

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

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1995 ГОДА

**14
2002**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

Главный редактор д. т. н. С. П. Алексеев

Редакционная коллегия:

В. А. Авдонушкин, к. т. н. С. П. Баринов, д. т. н. Б. Н. Беляев,
М. Л. Богданович, д. в. н. П. Г. Бродский (заместитель главного редактора),
к. г.-м. н. И. Ю. Бугрова (редактор), к. в.-м. н. А. А. Дадашев,
к. т. н. В. Г. Дзюба, д. т. н. А. Н. Добротворский (первый заместитель
главного редактора), д. т. н. Б. Е. Иванов, к. т. н. И. В. Капустин,
к. т. н. А. А. Лакунин, к. ф.-м. н. П. И. Малеев, к. т. н. С. И. Мاستрюков,
д. в.-м. н. А. П. Михайловский, д. т. н. Н. Н. Неронов,
А. Ю. Обухов (ответственный за выпуск), к. т. н. А. Б. Опарин,
д. т. н. В. И. Пересыпкин, акад. РАН В. Г. Пешехонов, к. т. н. Ю. В. Румянцев,
чл.-кор. РАН А. Е. Сазонов, чл.-кор. РАН А. И. Сорокин

**© Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт Министерства обороны РФ**

2002

**THE STATE RESEARCH NAVIGATION-HYDROGRAPHIC
INSTITUTE**

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

PUBLISHED SINCE 1995

**14
2002**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint-Petersburg

Editor-in-chief

S. P. Alekseyev, DSc

Editorial board

V. Avdonyushkin; S. Barinov, CandSc; B. Belyaev, DSc; M. Bogdanovich;
P. Brodsky (vice-editor-in-chief), DSc; I. Bugrova, CandSc (editor);
A. Dadashev, CandSc; V. Dzyuba, CandSc;
A. Dobrotvorsky (first vice-editor-in-chief), DSc; B. Ivanov, DSc;
I. Kapustin, CandSc; A. Lakunin, CandSc; P. Maleyev, CandSc;
S. Mastryukov, CandSc; A. Mikhaylovsky, DSc; N. Neronov, DSc;
A.Yu. Obukhov (the issue manager); A. Oparin, CandSc; V. Peresypkin, DSc;
V. Peshekhonov DSc, Acad. RAS; Yu. Rumyantsev, CandSc;
A. Sazonov, CM RAS; A. Sorokin, DSc, CM RAS

© The State Research Navigation-Hydrographic Institute RF Ministry of Defense

2002

СОДЕРЖАНИЕ

С. П. Алексеев, А. Н. Добротворский, П. Г. Бродский НГО и ГМО морской деятельности в контексте выработки стратегии изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа России	9
НАВИГАЦИЯ	14
В. С. Болдырев, В. П. Заколюдяжный Международные требования к характеристикам всемирной спутниковой навигационной системы и показателям точности плавания	14
Ю. М. Устинов, А. Р. Шигабутдинов Методы частотной модуляции с минимальным сдвигом и непрерывной фазой при передаче сообщений в автоматической информационной системе (АИС) с помощью двоичных кодовых последовательностей.....	22
Б. Е. Иванов Об оценке вероятности навигационной безопасности плавания при использовании двойного экспоненциального распределения.....	28
С. П. Демин, Б. Бенригхи Некоторые аспекты использования электронных карт в морских интегрированных геоинформационных системах	39
А. С. Селиванов, В. И. Рогольский, Н. В. Дедов, Д. Б. Штефанов, А. Г. Захаров Результаты использования космической системы «Курс» для определения местоположения морских судов	45
Z. Koracz, W. Morgaś, J. Urbański The Navigational and Hydrographical Provision for Ships' Special Tasks: its State and Development Tendencies	58
З. Копах, В. Моргась, Ю. Урбаньски Навигационно-гидрