основании выполненных работ целесообразно издать «Каталог реперов нулей глубин на моря Российской Федерации».

Для решения этой задачи потребуется провести проверку наличия пунктов Государственной нивелирной сети в прибрежных районах морей и при их отсутствии выполнить нивелирование с целью определения высот дополнительных пунктов относительно поверхности квазигеоида, осуществить их закрепление на местности.

В результате реперы УП станут неотъемлемой частью государственной спутниковой высотной геодезической сети, реализуемой с помощью ГНСС ГЛОНАСС и GPS. Основная цель состоит в том, чтобы координаты реперов УП, в частности их высотная составляющая, были получены в единой системе высот и с возможно более высокой точностью. Решение этой важной государственной проблемы возможно только при объединении усилий Росгидромета и Росреестра, ГС ВМФ и ВТС.

Недостаток спутниковой технологии, относящийся к процедуре создания высотной геодезической сети, состоит в том, что погрешность измерения геодезической высоты пункта в 1,5–2 раза превышает погрешность определения его планового положения. Повышение точности определения геодезических высот возможно путем решения задачи повышения точности координатного обеспечения с помощью ГНСС по третьей координате – высоте.

Таким образом для обеспечения высотной основой съемки рельефа морского дна и безопасности судоходства с учетом современного уровня развития технических средств представляется целесообразным выполнить высотную привязку реперов УП к государственной нивелирной сети. При этом СУМ в открытых океанах может быть получен методами спутниковой альтиметрии, а в прибрежной зоне – по данным сети постоянных УП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стандарт S-44 «Стандарты МГО для съемки рельефа морского дна» Международной гидрографической организации (МГО), 5-я редакция. Монако, 2008. С. 17–18.
2. Imahori G., Gibson W. M., Tronvig K. Improvements to Water Level Reducers for Hydrographic Surveys in Hydrodynamically Complex Tidal Regimes National Ocean Service, NOAA // URL: http://www.nauticalcharts.noaa.gov/hsd/docs/SW_techpaper_imahori.pdf, 2015.
3. Manual of Hydrography. Final draft. (M-13) Monaco: International Hydrographic Bureau of International Hydrographic Organization, 2005.
4. Norden M. F., Arroyo-Suarez E. N., Najjar A. S. Concept for Military Surveys to IHO Standards Without Shore Stations Using the Real-Time Gipsy (RTG) Global Positioning System (GPS) // OCEANS, 2005. Proceedings of MTS/IEEE // URL: [http://www.researchgate.net/publication/4245504_Concept_for_military_surveys_to_IHO_standards_without_shore_stations_using_the_Real-Time_GIPSY_\(RTG\)_Global_Positioning_System_\(GPS\)](http://www.researchgate.net/publication/4245504_Concept_for_military_surveys_to_IHO_standards_without_shore_stations_using_the_Real-Time_GIPSY_(RTG)_Global_Positioning_System_(GPS)).
5. V Международный форум по спутниковой навигации. Международная выставка «Навитех-Экспо-2011». Москва, 1-3 июня 2011 г. // М.: Геопрофи. – 2011. – №4. – С. 36.
6. C-Nav GPS: Confidence Through Diversity // URL: <http://www.cctechol.com/uploads/confidence-through-diversity-rev-3.0.1.pdf>, 2015 г.
7. Дворкин В. В., Карутин С. Н. Функциональные дополнения глобальных навигационных спутниковых систем: состояние и перспективы развития // Тр. Института прикладной астрономии РАН. – 2009. Вып. 20. – С. 74–80.
8. Остроумов В. З., Шануров Г. А., Епишин В. И. Высотная основа уровенных постов: геодезический аспект // Геодезия и картография. – 2005. – № 4. – С. 20–25.
9. Imahori G., Gibson W. M., Tronvig K. Improvements to Water Level Reducers for Hydrographic Surveys in Hydrodynamically Complex Tidal Regimes National Ocean Service, NOAA // URL: http://www.nauticalcharts.noaa.gov/hsd/docs/SW_techpaper_imahori.pdf. 2015.
10. Наставление гидрологическим станциям и постам. Вып. 9, ч. 1. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 424 с.
11. Методические указания. Нивелирование морских уровенных постов. Вып. 9, ч. 1. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 48 с.

PROVISION OF SUBMARINE RELIEF SURVEY AND NAVIGATION SAFETY BY VERTICAL DATUM

E. S. Zubchenko, A. M. Sharkov («GNINGI» OJSC)

The review of the governing documents that regulate the provision of vertical datum for the submarine relief survey is presented. The promising directions of explorations in the sphere of survey by vertical datum when charting the sea and ocean water areas in the interests of navigation-hydrographic support for the Navy are shown.

УДК 528.92

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ МЕТОДОВ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИЛИВОВ

Е. В. ФЕДОРОВА (ФГУ «ГОИИ»),
Ю. Н. ЖУКОВ (ОАО «ГНИНГИ»)

Приведены результаты предвычислений приливных колебаний по гармоническим постоянным, выполненным тремя методами: Дарвина, Дудсона и методом наименьших квадратов. Расчеты для Баренцева, Белого и Охотского морей показывают, что метод Дарвина является наименее эффективным.

Time and tide wait for no man (Время и прилив никого не ждут).
Старая английская поговорка.

В настоящее время в России активно разрабатываются месторождения на шельфе морей, идет строительство береговых технологических сооружений, что с необходимостью сопровождается гидрографическими работами с использованием новых технических средств промера и обеспечением информацией об изменениях уровня моря. Поэтому тема статьи вполне актуальна.

Изменения уровня моря учитывается в деятельности, связанной с работами в береговой зоне и на шельфе морей. Особенное внимание обращают на учет приливных колебаний. Значимость приливов отражается в том, что в системе ГМО ВМФ существует руководящий документ – Правила Гидрографической службы № 35 (ПГС-35) [1].

Степень актуальности темы статьи возрастет, если иметь в виду, что последнему изданию ПГС №35 уже исполнилось без малого 60 лет. А если учесть, что это издание полностью копирует довоенное руководство по обработке и предсказанию приливов [2], которое само основывается на работах английских авторов начала двадцатого века, то становится ясно, что тема статьи – актуальнейшая.

Одна из задач ПГС № 35 – регламентация применения гармонического анализа для расчета гармонических постоянных приливов при гидрографических работах. Метод гармонического анализа приливов открыт на рубеже XIX–XX веков [3]. Его автор – астроном сэр Джордж Говард Дарвин (1845–1912), второй сын Чарльза Дарвина. Он опирался на труды предшественников: Исаака Ньютона, Даниила Бернулли, Пьера Лапласа, Уильяма Томсона и других. Теоретической основой гармонического анализа приливов служит разложение в бесконечные ряды приливного потенциала, зависящего от шести частот, определяемых действительными вращениями Луны и Солнца относительно Земли.

Вычислительные методы гармонического анализа предназначены для оценки гармонических постоянных: амплитуд и начальных фаз гармоник, представляющих члены разложения приливного потенциала. Имея значения гармонических постоянных для некоторой точки акватории, можно предвычислить приливные колебания уровня моря для этой точки. Исходной информацией для гармонического анализа

служат непрерывные последовательности ежечасных значений высоты уровня моря в некоторой точке акватории.

За двадцатое столетие было разработано несколько десятков вычислительных методов гармонического анализа приливов, различающихся как вычислительными особенностями, так и требуемой длительностью ряда наблюдений. Первые вычислительные методы гармонического анализа разработал Д. Дарвин [3]. Затем разработкой методов гармонического анализа приливов занималось множество исследователей как в нашей стране, например, А. И. Дуванин [4] и В. М. Альтшулер [5], так и за рубежом, в частности, А. Дудсон [6] и М. Фореман [7]. К настоящему времени в мировой практике используется только три метода: Дарвина – для 30(15)-суточной серии наблюдений, Дудсона – для 30,5-суточной серии наблюдений и метод наименьших квадратов – для произвольной длительности наблюдений. Дадим этим методам краткую характеристику и опишем технологию применения, сравнивая их качество.

Метод Дарвина [3] позволяет оценить 11 гармонических постоянных по данным 30-суточных ежечасных наблюдений за уровнем моря (720 наблюдений). Метод адаптирован к ручному счету.

Именно применение этого метода Дарвина регламентирует ПГС № 35. Впервые в отечественной литературе описание его опубликовано в 1925 г. в работе М. В. Никитина [8]. Из этой работы метод перешел в руководство по обработке и предсказанию приливов (далее «Руководство») [2], а из Руководства – в ПГС № 35, потеряв при этом свое название. Здесь хочется отметить, что в ПГС № 35 произошли странные метаморфозы с примером применения метода Дарвина, ранее представленного в Руководстве. Пример в Руководстве дан для наблюдений за уровнем в устье реки Чижи Мезенского залива, начало наблюдений 06 августа 1932 г. (схема 1, с. 52–53). В ПГС № 35 пример гармонического анализа дан для наблюдений в бухте Гайдамак Баренцева моря, начало наблюдений 06 августа 1956 г. (приложение 14 на стр. 148–149). Что же здесь удивительного? А удивительно то, что в наблюдениях, разделенных по пространству сотнями километров и годами по времени, высоты уровня в течении 30 суток различались ровно на 400 сантиметров. Это уникальное явление природы читатель сам может оценить, сравнив соответствующие таблицы исходных наблюдений в рекомендациях и ПГС №35.

Метод Дудсона [6] позволяет рассчитать 34 гармонические постоянные по данным наблюдений за 31,5 суток (757 ежечасных наблюдений за уровнем моря). Для проведения фильтрации ряда необходимо иметь не менее 795 ежечасных значений уровня. Метод адаптирован к ручному счету. Описание его опубликовано в 1954 г., то есть за два года до выхода в свет ПГС № 35. Метод Дудсона применяется для расчета гармонических постоянных, которые используются при подготовке отечественных Таблиц приливов в лаборатории приливов ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова».

Метод наименьших квадратов (МНК) [7] позволяет оценить любое количество гармонических постоянных по данным любой продолжительности. Метод ориентирован только на использование компьютерной обработки данных, рекомендован ИЮ и в настоящее время используется повсеместно.

Все эти методы являются методами реализации Фурье-анализа сигнала. При этом специфика применения Фурье-анализа состоит в том, что ищется разложение по известным значениям частот – гармоническим составляющим прилива.

Методы Дарвина и Дудсона основаны на прямых приемах суммирования (интегрирования) значений уровня моря для оценки гармонических постоянных. Причем выявления колебаний заданной частоты осуществляют либо независимо от других, либо для конкретной пары частот. Требуемая фиксированная длительность наблюдений позволяет практически однозначно разрешить все коллизии. Для разделение некоторых пар частот используются теоретические выводы из приливного потенциала. Заинтересованному в подробностях читателю следует обратиться к работе [8].

В методе МНК, напротив, разделение частот осуществляется одновременно на основе перехода к системе линейных однородных алгебраических уравнений. Число уравнений равно числу ежечасных наблюдений. Решение этой системы осуществляется вычислительными методами линейной алгебры.

Рассмотрим технологические стороны применения методов. Сразу отметим, что во всех трех методах необходимым этапом вычислений гармонических постоянных является вычисление начальных фаз часовых углов фиктивных светил, соответствующих гармоническим составляющим. Этот этап вычислений связан с использованием астрономических параметров всемирного времени. В настоящее время астрономы уточнили и изменили некоторые из этих параметров относительно начала XX века, но для методов гармонического анализа приливов эти изменения практически несущественны.

В XX веке исследователи обратили внимание на то, что все периоды гармонических составляющих приливов меньше тридцати часов. Исключение составляют только пять составляющих (см. рис. 1), однако эти пять гармоник практического значения не имеют. В методе Дарвина их вообще нет. Поэтому гармонический анализ приливов выявляет только приливные колебания с периодами менее 30 часов. Этот факт послужил основанием включения в технологию гармонического анализа этапа предобработки – высокочастотной фильтрации исходного временного ряда наблюдений за уровнем моря. Было разработано множество фильтров, но наиболее часто используется фильтр Дудсона. В работе [9] приводятся необходимые сведения о фильтре Дудсона и представлены его фазово-частотные и амплитудно-частотные характеристики. Однако ПГС № 35 не требует никакой предобработки наблюденных значений высот уровня моря.

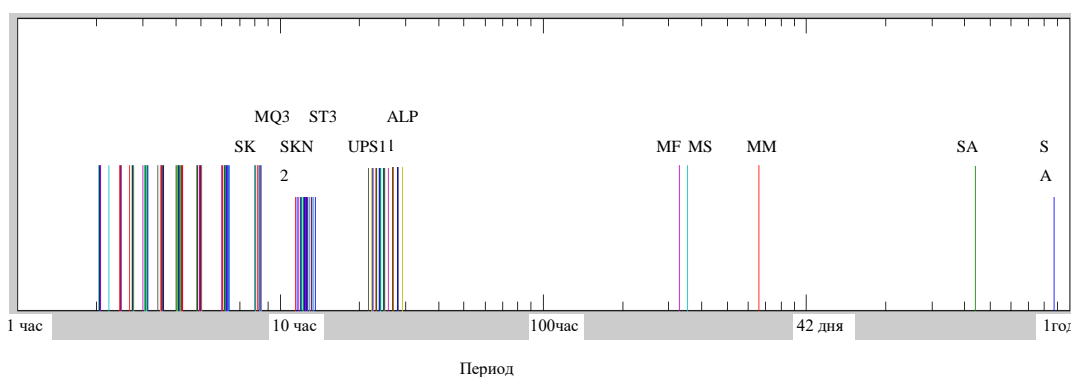


Рис. 1. Логарифмический график частот для 170 гармоник, встречающихся в методе Дудсона и МНК. Символьные коды гармоник указаны только для некоторых групп частот

В методе МНК, кроме высокочастотной фильтрации, присутствуют еще две вычислительные особенности. Если в методах Дарвина и Дудсона наборы частот гармонических составляющих фиксированы и определяются фиксированной длиной исходного ряда наблюдений и внутренней вычислительной схемой, то в методе МНК длина ряда произвольна. Поэтому в методе МНК на предварительной стадии вычислений из большого массива в несколько сотен частот гармонических составляющих выбираются только те частоты, которые могут быть выявлены по заданной длительности ряда наблюдений. Для этого используется критерий Релея [7]. Кроме того, на заключительном этапе оцениваются ошибки вычисления гармонических постоянных методом бутстрепа [10].

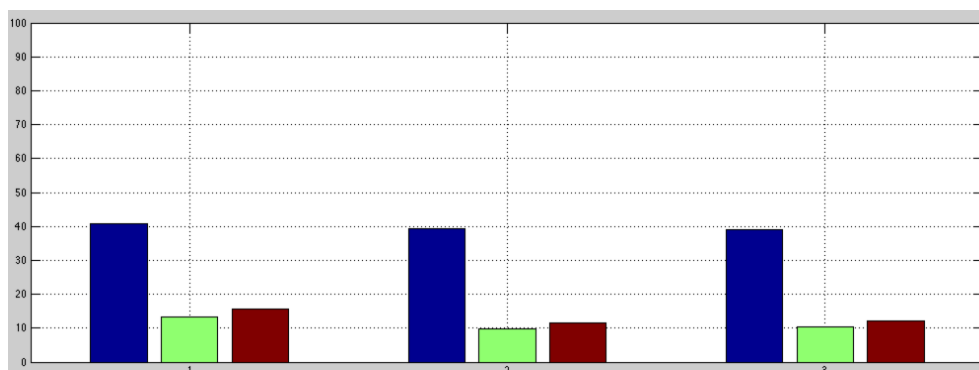
В океанографической технологии вычисления гармонических составляющих необходимым завершающим этапом вычислений гармонических постоянных является этап оценки качества результатов вычислений. Качество вычислений гармонических постоянных выражают (количественно оценивают) отношением (δ) среднеквадратического отклонения остаточного (residual) ряда к среднеквадратическому отклонению исходного ряда, использованного для вычислений (либо нефильТРованные, либо фильТРованные наблюдения). Остаточный ряд – это абсолютное значение разности между исходным рядом высот уровня моря и предвычисленными высотами на интервал времени исходного ряда с использованием вычисленных гармоник. Авторы полагают, что такая оценка соответствует критерию качества «расхождения в высотах наблюденной и предвычисленной кривой» принятой в ПГС № 35 (статья 176 на стр. 74). При таком определении значение δ может изменяться в интервале от нуля до единицы, поэтому обычно оно выражается в процентах. Очевидно, что если δ больше, то качество вычислений ниже.

Проведем сравнительную оценку качества методов вычисления гармонических постоянных на основе величины δ . Авторами были вычислены гармонические постоянные методами Дарвина, Дудсона и МНК для пунктов Баренцева, Белого и Охотского морей. Исходными данными служили месячные наблюдения в навигационном периоде – июле 1977 г. Пункты наблюдения за уровнем перечислены в таблице. Значения δ вычислялись как для фильТРованных наблюдений (фильТРом Дудсона), так и для не фильТРованных. Результаты вычисления качества расчетов по значению δ представлены на рис. 2–7.

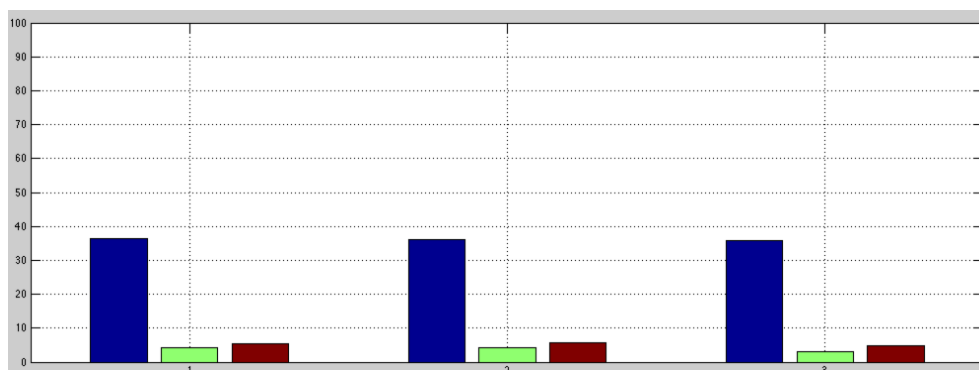
Перечень названий пунктов, наблюдения в которых использовались для оценки качества методов гармонического анализа

Баренцево море		Белое море		Охотское море	
№ пункта	Название пункта	№ пункта	Название пункта	№ пункта	Название пункта
1	Печенга	1	Жижгинский	1	Крильон
2	Мурманск	2	Кандалакша	2	Нагаева
3	Екатерининская	3	Кемь	3	Курильск
		4	Онега	4	Корсаков
		5	Соловки	5	Малокурильское
		6	Сосновец	6	Охотск
		7	Экономия	7	Поронайск
				8	Южно-Курильск
				9	Стародубское

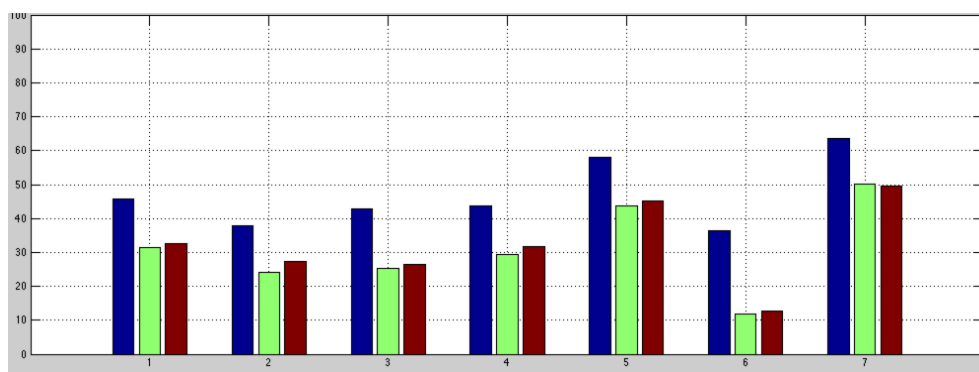
На рис. 2–7 значения δ в процентах сгруппированы по пунктам наблюдений в соответствии с приведенной таблицей. В каждой группе левый столбец соответствует методу Дарвина, средний – методу Дудсона, правый – методу МНК.



**Рис. 2. Результаты оценки качества величины δ для Баренцева моря.
Исходные данные без фильтрации**



**Рис. 3. Результаты оценки качества величины δ для Баренцева моря.
Исходные данные с фильтрацией**



**Рис. 4. Результаты оценки качества величины δ для Белого моря.
Исходные данные без фильтрации**

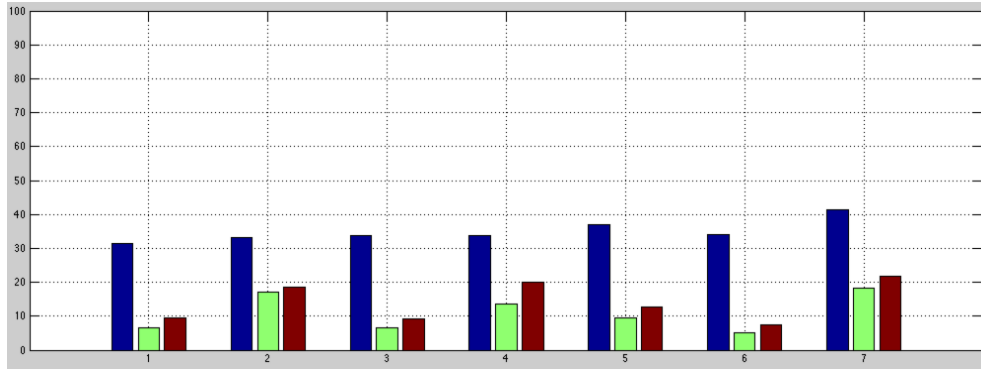


Рис. 5. Результаты оценки качества величины δ для Белого моря.
Исходные данные с фильтрацией

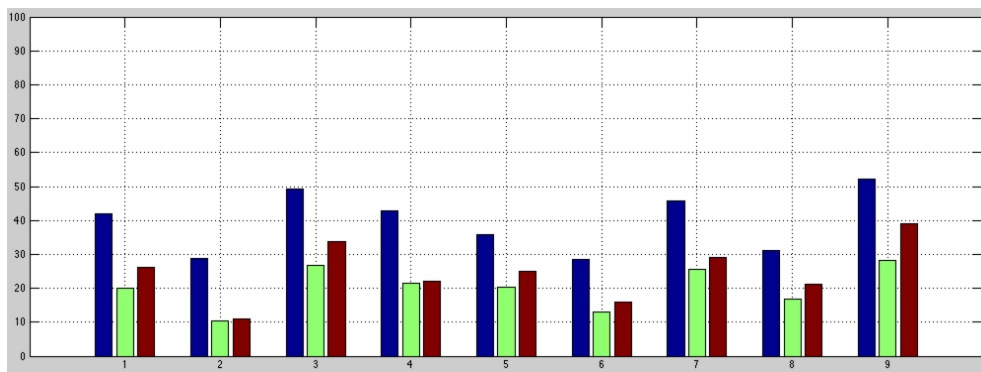


Рис. 6. Результаты оценки качества величины δ для Охотского моря.
Исходные данные без фильтрации

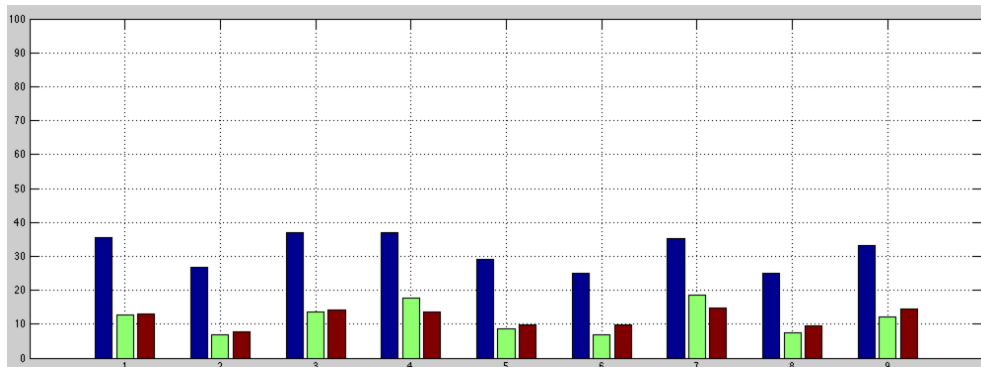


Рис. 7. Результат оценки качества величины δ для Охотского моря.
Исходные данные с фильтрацией

Выполненные расчеты свидетельствуют, что метод Дарвина дает значительно менее качественные результаты по сравнению с методами Дудсона и МНК. Последние два метода имеют сходное качество.

Кроме того, приведенные результаты расчетов показывают, что остаточные ряды достаточно велики при всех методах гармонического анализа. Остаточные ряды традиционно относят к непериодическим колебаниям уровня моря. В океанологии считается, что эти колебания вызываются атмосферными причинами [9]. Для повышения качества ГМО ВМФ целесообразно осуществлять учет таких колебаний. Для этого следует провести необходимые исследования. За рубежом ИНО и NOAA проводят такие исследования в рамках программы GLOSS.

Итак, результаты представленного исследования показали, что методы расчета гармонических постоянных, принятые в отечественной гидрографии, не полностью соответствуют современным стандартам вычисления гармонических постоянных. В океанографической практике разработаны более совершенные технологии, чем метод Дарвина, принятый в ПГС № 35. Насколько этот факт значим для ГМО ВМФ – решать специалистам гидрографам.

Авторы полагают, что в XXI веке целесообразно создать интернет-приложение для удаленного расчета гармонических постоянных. Это позволит повысить качество расчета гармонических постоянных в гидрографических работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила Гидрографической службы № 35. Приведение глубин к уровню. (ПГС-№35). – Л.: Управление Начальника Гидрографической службы ВМФ, 1956 год. – 193 с.
2. Руководство по обработке и предсказанию приливов. – Л.: Издание Гидрографического управления ВМФ СССР, 1941. – 347 с.
3. Darwin G. H. Scientific Papers, vol. I. Oceanic Tides. Cambridge, University Press, 1907. – 80 p.
4. Дуванин А.И. Приливы в море. – Л.: Гидрометеоздат, 1960. – 392 с.
5. Альтшулер В. М. Практические вопросы анализа и расчета морских приливов. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – 312 с.
6. Doodson A. T. The analysis of tidal observations for 29 days // The International Hydrographic Review. – Vol. XXXI. – № 31(1). – Monaco, May 1954. – P. 63–92.
7. Foreman M. G. G. Manual for Tidal Currents Analysis and Prediction. – Pacific Marine Science Report 77–10, Inst. of Ocean Sciences, Patricia Bay, Victoria, B.C., 1996. – 60 p.
8. Никитин М. В. Гармонический анализ приливов. – Л.: Гидрографическое Управление СССР, 1925. – 168 с.
9. Pugh D. T. Tides, Surges and Mean Sea-Level. – New York: JOHN WILEY & SONS, 1987. – 486 p.
10. Sherman M., Speed F. M. Analysis of tidal data via the blockwise bootstrap // Journal of Applied Statistics. – 1998. – Vol. 25. – Issue 3. P. 333–340.

RESULTS OF COMPARISON OF METHODS USED FOR TIDE HARMONIC ANALYSIS

E. V. Fedorova (SOIN), Y. N. Zhukov («GNINGI» OJSC)

The results of predictions of tide level variations by the constants obtained using the methods of Darwin, Doodson and the least squares, are presented. The calculations for the Barents Sea, the White Sea and the Sea of Okhotsk show that the method of Darwin is the least effective.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

УДК 551.501.81

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДАННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ И АЭРОСИНОПТИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

И. Е. КУЗНЕЦОВ, Р. Е. ПЕРВЕЗЕНЦЕВ
(ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»)

В статье рассматривается метод восстановления полей метеовеличин с использованием модели оптимального линейного фильтра на примере поля метеорологической дальности видимости и высоты нижней границы облачности.

Одной из важнейших задач гидрометеорологического обеспечения авиации как ВС РФ в целом, так и морской авиации в частности, является осуществление пространственно-временного восстановления мезометеорологических полей. Используемые в настоящее время в схемах объективного анализа методы (например, оптимальной экстраполяции, полиномиальной аппроксимации и аналогий) не позволяют получить надежные результаты при пространственной экстраполяции метеорологических величин на территории, слабоосвещенной данными наземных наблюдений.

Для восполнения недостающей информации в международных метеорологических центрах и в нашей стране используются системы радиолокационных и спутниковых наблюдений. Взятые по отдельности эти системы не в полном объеме удовлетворяют современным требованиям метеорологического обеспечения в силу своих особенностей. Попытки совместного использования спутниковых, радиолокационных и станционных наблюдений за полями метеовеличин, связанных с облачностью и осадками, получили практическую реализацию в Национальной службе погоды США (программа NEXRAD), в Великобритании (системы FRONTIERS, NIMROD, GANDOLF), в Швеции (система PROMIS 600, MESAN) [1]. Процедура восстановления полей метеовеличин, используемая в этих программно-аппаратных комплексах, основана на достаточно большом объеме данных и высокой плотности наземных наблюдательных станций. Это делает системы ненадежными и дорогостоящими, а при отсутствии данных наземных наблюдений – неэффективными.

Целью работы явилось повышение эффективности метеорологического обеспечения авиации в сложных метеорологических условиях, определяемых сочетанием метеорологической дальности видимости и высотой нижней границы облаков, на основе радиолокационной информации и моделей оптимальной линейной фильтрации.

Одними из важных факторов, влияющих на безопасность взлета и посадки самолетов, является метеорологическая дальность видимости (МДВ) и высота нижней границы облачности (ВНГО). Наличие осадков приводит к сильной изменчивости МДВ и ВНГО в районе выполнения авиационной задачи. Это существенно осложняет

ет процесс прогнозирования видимости и ВНГО на основе данных наземных наблюдений в силу их малой дискретности и приводит к снижению эффективности применения авиации. Поэтому в оперативной практике метеорологического обеспечения привлекаются данные радиолокационной разведки о зонах выпадения осадков [2]. Совместное использование наземных и радиолокационных наблюдений за МДВ и ВНГО требует разработки алгоритмов согласования этих данных, поэтому задачу прогнозирования мезометеорологических полей на их основе будем решать в три этапа. На первом этапе необходимо провести моделирование процесса получения информации о пространственно-временном распределении видимости и ВНГО с использованием статистических характеристик видимости (ВНГО), а также построить модель радиолокационного измерения видимости (ВНГО) и модель аппроксимации данных наземных измерений. На втором этапе нужно разработать алгоритм коррекции поля радиолокационных измерений видимости (ВНГО) по данным наземных наблюдений с использованием аппарата калмановской фильтрации. На третьем этапе требуется оценить эффективность предлагаемой процедуры.

Перейдем к рассмотрению данных вопросов. Получение информации о метеорологической дальности видимости и ВНГО в осадках по данным радиолокационного зондирования атмосферы основано на зависимости видимости, интенсивности осадков и радиолокационной отражаемости от размеров капель, их агрегатного состояния. Функциональную связь между величинами МДВ, ВНГО и радиолокационной отражаемости можно установить только тогда, когда известны законы распределения частиц по размерам – $f(r)$, а также скорости их падения – $V(r)$. Отсутствие надежных данных о характере изменения микроструктуры облаков и осадков (спектров размеров капель облаков и осадков) не дает возможности судить о реальных значениях параметров, входящих в формулы (1), (2). Поэтому на практике используют эмпирическую связь между радиолокационной отражаемостью облаков и метеорологическими величинами [2, 4]

$$VID = A1 \cdot Z^{B1}, \text{ ВНГО} = A2 \cdot Z^{B2}, \quad (1)$$

где VID – метеорологическая дальность видимости;

Z – радиолокационная отражаемость;

$A1, A2$ и $B1, B2$ – коэффициенты, зависящие от вида и интенсивности осадков.

Анализ формулы (1) показывает, что для определения МДВ, ВНГО необходимо провести измерения Z . Измерения радиолокационной отражаемости сопровождаются погрешностями, величина которых зависит от: структуры облаков и осадков; технических характеристик метеорологической радиолокационной станции (МРЛ); удаления метеорологических объектов от МРЛ; затухания радиолокационного сигнала по трассе распространения электромагнитной волны; характера флуктуаций отраженных сигналов, обусловленных временной изменчивостью и пространственной неоднородностью микрофизической структуры облаков и осадков; способа обработки и регистрации, отраженных от метеобъекта сигналов и т. д. [3–5, 7]. Имея информацию о математическом ожидании и дисперсии этих случайных параметров и используя теоремы о числовых характеристиках функций случайных аргументов [6], с учетом формулы (1) можно определить статистические характеристики ошибки измерения МДВ и ВНГО (табл. 1, 2).

Таблица 1

**Статистические характеристики ошибки измерения видимости в осадках ΔVID
радиолокационным способом**

Характер осадков	Длина волны, см	Стат. характеристики	Удаление метеоцели, км				
			10	30	50	70	90
Осадки сильные	3	$m[\Delta VID]$	0,47	0,56	0,63	0,71	1,78
		$\sigma^2[\Delta VID]$	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87
	10	$m[\Delta VID]$	0,37	0,48	0,55	0,66	1,68
		$\sigma^2[\Delta VID]$	0,81	0,81	0,81	0,82	0,82
Осадки умеренные	3	$m[\Delta VID]$	0,32	0,45	0,52	0,60	1,61
		$\sigma^2[\Delta VID]$	0,77	0,77	0,77	0,79	0,79
	10	$m[\Delta VID]$	0,31	0,43	0,50	0,58	1,59
		$\sigma^2[\Delta VID]$	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72
Осадки слабые	3	$m[\Delta VID]$	1,21	1,33	1,46	1,51	1,59
		$\sigma^2[\Delta VID]$	0,61	0,61	0,61	0,61	0,62
	10	$m[\Delta VID]$	1,19	1,23	1,39	1,41	1,49
		$\sigma^2[\Delta VID]$	0,61	0,61	0,61	0,61	0,62

Таблица 2

**Статистические характеристики ошибки определения ВНГО в осадках $\Delta ВНГО$
радиолокационным способом**

Характер осадков	Длина волны, см	Стат. характеристики	Удаление метеоцели, км				
			10	30	50	70	90
Осадки сильные	3	$m[\Delta ВНГО]$	11	15	18	22	25
		$\sigma [\Delta ВНГО]$	4	4	5	6	6
	10	$m[\Delta ВНГО]$	8	9	11	13	14
		$\sigma [\Delta ВНГО]$	4	4	6	6	6
Осадки умеренные	3	$m[\Delta ВНГО]$	13	16	19	26	30
		$\sigma [\Delta ВНГО]$	6	7	7	8	8
	10	$m[\Delta ВНГО]$	11	13	16	18	24
		$\sigma [\Delta ВНГО]$	4	5	6	6	8
Осадки слабые	3	$m[\Delta ВНГО]$	15	17	20	25	29
		$\sigma [\Delta ВНГО]$	6	7	7	8	9
	10	$m[\Delta ВНГО]$	14	16	18	23	18
		$\sigma [\Delta ВНГО]$	4	4	5	5	5

Коррекцию осуществим на основе модели оптимальной линейной фильтрации, адаптированной к решению поставленной задачи.

$$DAT_{\ominus}(t, r) = \beta(t, r) \cdot DAT(t, r - 1) + \frac{\sigma_F^2(t, r)}{\sigma_{\text{ИЗ}}^2(t, r)} [DAT_{\text{ИЗМ}}(t, r) - \beta(t, r) \cdot DAT(t, r - 1)] \quad (2)$$

$$\sigma_F^2(t, r) = \frac{\sigma_{\text{ИЗ}}^2(t, r) \cdot [\beta^2(t, r) \cdot \sigma_F^2(t, r - 1) + \sigma_M^2(t, r)]}{\sigma_{\text{ИЗ}}^2(t, r) + \beta^2(t, r) \cdot \sigma_F^2(t, r - 1) + \sigma_M^2(t, r)} \quad (3)$$

Анализ формул (2), (3) показывает, что оптимальная оценка метеопараметра $DAT_{\ominus}(t, r)$ в любой точке пространства формируется как сумма оценки экстраполяции $\beta(t, r) \cdot DAT(t, r - 1)$ и корректирующей поправки к ней. Дисперсия σ_F^2 формируемой оценки $DAT_{\ominus}(t, r)$ является составной частью оценки и учитывает ошибку прошлого шага, технические характеристики станции $\sigma_{\text{ИЗ}}^2$, меру флуктуации измеряемой величины $\sigma_M^2(t, r)$. При этом точность определения $DAT_{\ominus}(t, r)$ зависит от множителя $\beta(t, r)$ и дисперсии поля определяемой метеовеличины $\sigma_M^2(t, r)$. Эти две характеристики обусловлены случайными изменениями макро- и микрофизических характеристик осадков в момент времени t , между ближайшими узлами регулярной сетки пространства. Данные величины зависят от типа облака, стадии его развития, интенсивности протекающих в нем процессов и т. д. и могут быть получены при статистической обработке результатов экспериментальных наблюдений за развитием слоисто-дождевой и кучево-дождевой облачности.

Согласно представленным выше формулам для получения оптимальной оценки видимости (ВНГО) и величины ее ошибки необходимо на каждом шаге оценивания иметь значения величин $DAT(t, r)$, $\sigma_M^2(t, r)$, $\beta(t, r)$. Значение дисперсии $\sigma_M^2(t, r)$ определим из выражения

$$\sigma_M^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [VID_i - f(x, y)]^2, \quad (4)$$

где n – количество пунктов наземных наблюдений, измеряющих видимость (ВНГО).

Как видно из формулы (4), величина дисперсии будет зависеть от количества наземных пунктов наблюдения на начальном шаге экстраполяции.

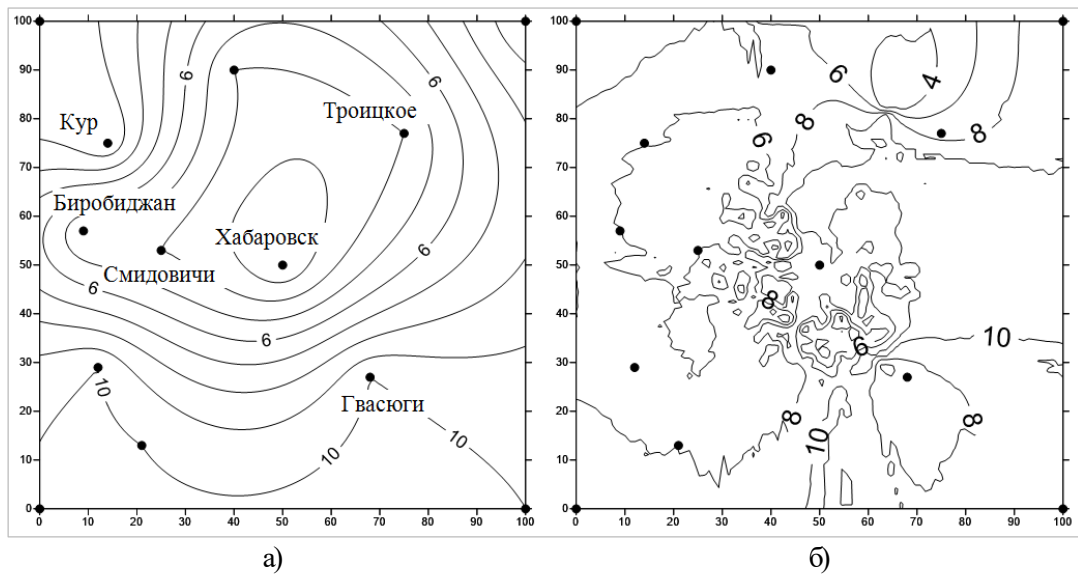
Поправочный множитель $\beta(t, r)$ рассчитывается по формуле:

$$\beta(t, r + 1) = \frac{f(x + \Delta x, y + \Delta y)}{f(x, y)}, \quad (5)$$

где x и y – координаты точки пространства, в которой определяется видимость (ВНГО).

Таким образом, решение поставленной проблемы пространственного восстановления поля МДВ и ВНГО включает в себя одношаговое пространственное предсказание, результаты которого корректируются в соответствии с текущей радиолокационной и аэросиноптической информацией.

Реализация метода в конкретном эксперименте при наблюдающейся неравномерности распределения видимости и ВНГО на площади показали, что погрешности в определении коэффициентов аппроксимации обусловлены неоднородностью микрофизических полей на рассматриваемой территории, точностью подбора, аппроксимирующего поле видимости уравнения, а также количеством наземных измерителей видимости (см. рисунок).



Поле значений метеорологической дальности видимости по данным наземных станций (а) и радиолокационных наблюдений (б), полученное для южной территории Дальнего Востока

Анализ рисунка показывает, что совместное использование данных наземных и радиолокационных наблюдений позволит повысить точность и достоверность восстановления метеорологических величин, особенно в условиях возникновения и развития локальных атмосферных явлений, вызывающих уменьшение дальности видимости и понижение высоты нижней границы облачности.

Оценка эффективности предлагаемой методики проводилась по следующим критериям: стандартное отклонение полученной функции $f(x, y)$ от значений S во всей области её определения – $\sigma(S)$ и коэффициент вариации $Cv(S)$ внутри исследуемой области (табл. 3, 4).

Для сравнительной оценки использовались данные, полученные радиолокационным методом (формула (1)), и предлагаемым методом на основе алгоритма оптимальной фильтрации. В результате анализа проведенных расчетов установлено, что

ошибка определения метеорологической дальности видимости в осадках функционально зависит от ошибки измерения радиолокационной отражаемости осадков. Проведенные расчеты показали, что точность пространственного предсказания МДВ и ВНГО, полученной на основе предлагаемого метода, возросла на 7–11% по сравнению с данными только радиолокационных наблюдений.

Таблица 3

Статистические характеристики точности аппроксимации поля видимости

Область аппроксимации, км	Количество измерителей видимости	$\sigma(VID)$, км	$Cv(VID)$
10×10	4	2,11	0,63
	6	1,23	0,42
	8	0,55	0,15
20×20	4	3,12	0,63
	6	2,43	0,55
	8	1,56	0,34
30×30	4	1,81	0,72
	6	1,74	0,53
	8	1,63	0,31
50×50	6	3,01	0,73
	8	2,62	0,56
	10	2,08	0,52

Таблица 4

Статистические характеристики точности аппроксимации поля ВНГО

Область аппроксимации, км	Количество измерителей видимости	$\sigma(ВНГО)$, м	$Cv(ВНГО)$
10×10	4	33	0,52
	6	31	0,52
	8	30	0,35
20×20	4	37	0,53
	6	36	0,48
	8	31	0,44
30×30	4	66	0,66
	6	62	0,61
	8	61	0,60
50×50	6	81	0,69
	8	79	0,66
	10	74	0,61

Таким образом, в работе предложен метод восстановления мезометеорологических полей (на примере поля метеорологической дальности видимости и высоты нижней границы облачности), основанный на алгоритмах оптимальной фильтрации, применение которой позволяет повысить эффективность выполнения авиационных задач на территории, слабоосвещенной в метеорологическом отношении, в том числе на акваториях морей и океанов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базлова Т. А., Бачарников Н. В., Брылев Г. Б. и др. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. – 331 с.
2. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. РД 52.04.320-91. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. – 360 с.
3. Браммер К., Зиффлинг Г. Фильтр Калмана – Бьюси: пер. с англ. / Под ред. И.Е. Казакова. – М.: Наука. 1982. – 356 с.
4. Степаненко В. Д. Радиолокация в метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 343 с.
5. Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты. – Л.: Гидрометеоиздат, 1993. – 230 с.
6. Кудашкин А. С. Кудрявая А. И. Теория вероятности и математическая статистика в метеорологии. – М.: Воениздат, 1985. – 324 с.
7. Брылев Г. Б., Гашина С. Б., Низдойминова Г. Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 231 с.

METHODIC ASPECTS OF METEOROLOGIC FIELDS RESTORATION IN COMPLEX EMPLOYMENT OF RADIOLOCATION AND AEROSYNOPTIC OBSERVATIONS DATA

I. E. Kuznetsov, R. E. Pervezentsev (MESC of the Air Force «N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh)

The method of meteovalues fields restoration (using the fields of meteorological range, visibility and cloud base height as an example) employing the model of the optimum linear filter, is considered.

УДК 551.501.81

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ КОНВЕКТИВНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПО РАДИОЛОКАЦИОННЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

И. Е. КУЗНЕЦОВ, Р. Е. ПЕРВЕЗЕНЦЕВ
(ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»)

На основе текстурного анализа радиолокационного изображения метеообъекта моделей нейронных сетей предложен подход, позволяющий выделять участки с опасными явлениями погоды.

На аэродромах морской авиации ВМФ, как и на аэродромах воздушно-космических сил ВС РФ, в настоящее время метеорологический радиолокатор – большая редкость. Поэтому в процессе проведения радиолокационной разведки погоды не метеорологическими радиолокационными комплексами должна быть решена важная для обеспечения безопасности полетов авиации задача локализации по радиолокационному изображению опасных явлений погоды (ОЯП), связанных с конвективной облачностью.

В настоящее время при решении данной задачи используется интуитивно-эвристический метод, основанный на качественной оценке человеком-оператором наблюдаемого радиолокационного изображения по следующим признакам: даль-

ность обнаружения, интенсивность (определяется по значению дальности и яркости метеобъекта), размеры, конфигурация и резкость границ метеобъекта. Такой субъективный подход не позволяет обнаруживать замаскированную кучево-дождевую облачность в полях фронтальной облачности, а также приводит к частым ошибкам при распознавании. Поэтому в работе оператора РЛС необходимо использовать способы локализации, основанные на объективных математических приемах и учитывающие микрофизические особенности образования различных форм облаков и опасных явлений погоды. Одним из подходов к решению задачи локализации является разработка алгоритмов, позволяющих по данным текстурных признаков провести сегментацию радиолокационных изображений метеобъектов. Существует множество алгоритмов сегментации [1], однако они эффективно работают на контрастных растровых изображениях, на которых текстуры обладают свойством однородности и повторяемости. Вместе с тем метеорологические объекты на радиолокационных изображениях имеют некоторые особенности, учет которых позволит повысить качество процедуры идентификации ОЯП.

Целью работы является повышение эффективности проведения радиолокационной разведки погоды путем разработки метода идентификации радиолокационных изображений метеобъектов на основе моделей текстурной сегментации.

Основной проблемой, возникающей при анализе текстур, является определение системы признаков для описания пространственной текстуры, присутствующей в изображении. Под признаками текстур понимают характерные свойства, общие для всех текстур данного класса. Текстурные признаки играют решающую роль при разделении изображения на отдельные области. Формальной процедуры задания системы исходных признаков пока не существует. Они задаются на основе опыта и интуиции специалиста-исследователя.

Использование текстурных признаков для сегментации ОЯП на радиолокационных изображениях обусловлено связью радиолокационных характеристик облаков с их микрофизическими параметрами, а также связью радиолокационных характеристик с яркостью их изображения на экранах РЛС [2]. Микрофизические характеристики облаков и осадков неоднородны в пространстве. Они меняются случайным образом и зависят от характера процессов, приводящих к образованию той или иной формы облаков или явлений погоды, что отражается в текстуре радиолокационных изображений. При решении задачи сегментации радиолокационного изображения метеобъекта требуется сопоставить совокупность измеряемых текстурных характеристик с некоторым классом, имеющим общие свойства.

В связи с этим предлагается следующая модель описания метеобъекта на радиолокационном изображении:

$$F = \langle M, R, S \rangle; \quad (1)$$

где M – тип метеобъекта;

R – кортеж текстурных признаков, соответствующих данному типу метеобъекта;

S – тип подстилающей поверхности, характеризующий физико-географическое положение района образования опасных явлений погоды.

$$R = \langle T_1, T_2, T_3, T_4 \rangle; \quad (2)$$

$$T_1 = \frac{1}{N_i N_j} \left(\sum_{i=0}^{N_i} \sum_{j=0}^{N_j} Z_{i,j} \right); \quad (3)$$

$$T_2 = Z_{\max} - Z_{\min}; \quad (4)$$

$$T_3 = \frac{1}{N_i N_j} \sum_{i=0}^{N_i} \sum_{j=0}^{N_j} (Z_{i,j} - m_{i,j})^2; \quad (5)$$

$$T_4 = \sigma_i^{-2} \sigma_j^{-2} N_i^{-2} N_j^{-2} \sum_{i=0}^{N_i} \sum_{j=0}^{N_j} (Z_i - m_i)(Z_j - m_j); \quad (6)$$

где T_1 – средняя яркость сегмента радиолокационного изображения, T_2 – контраст, T_3 – дисперсия, T_4 – коэффициент корреляции, N_i – размер сегмента по горизонтали, N_j – размер сегмента по вертикали, $Z_{i,j}$ – матрица яркостей сегмента, m – математическое ожидание яркости в сегменте, σ_i, σ_j – среднеквадратичные отклонения $Z_{i,j}$ по вертикали и горизонтали.

Практическая апробация предлагаемой модели была проведена по данным радиолокационных и аэросиноптических наблюдений в районе города Хабаровска за теплый период с 2007 по 2010 гг.

Применение кластерного анализа позволило выявить характерные особенности протекания микрофизических процессов у облаков различных форм (рис. 1) в зависимости от характера подстилающей поверхности.

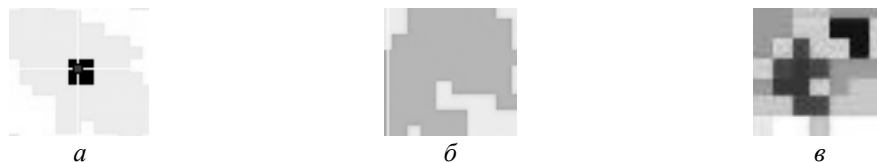


Рис. 1. Фрагменты текстуры различных классов облаков:
a – слоистообразного облака, ***б*** – слоисто-дождевого облака,
в – облака вертикального развития

Дальнейший анализ полученных сегментов с ОЯП показал, что максимум повторяемости опасных явлений погоды конвективного происхождения при различных синоптических процессах приходится на следующие территории: озеро Болонь (кластер *A*), район Буриинского хребта (кластеры *B*, *C*), город Хабаровск (кластер *D*), пойма реки Сунгари (кластер *E*), район Сихотэ-Алинь (кластер *F*) (рис. 2).

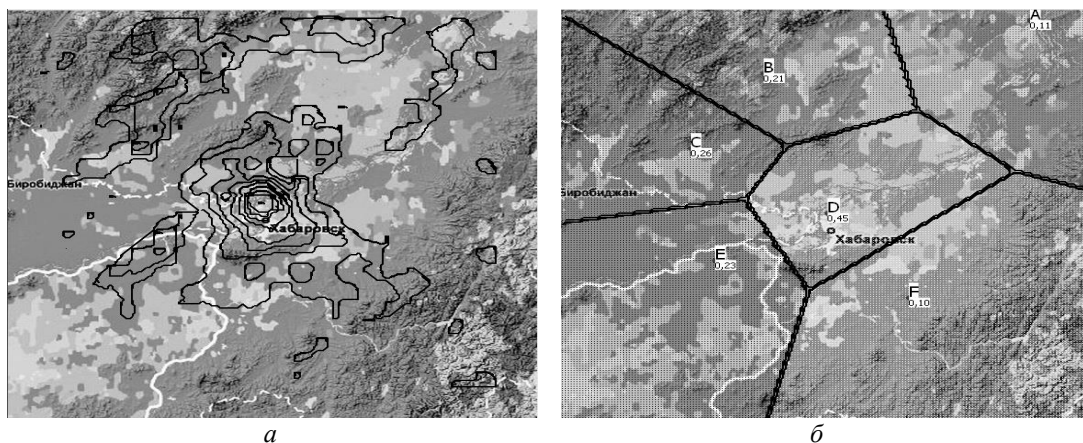


Рис. 2. Районирование территории Хабаровского края по частоте появления ОЯП: а – частота появления ОЯП, б – районирование по частоте появления ОЯП

Для решения задачи сегментации опасных явлений погоды по совокупности текстурных признаков на радиолокационном изображении был применен аппарат нейронных сетей. Данный выбор обусловлен сложностью и взаимообусловленностью связей между текстурными характеристиками и типом распознаваемого метеобъекта, а также способностью нейросетей к дообучению по данным текущих радиолокационных и аэросиноптических наблюдений за опасными явлениями погоды.

Применение нейросетевого аппарата для решения задачи сегментации позволило получить сеть с одним скрытым слоем и четырьмя нейронами (рис. 3).

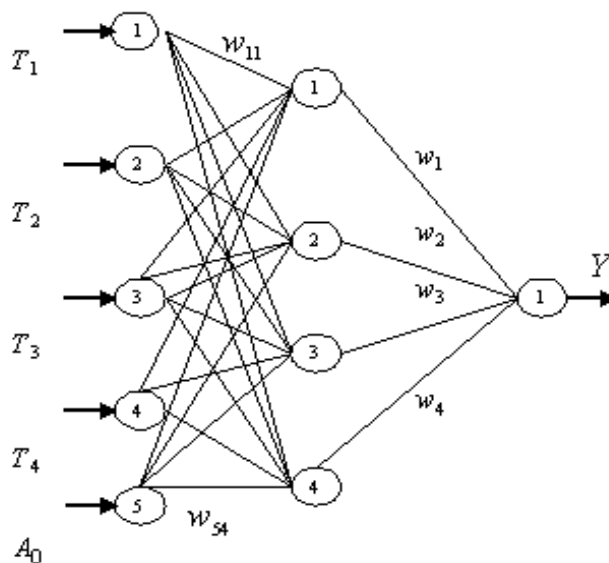


Рис. 3. Топология нейросети с одним скрытым слоем и четырьмя нейронами

В качестве примера в таблице приведены значения весовых коэффициентов нейронной сети для территории кластера *D*.

Результаты обучения нейронной сети для зоны D

явление	Для зоны D																			
	слой																			
Гроза	1																			
	W ₁₁	W ₂₁	W ₃₁	W ₄₁	W ₅₁	W ₁₂	W ₂₂	W ₃₂	W ₄₂	W ₅₂	W ₁₃	W ₂₃	W ₃₃	W ₄₃	W ₅₃	W ₁₄	W ₂₄	W ₃₄	W ₄₄	W ₅₄
	-4,407	0,62	-0,738	-3,95	1,291	-2,044	0,186	-0,320	-1,717	0,311	0,727	0,162	0,147	0,796	0,326	2,02	-0,133	0,360	1,946	-0,338
2	w ₁					w ₂					w ₃					w ₄				
	-5,789					-2,346					1,683					3,53				
Сильный ливень, I > 25,1 мм/ч	1																			
	W ₁₁	W ₂₁	W ₃₁	W ₄₁	W ₅₁	W ₁₂	W ₂₂	W ₃₂	W ₄₂	W ₅₂	W ₁₃	W ₂₃	W ₃₃	W ₄₃	W ₅₃	W ₁₄	W ₂₄	W ₃₄	W ₄₄	W ₅₄
	-9,637	-2,841	-18,54	-10,18	13,244	-0,441	-6,367	-21,74	-12,56	15,88	-12,68	-2,233	-8,946	-10,78	13,96	-6,853	-2,713	1,853	-2,076	1,293
2	w ₁					w ₂					w ₃					w ₄				
	-4,983					36,11					-6,024					-27,73				
Умеренный ливень, I – 3 – 25 мм/ч	1																			
	W ₁₁	W ₂₁	W ₃₁	W ₄₁	W ₅₁	W ₁₂	W ₂₂	W ₃₂	W ₄₂	W ₅₂	W ₁₃	W ₂₃	W ₃₃	W ₄₃	W ₅₃	W ₁₄	W ₂₄	W ₃₄	W ₄₄	W ₅₄
	32,02	-17,93	-7,456	-57,94	20,57	19,64	16,21	-8,908	32,4	-14,41	-0,359	18,73	7,465	-0,024	-1,163	2,804	5,524	0,745	1,256	6,232
2	w ₁					w ₂					w ₃					w ₄				
	-20,79					87,07					11,8					31,97				
Сильный дождь, I > 25,1 мм/ч	1																			
	W ₁₁	W ₂₁	W ₃₁	W ₄₁	W ₅₁	W ₁₂	W ₂₂	W ₃₂	W ₄₂	W ₅₂	W ₁₃	W ₂₃	W ₃₃	W ₄₃	W ₅₃	W ₁₄	W ₂₄	W ₃₄	W ₄₄	W ₅₄
	-4,05	3,634	16,65	-8,657	4,677	-3,497	17,39	-3,847	-1,338	9,927	-14,9	6,292	-13,66	-12,11	9,59	-0,669	2,33	-2,798	-2,142	8,444
2	w ₁					w ₂					w ₃					w ₄				
	-14,42					72,04					41,1					28,61				
Мощно-кучевая	1																			
	W ₁₁	W ₂₁	W ₃₁	W ₄₁	W ₅₁	W ₁₂	W ₂₂	W ₃₂	W ₄₂	W ₅₂	W ₁₃	W ₂₃	W ₃₃	W ₄₃	W ₅₃	W ₁₄	W ₂₄	W ₃₄	W ₄₄	W ₅₄
	4,271	10,49	8,697	21,89	-12,25	18,61	1,185	19,11	23,94	-7,874	6,069	30,22	-4,589	-8,257	-6,696	1,267	-1,32	0,315	0,499	4,893
2	w ₁					w ₂					w ₃					w ₄				
	-9,876					-6,13					4,499					2,135				
Слабый ливень, I < 3 мм/ч	1																			
	W ₁₁	W ₂₁	W ₃₁	W ₄₁	W ₅₁	W ₁₂	W ₂₂	W ₃₂	W ₄₂	W ₅₂	W ₁₃	W ₂₃	W ₃₃	W ₄₃	W ₅₃	W ₁₄	W ₂₄	W ₃₄	W ₄₄	W ₅₄
	48,1	-0,938	27,58	40,59	-25,44	52,33	-3,305	18,12	-7,678	-19,76	-5,042	5,008	2,964	2,739	4,353	1,3	0,345	4,353	-0,521	0,573
2	w ₁					w ₂					w ₃					w ₄				
	-29,72					24,79					4,523					-5,902				
явл.	1																			
	2																			
	Для зоны D																			

Продолжение таблицы

Умеренный дождь, I – 3 – 25 мм/ч	w ₁₁	w ₂₁	w ₃₁	w ₄₁	w ₅₁	w ₁₂	w ₂₂	w ₃₂	w ₄₂	w ₅₂	w ₁₃	w ₂₃	w ₃₃	w ₄₃	w ₅₃	w ₁₄	w ₂₄	w ₃₄	w ₄₄	w ₅₄
	1	21,92	-21,31	-0,431	3,742	-3,903	15,86	10,36	3,986	11,95	6,369	14,8	7,901	6,563	4,047	0,472	-15,93	-11,47	3,841	-8,677
2	w ₁					w ₂					w ₃					w ₄				
	-45,15					-32,37					28,98					55,97				
Слабый дождь, I < 3 мм/ч	w ₁₁	w ₂₁	w ₃₁	w ₄₁	w ₅₁	w ₁₂	w ₂₂	w ₃₂	w ₄₂	w ₅₂	w ₁₃	w ₂₃	w ₃₃	w ₄₃	w ₅₃	w ₁₄	w ₂₄	w ₃₄	w ₄₄	w ₅₄
	1	38,16	-15,51	2,812	2,318	5,61	1,284	2,415	0,476	0,503	3,168	0,721	2,433	0,35	0,408	3,201	0,456	2,428	0,261	0,316
2	w ₁					w ₂					w ₃					w ₄				
	-16,01					0,097					0,581					0,735				

Таким образом, на основании представленной модели (1) предлагается следующий алгоритм текстурной сегментации радиолокационного изображения метеобъекта.

При проведении радиолокационной разведки погоды неметеорологическими РЛС обрабатывается радиолокационное изображение метеобъектов путем сканирования «скользящим окном» размером 25x25 пикселей. Размер скользящего окна выбирается из компромиссного условия использовать как можно больший участок однородной поверхности, но при сохранении пространственного разрешения конечной классификации метеобъекта. Принятие решения о принадлежности данного участка изображения тому или иному классу метеобъекта принимается на основании реализации нейронной сети при соответствующих значениях текстурных признаков.

На основании предлагаемого метода для решения исследовательских и практических задач создан программно-аналитический комплекс. В состав комплекса входят пять модулей, обеспечивающих широкий функциональный набор программных инструментов для ведения исследований образования и эволюции метеобъектов на радиолокационных изображениях.

Оценка эффективности предлагаемого подхода, проведенная по критериям общей оправдываемости Багрова и Обухова, показала, что по сравнению с существующими методами предлагаемый способ улучшил результаты классификации на 5–10 %.

Таким образом, в работе реализована возможность получения метеоинформации с неавтоматизированных не метеорологических радиолокационных систем аэродромного базирования методом текстурной сегментации радиолокационных изображений опасных явлений погоды конвективного происхождения. Представленный комплекс текстурных признаков и алгоритм их использования позволил учесть особенности микрофизических процессов, протекающих при образовании и эволюции ОЯП, для различных физико-географических территорий района города Хабаровска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Харалик Р.М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур // Труды Института инженеров по электронике и радиотехнике. 1979. – Том 67. – С. 98–120.
2. Билетов М. В., Тищенко А. И., Кузнецов И. Е. Радиолокационная метеорология. Часть 1. – М.: Воениздат, 2008. – 332 с.

SCIENTIFIC-METHODIC APPARATUS FOR IDENTIFICATION OF DANGEROUS WEATHER PHENOMENA OF CONVECTIVE ORIGIN BY RADAR IMAGES

I. E. Kuznetsov, R. E. Pervezentsev (MESC of the Air Force «N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh)

Based on the textural analysis of radar image of meteoobject of models of neuron networks, an approach enabling to mark out the areas of dangerous weather phenomena is proposed.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

УДК 62(09)/006.2

К 150-ЛЕТИЮ РУССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА.

**ИСТОРИЯ РУССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
СЕКЦИИ «МОРСКАЯ НАВИГАЦИЯ, ГИДРОГРАФИЯ, ГЕОФИЗИКА И
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ» НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ
ИМ. АКАД. А. Н. КРЫЛОВА**

П. И. МАЛЕЕВ
(ОАО «ГНИНГИ»)

В статье кратко освещена история Русского научно-технического общества и решение им основных его задач за 150-летний период, а также результаты деятельности секции этого общества «Морская навигация, гидрография, геофизика и гидрометеорология». Показан их вклад в развитие отечественной науки и технологий.

Русское техническое общество (РТО) образовано в 1866 году. Согласно уставу РТО имело главной целью «содействовать развитию техники и технологий промышленности в России». Одним из отделов РТО был отдел «Судостроения и морской техники».

Неоднократно перестраиваясь, но не меняя основных задач по развитию отечественной науки и техническому прогрессу страны, за прошедшие годы РТО внесло достойный вклад в решение общенациональных задач России. Руководителями общества во все время его существования были выдающиеся отечественные ученые.

В декабре 1918 года все дореволюционные технические общества, сохраняя свою самостоятельность, вошли в состав образованной в это время Всероссийской ассоциации инженеров (ВАИ). 25 августа 1921 года было принято постановление Совета Народных Комиссаров «О мерах к поднятию уровня инженерно-технических знаний в стране и к улучшению условий жизни инженерно-технических работников РСФСР», которое позволяло создавать научно-технические общества, носящие специально научно-технический характер. К 1923 году было зарегистрировано уже 13 таких НТО. Этими обществами проводились технические съезды, научные совещания, публичные лекции. 19 ноября 1931 года ЦК ВКП(б) принял постановление «О реорганизации НТО СССР и общества «Техника – массам». В соответствии с этим постановлением НТО преобразовывались в самостоятельные научные инженерно-технические общества (НИТО), в их основные задачи входило повышение квалификации своих членов, а также разработка научно-технических проблем реконструкции народного хозяйства [1].

Для увязки и координирования работы НИТО был создан Всесоюзный совет научных инженерно-технических обществ – ВСНИТО, а при соответствующих наркоматах стали создаваться общества по отделам производств и профессиям. К 1 ноября 1932 года было создано 40 всеююзных НИТО, 256 отделений, 1505 первичных организаций с общим числом членов 51749 человек.

В декабре 1954 года постановлением ЦК КПСС «О научных инженерно-технических обществах» НИТО реорганизованы в массовые научно-технические общества (НТО) по отраслям производства. Руководство НТО было возложено на ВЦСПС [1]. В результате в ряды общества были привлечены тысячи новых членов.

В январе 1955 года постановлением Секретариата ВЦСПС существовавшие НИТО реорганизованы в 21 НТО, создано Оргбюро ВСНТО. Решением Президиума ВЦСПС в марте 1955 года утвержден единый для всех обществ Устав НТО СССР, а в сентябре 1955 года – Положение о ВСНТО. В областях, краях и республиках были созданы отделения обществ, работа которых координировалась межотраслевыми советам [1].

В октябре 1959 года собрался первый Всесоюзный съезд научно-технических обществ, где был высоко оценен вклад в развитие науки и техники, внесенный научно-технической общественностью. Было отмечено, что 21 общество НТО объединяет в своих рядах около 3 миллионов человек.

17 ноября 1966 года в Кремлевском театре был открыт торжественный пленум ВСНТО, посвященный 100-летию научно-технических обществ, где подводился итог работы обществ и отмечался их огромный вклад в развитие отечественной и мировой науки.

В 1988 году на базе существующих научно-технических обществ была создана независимая массовая общественная творческая организация – Союз научных и инженерных обществ СССР (Союз НИО СССР). Председателем Правления Союза был избран известный советский ученый в области механики, теории гироскопов и инерциальных систем А. Ю. Ишлинский. Членами 34 научно-технических обществ на 1 января 1991 года состояло более 10 миллионов человек.

25 ноября 1991 года на конференции было принято решение преобразовать Союз научных и инженерных обществ СССР в Союз научных и инженерных объединений (обществ) (НИО). В настоящее время Союз НИО – международная общественная организация, членами которой являются 10 национальных научно-инженерных объединений России, Беларуси и других стран Содружества Независимых Государств, а также 30 профессиональных обществ и ассоциаций. Президентом Международного Союза НИО и Российского Союза НИО является академик РАН Ю. В. Гуляев

В состав профессиональных обществ России входит «НТО судостроителей имени академика А. Н. Крылова», объединяющее 23 секции. Президентом этого НТО является герой России В. Л. Александров

Среди 23 секций НТО судостроителей имеется и секция «Морская навигация, гидрография, геофизика и гидрометеорология», созданная в 2009 году в период преобразования Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института Министерства обороны РФ (ГНИНГИ МО РФ) в Открытое Акционерное Общество (ОАО «ГНИНГИ»). Первым руководителем секции был назначен докт. техн. н. Борис Евгеньевич Иванов. В 2011 году его сменил докт. техн. н. Павел Иванович Малеев.

Наиболее существенная роль секции, как и НТО судостроителей в целом, состоит в объединении ученых и инженеров отрасли в интересах инновационного развития судостроения и, в частности, технических средств по профилю ОАО «ГНИНГИ». Большое значение в работе секции имеет участие ее членов в заседаниях других секций Общества, что позволяет знакомиться с состоянием и достижениями смежных судостроительных предприятий и проблемами, которые они решают. Ознакомление с передовым опытом таких предприятий позволяет членам секции быть в курсе основных направлений развития отрасли, а в ряде случаев и использовать их новейшие разработки в своих областях развития техники и технологии.

Основной деятельностью секции в современных условиях является поиск инновационных направлений в создании высокоточных средств навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения кораблей и судов. Именно решению этих задач были в основном посвящены доклады на заседаниях секции. Не имея возможности перечислять все рассмотренные на семинарах темы, укажем лишь те, которые обсуждались в прошедшем 2015 году:

1. Основные проблемы ведения и использования Федеральной государственной информационной системы «Банк океанографических данных».
2. Состояние и перспективы развития морских средств навигации кораблей, судов и необитаемых подводных аппаратов.
3. 21-й век – новые технические средства и новые технологии исследования Мирового океана.
4. Метеорология – к какому разделу науки ближе?
5. Требования нормативных документов системы менеджмента качества.

В подготовке докладов и работе семинаров принимают участие, как правило, ведущие специалисты Института. В 2015 среди них были такие руководители ведущих направлений исследований и разработок Института как начальник Научно-исследовательского океанографического центра докт. техн. н., профессор К. Г. Ставров, начальник управления навигации канд. техн. н. Н. И. Леденев, главный научный сотрудник докт. техн. н., профессор Н. Н. Неронов, докт. техн. н. Ю. Н. Жуков и другие,

В текущем 2016 году запланировано провести восемь семинаров с повестками:

1. Ветер как понятие. Докладчик – докт. техн. н. Ю. Н. Жуков;
2. Система менеджмента качества, Требования международного стандарта ISO 9001 2015 года. Докладчик – Н. А. Карбышев;
3. Современное состояние и перспективы развития технических средств гидрометеорологического обеспечения ВМФ. Докладчик – Н. Н. Жильцов;
4. 150-летний юбилей Российского научно-технического общества им. акад. А. Н. Крылова. Докладчик – докт. техн. н. П. И. Малеев;
5. Изобретательская деятельность сотрудников института – основа инновационного развития средств навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения. Докладчик – канд. техн. наук В. П. Ленков;
6. Современные средства изучения Мирового океана. Докладчик – канд. техн. н. А. М. Шарков;
7. Интегрированная система менеджмента качества ОАО «ГНИНГИ». Докладчик – Н. А. Карбышев;
8. Перспективы создания цифровой модели рельефа дна Северного Ледовитого океана. Докладчик канд. техн. наук – А. В. Костенич;

Сделанные на заседаниях секции доклады (после их доработки авторами по результатам обсуждения), как правило, публикуются в журналах «Навигация и гидрография» и «Научно-технический сборник» Института и в других изданиях. Значительное внимание в работе секции и тематике публикаций в журналах уделяется рассмотрению инновационных направлений развития средств навигации, гидрографии и гидрометеорологии.

В работе секции «Морская навигация, гидрография, геофизика и гидрометеорология» принимают участия практически все руководители основных направлений исследований и разработок Института и ведущие научные сотрудники. Большинство из них в соответствии с функциональными обязанностями проводят серьезные исследования как в интересах Министерства обороны (ВМФ), так и в интересах других ведомств. Результаты исследований отражаются не только в отчетных материалах по разрабатываемым темам, но и в публикациях научных статей в соответствующих журналах. В настоящее время ОАО «ГНИНГИ» выпускает журнал «Навигация и гидрография» (четыре номера в год) и закрытый «Научно-технический сборник». Журнал и сборник включены в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук». Кроме того, сотрудники института активно участвуют в выпуске журналов «Морской Вестник» и «Записки по гидрографии», ежеквартально публикуя статьи по наиболее актуальным вопросам состояния и перспективам развития средств навигации, гидрографии и гидрометеорологии.

В ОАО «ГНИНГИ» в настоящее время из 164 научных сотрудников 47 имеют ученую степень (29 кандидатов и 18 докторов наук). При Институте имеется ученый совет по защите кандидатских и докторских диссертаций. Все это позволяет Институту успешно решать стоящие перед ним задачи в интересах обороны страны и народного хозяйства.

Российское научно-техническое общество судостроителей и его секция «Морская навигация, гидрография, геофизика и гидрометеорология» вносят существенный вклад в развитие отечественной науки и технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Из истории Русского технического общества», сайт Российского союза научных и инженерных общественных объединений. URL: <http://rusea.info/inthistory>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ГАСНИКОВ Олег Александрович,

начальник отдела НИОЦ ОАО «ГНИНГИ», канд. техн. н. Окончил Ленинградское высшее инженерное морское училище им. адм. С. О. Макарова, Санкт-Петербургский государственный политехнический институт. Специализация: гидрометеорология, вычислительная техника. Автор более 50 печатных работ.

E-mail: gasole@rambler.ru

ГЛАДСКИХ Евгений Петрович,

заместитель начальника отдела ОАО «ГНИНГИ», капитан 2 ранга в отставке. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе. Специализация – гидрография. Автор 20 печатных работ.

E-mail: mail@gningi.ru

ГОЛЫГИН Донат Сергеевич,

Ведущий консультант отдела надводных кораблей Департамента государственного оборонного заказа Министерства обороны РФ. Окончил Военный Университет по специальности юриспруденция. Сфера научных интересов: программно-целевое планирование, управление развитием вооружением и военной техники. Автор 7 печатных работ.

E-mail: donat_pro@mail.ru

ГУСЕВА Валентина Ивановна,

начальник лаборатории геофизического отдела НИОЦ ОАО «ГНИНГИ». Окончила Ленинградский государственный университет. Специализация – геолог-геофизик. Автор более 10 печатных работ.

E-mail: gusevagningi@mail.ru

ЖУКОВ Юрий Николаевич,

ведущий научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», докт. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт. Специализация – гидрометеорология. Автор более 150 печатных трудов.

Тел.: +7(812)322-63-39

Oleg A. GASNIKOV,

Chief of division, the Researcher Oceanographic Center of «GNINGI» OJSC, CandSc. Graduated from Leningrad S. O. Makarov Higher Engineering Marine College, St. Petersburg Polytechnical Institute. Specialization: hydrometeorology, computer technology. Author of more than 50 publications.

E-mail: gasole@rambler.ru

Evgeny P. GLADSKIKH,

Deputy chief of division, «GNINGI» OJSC, Captain 2nd Rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College. Specialization: hydrography. Author of 20 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Donat S. GOLYGIN,

Leading consultant, division of Surface Ships, Department of State Defence Order, RF Ministry of Defence. Graduated from the Military University, majoring in jurisprudence. Sphere of scientific interests: program and special-purpose planning, management of development of armament and military technology. Author of 7 publications.

E-mail: donat_pro@mail.ru

Valentina I. GUSEVA,

Chief of laboratory Geophysical division, the Researcher Oceanographic Center of «GNINGI» OJSC. Graduated from Leningrad State University. Specialization: geologist-geophysicist. Author of more than 10 publications.

E-mail: gusevagningi@mail.ru

Yuri N. ZHUKOV,

Leading researcher, «GNINGI» OJSC, DSc. Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute. Speciality: hydrometeorology. Author of more than 150 publications.

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

ЗУБЧЕНКО Эдуард Семенович,

профессор Военно-морской академии им. Н. Г. Кузнецова, капитан 1 ранга в отставке, докт. техн. н., профессор. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе, Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация – навигационно-гидрографическое обеспечение, аэрокосмические методы сбора гидрографической информации, геоинформационные технологии. Автор 59 печатных трудов, в том числе монографии по морским геоинформационным системам.

E-mail: ezyb@mail.ru

ИСМАИЛОВ Руслан Алескеревич,

научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ». Окончил Санкт-Петербургский государственный университет. Специализация – математик. Автор более 20 печатных работ.

E-mail: mail@gningi.ru

КОСТИН Виктор Николаевич,

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

E-mail: mail@gningi.ru

КУЗНЕЦОВ Илья Евгеньевич,

начальник кафедры гидрометеорологического обеспечения ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж), полковник, докт. техн. н., доцент. Окончил Воронежское высшее военное авиационное инженерное училище. Специализация: гидрометеорологическое обеспечение войск (сил). Автор более 120 печатных работ.

E-mail: vaiumet@mail.ru

МАКСИМОВ Владимир Анатольевич,

начальник лаборатории ОАО «ГНИНГИ». Окончил Ленинградское высшее инженерное морское училище им. адм. С. О. Макарова. Специализация – судовождение на морских путях (инженер-судоводитель). Автор 13 печатных работ.

E-mail: mail@gningi.ru

Eduard S. ZUBCHENKO,

Professor of the chair, N. G. Kuznetsov Naval Academy, DSc, professor, Captain 1st Rank (Ret). Graduated from M. V. Frunze Naval College, N. G. Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigation-hydrographic support, aerospace methods of obtaining the hydrographic information, geoinformation technologies. Author of 59 publications, including monographs on marine geoinformation systems.

E-mail: ezyb@mail.ru

Ruslan A. ISMAILOV,

Researcher, «GNINGI» OJSC. Graduated from St. Petersburg State University. Specialization: mathematics. Author of 20 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

Victor N. KOSTIN,

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

E-mail: mail@gningi.ru

Илья Е. KUZNETSOV,

Chief of the chair of hydrometeorological support, MESC of the Air Force «The Air Force Academy», (Voronezh), Colonel, DSc, reader. Graduated from Voronezh Higher Air Force Engineering College. Speciality: hydrometeorological support for the troops (forces). Author of more than 120 publications.

E-mail: vaiumet@mail.ru

Vladimir A. MAKSIMOV,

Chief of laboratory, «GNINGI» OJSC. Graduated from Leningrad S. O. Makarov Higher Engineering Marine College. Specialization: ship navigation on seaways (engineer-ship navigator). Author of 13 publications.

E-mail: mail@gningi.ru

МАЛЕЕВ Павел Иванович,

ведущий научный сотрудник ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в отставке, докт. техн. н. Окончил Казахский государственный университет, Специальные курсы при Военно-морской академии им. А. Н. Крылова. Специализация – технические средства навигации. Автор около 290 печатных трудов.

E-mail: info@gningi.ru

ПЕРВЕЗЕНЦЕВ Роман Евгеньевич,

начальник учебного отдела УМЦ ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж), полковник, канд. техн. н. Окончил Воронежское высшее военное авиационное инженерное училище. Специализация: гидрометеорологическое обеспечение войск (сил). Автор более 50 печатных работ.

E-mail: vaiu@mil.ru

РЕПИН Юрий Михайлович,

начальник отдела ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в отставке. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе и ВМА им. Н. Г. Кузнецова. Специализация: технические средства навигации. Автор 7 печатных работ.

E-mail: info@gningi.ru

СТАВРОВ Константин Георгиевич,

начальник научно-исследовательского океанографического центра ОАО «ГНИНГИ», докт. техн. н., профессор. Окончил Ленинградский государственный университет. Область научных интересов – геофизические исследования. Автор более 100 печатных работ.

E-mail: stavrov@gningi.ru

ФЕДОРОВА Елена Владимировна,

старший научный сотрудник ФГБУ «ГОИН», канд. геогр. н. Окончила Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. Специализация – гидрография. Автор 30 печатных работ.

E-mail: ev_fedorova55@mail.ru

ХЛЫПАЛО Юрий Григорьевич,

начальник лаборатории ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга в отставке. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе. Специализация – штурман. Автор более 10 печатных работ.

Тел.: +7(812)322-21-14

Pavel I. MALEYEV,

Leading researcher, «GNINGI» OJSC. Captain I Rank (Ret.), DSc. Graduated from Kazakh State University, Specialized Course at Krylov Naval Academy. Speciality: technical means of navigation. Author of about 290 publications.

E-mail: info@gningi.ru

Roman E. PERVEZENTSEV,

Chief of educational division, MESC of the Air Force «The Air Force Academy» (Voronezh) Colonel, CandSc. Graduated from Voronezh Higher Air Force Engineering College. Speciality: hydrometeorological support for the troops (forces). Author of more than 50 publications.

E-mail: vaiu@mil.ru

Yuriy M. REPIN,

Chief of division, «GNINGI» OJSC. Captain Ist Rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College and N. G. Kuznetsov Naval Academy. Specialization: technical aids to navigation. Author of 7 publications.

E-mail: info@gningi.ru

Konstantin G. STAVROV,

Chief of the Researcher Oceanographic Center of «GNINGI» OJSC, DSc, professor. Graduated from Leningrad State University. Sphere of scientific interests: geophysical explorations. Author of more than 100 publications.

E-mail: stavrov@gningi.ru

Elena V. FEDOROVA,

Senior researcher, The State Oceanographic Institute (SOIN), CandSc. Graduated from the Moscow State University. Specialization: hydrography, oceanology. Author of 30 publications.

E-mail: ev_fedorova55@mail.ru

Yuri G. KHLYPALO,

chief of laboratory, «GNINGI» OJSC. Captain 1st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College. Speciality: navigator. Author of more than 10 publications.

Phone: +7(812)322-21-14

ШАРКОВ Андрей Михайлович,

начальник управления гидрографии, геофизики и гидrometeorологии ОАО «ГНИНГИ», капитан 1 ранга запаса, канд. техн. н., доцент. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова. Специализация: навигационно-гидрографическое обеспечение, методы сбора гидрографической информации. Автор 44 печатных работ.

E-mail: sharkov-am@mail.ru

Andrei M. SHARKOV,

Chief of Department for Hydrography, Geophysics and Hydrometeorology, «GNINGI» OJSC. Captain 1st Rank (Ret), CandSc, reader. Graduated from M. V. Frunze Naval College, N. G. Kuznetsov Naval Academy. Speciality: Navigation-Hydrographic support, methods of obtaining the hydrographic information. Author of 44 publications.

E-mail: sharkov-am@mail.ru

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.783.05:629.1.053

Возможные направления развития средств коррекции корабельных навигационных комплексов. П. И. Малеев, Ю. Г. Хлыпало. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 7–12.

В статье рассмотрены положительные и отрицательные стороны существующих средств коррекции корабельных навигационных комплексов и возможности их совершенствования. Особое внимание уделено средству коррекции по гравитационному полю Земли. Показано, что для повышения его точности целесообразно перейти от «механической» системы подвеса пробного тела гравиметра к электростатической или магнитной, а также использовать средства измерения абсолютной скорости объекта по магнитному полю Земли.

Ключевые слова: навигационный комплекс, средства коррекции, радионавигационные системы, гравиметрические системы, системы на основе поля рельефа и маяков-ответчиков.

УДК 629.783.527

Развитие средств навигационного оборудования прибрежной зоны российской федерации в соответствии с концепцией е-Навигации. Е. П. Гладских, В. Н. Костин, В. А. Максимов, Ю. М. Репин. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 13–21.

В статье рассмотрены вопросы практической реализации решений ИМО и МАМС по дальнейшему развитию средств навигационного оборудования в соответствии с концепцией е-Навигации и показаны пути этого развития на базе технологий автоматизированной информационной системы (АИС).

Ключевые слова: е-Навигация, автоматизированная информационная система (АИС), оборудование «АИС-СНО», информационное сообщение.

УДК 355/359:001.89

Правовое обеспечение разработки концепции программно-целевого планирования и управления развитием средств навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения ВМФ в ОАО «ГНИНГИ». Д. С. Голыгин. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 22–27.

В статье рассматривается один из возможных подходов к правовому обеспечению формирования концепции программно-целевого планирования развития средств НГО и ГМО ВМФ в условиях стратегического управления научно-производственной деятельностью ОАО «ГНИНГИ».

Ключевые слова: программно-целевое планирование, правовая база, правовая регламентация, силы и средства навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения ВМФ, научно-производственная деятельность, стратегическое управление, ГНИНГИ.

УДК 528.92

Способ прогнозирования высоты уровня моря. Е. В. Федорова, Ю. Н. Жуков, Р. А. Исмаилов. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 28–34.

Обосновано использование метода авторегрессии для предвычисления уровня моря для акваторий с незначительными приливными колебаниями. Результаты вычислений приведены для береговых пунктов наблюдений за уровнем моря: Мурманск, Архангельск, Онега, Сёяха.

Ключевые слова: уровень моря, авторегрессия.

УДК 025.4.03

Информационно-справочная система по параметрам природной среды Баренцева моря. К. Г. Ставров, О. А. Гасников, В. И. Гусева. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 35–41.

В статье приведено описание электронной информационно-справочной системы по гидрографическим и геофизическим полям Баренцева моря (ИСС «Баренц_ГЕО»), разработанной в программной среде ArcGIS. Данная система позволяет повысить эффективность использования и учета навигационно-гидрографических условий Баренцева моря при решении различных задач НГО морской деятельности и может быть рекомендована в качестве прототипа при создании электронных информационно-справочных систем по параметрам природной среды на различные акватории Мирового океана.

Ключевые слова: информационно-справочная система (ИСС), геоинформационная технология, геоинформационный слой, геофизические поля (ГФП), гидрографические данные, геофизические данные, Баренцево море.

УДК 355::528; 623.64

Обеспечение высотной основы съемки рельефа морского дна и навигационной безопасности судоходства. Э. С. Зубченко, А. М. Шарков. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 42–49.

В статье выполнен обзор руководящих документов, регламентирующих обеспечение высотной основы съемки рельефа морского дна. Показаны перспективные направления исследований в области выполнения высотной основы съемки при картографировании морских и океанских акваторий в интересах НГО ВМФ.

Ключевые слова: рельеф морского дна, высотная основа, картографирование акваторий, нуль высот, нуль глубин, нивелирная сеть, наинизший теоретический уровень.

УДК 528.92

Результаты сравнения методов гармонического анализа приливов. Е. В. Федорова, Ю. Н. Жуков. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 50–56.

Приведены результаты предвычислений приливных колебаний по гармоническим постоянным, выполненным тремя методами: Дарвина, Дудсона и методом наименьших квадратов. Расчеты для Баренцева, Белого и Охотского морей показывают, что метод Дарвина является наименее эффективным.

Ключевые слова: гармонический анализ, приливы, методы.

УДК 551.501.81

Методические аспекты восстановления метеорологических полей при комплексном использовании данных радиолокационных и аэросиноптических наблюдений. И. Е. Кузнецов, Р. Е. Первезенцев. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 57–63.

В статье рассматривается метод восстановления полей метеовеличин с использованием модели оптимального линейного фильтра на примере поля метеорологической дальности видимости и высоты нижней границы облачности.

Ключевые слова: прогнозирование, методики, модели, фильтрация, наблюдения, авиация, эффективность.

УДК 551.501.81

Научно-методический аппарат идентификации опасных явлений погоды конвективного происхождения по радиолокационным изображениям. И. Е. Кузнецов, Р. Е. Первезенцев. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 63–69.

На основе текстурного анализа радиолокационного изображения метеобъекта моделей нейронных сетей предложен подход, позволяющий выделять участки с опасными явлениями погоды.

Ключевые слова: метеобъекты, анализ, текстуры, сегменты, опасные явления погоды.

УДК 62(09)/006.2

К 150-летию Русского технического общества. История Русского технического общества и деятельность секции «Морская навигация, гидрография, геофизика и гидрометеорология» НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова. П. И. Малеев. – Навигация и гидрография. – 2016. – № 43. – С. 70–73.

В статье кратко освещена история Русского научно-технического общества и решение им основных его задач за 150-летний период, а также результаты деятельности секции этого общества «Морская навигация, гидрография, геофизика и гидрометеорология». Показан их вклад в развитие отечественной науки и технологий.

Ключевые слова: Русское техническое общество, Научно-техническое общество судостроителей, секции, ученые, научные сотрудники, семинары, доклады.

ABSTRACTS

Possible Directions of Development for Correction Aids of Ship Navigation Complexes. P. I. Maleyev, Y. G. Khlypalo. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 7–12.

The positive and negative sides of the existing correction aids of ship navigation complexes and possibilities of their improvement are considered. Special attention is paid to correction aid using the Earth's gravitation field. It is shown that to increase its accuracy it is expedient to go over from the "mechanical", suspension of the drive shaft of gravimeter to electrostatic or magnetic one and to use the aids measuring the absolute speed of the object using the magnetic field of the Earth as well.

Key words: navigation complex, aids of correction, radionavigation systems, gravimetric systems, system based on the field of relief and responders.

Development of the Aids to Navigation of the Russian Federation Nearshore Zone in Accordance with the Navigation Concept. E. P. Gladskikh, V. N. Kostin, V. A. Maksimov, Y. M. Repin. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 13–21.

The problems of implementation of IMO and IALA decisions for further development of aids to navigation in accordance with e-Navigation concept are considered. The ways of this development based on the technology of Automatic Information System (AIS) are shown.

Key words: e-Navigation, Automatic Information System (AIS), equipment «AIC-CHO», information message.

The Legal Basis for Design of the Concept of Program and Special-Purpose Planning and Management of Development of Navigation-Hydrographic and Hydrometeorological Means of Support for the Navy in «GNINGI» OJSC. D. S. Golygin. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 22–27.

One of the possible approaches to legal basis used to form the concept of program and special-purpose planning of development of navigation-hydrographic and hydrometeorological means of support for the Navy under the conditions of the strategic control over the scientific and production activities of «GNINGI» OJSC, is considered.

Key words: program and special-purpose planning, legal basis, legal hydrometeorological support for the Navy, legal regulation, forces and means of navigation-hydrographic and hydrometeorological support for the Navy, scientific-production activities, strategic control, GNINGI.

The Method of Predicting the Sea Level. E. V. Fedorova, Y. N. Zhukov, R. A. Ismailov. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 28–34.

The employment of the autoregression method to predict the sea level for the water areas with insignificant tidal variations is substantiated. The results of calculations are presented for the coastal sea level stations Murmansk, Arkhangelsk, Onega and Seyakha.

Key words: sea level, autoregression.

Information-Reference System for Natural Environment Parameters of the Barents Sea. K. G. Stavrov, O. A. Gasnikov, V. I. Guseva. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 35–41.

The description of the electronic information system for hydrographic and geophysical fields of the Barents Sea («Баренц ГЕО») is presented. The system was developed in the ArcGIS programming complex. This system allows to increase the effectiveness of employment and account of navigation-hydrographic conditions of the Barents Sea when solving the various problems of navigation-hydrographic support for maritime activities and can be recommended to be used as a prototype when creating the electronic information-reference systems based on the parameters of the natural environment of various water areas of the World ocean.

Key words: information-reference systems, geoinformation technology, geoinformation layer, geophysical fields, hydrographic data, geophysical data, the Barents Sea.

Provision of Submarine Relief Survey and Navigation Safety by Vertical Datum. E. S. Zubchenko, A. M. Sharkov. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 42–49.

The review of the governing documents that regulate the provision of vertical datum for the submarine relief survey is presented. The promising directions of explorations in the sphere of survey by vertical datum when charting the sea and ocean water areas in the interests of navigation-hydrographic support for the Navy are shown.

Key words: submarine relief, vertical datum, level(ling) network, the lowest theoretical level.

Results of Comparison of Methods Used for Tide Harmonic Analysis. E. V. Fedorova, Y. N. Zhukov. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 50–56.

The results of predictions of tide level variations by the constants obtained using the methods of Darwin, Doodson and the least squares, are presented. The calculations for the Barents Sea, the White Sea and the Sea of Okhotsk show that the method of Darwin is the least effective.

Key words: harmonic analysis, tides, methods.

Methodic Aspects of Meteorologic Fields Restoration in Complex Employment of Radiolocation and Aer-synoptic Observations Data. I. E. Kuznetsov, R. E. Pervezentsev. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 57–63.

The method of meteorologic fields restoration (using the fields of meteorological range, visibility and cloud base height as an example) employing the model of the optimum linear filter, is considered.

Key words: forecast(ing), method(s), model, filtration, observations, aviation, effectiveness.

Scientific-Methodic Apparatus for Identification of Dangerous Weather Phenomena of Convective Origin by Radar Images. I. E. Kuznetsov, R. E. Pervezentsev. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 63–69.

Based on the textural analysis of radar image of meteorological objects of models of neuron networks, an approach enabling to mark out the areas of dangerous weather phenomena is proposed.

Key words: meteorological object, analysis, texture, segment, dangerous weather phenomena.

On the Occasion of the 150-th Anniversary of the Russian Technical Society. History of the Russian Technical Society and activities of the section «Marine Navigation, Hydrography, Geophysics and Hydrometeorology» of Academician A. N. Krylov STS of Shipbuilders. P. I. Maleyev. – Navigation and Hydrography. – 2016. – No. 43. – P. 70–73.

The brief history of development and the main problems solved by the Russian scientific society for the period of 150 years and the results of the activities of the section of this society, “Marine Navigation, Hydrography, Geophysics and Hydrometeorology” are presented. Their contribution in development of science and technology of our country is shown.

Key words: scientific technical society, section, scientists, seminar, research staff, report.

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 рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук» (редакция 29.12.2015 г.).

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

Информация для авторов

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

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

Название статьи должно в наиболее краткой форме отражать ее содержание.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Подписка на журнал «Навигация и гидрография»

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

Периодичность выхода – четыре номера в год.

Стоимость одного номера 250 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, 2016, №43

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

Подписано в печать 29.03.2016 г.
Тираж 300 экз.
Заказ № 32/01 от 30.03.2016 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»**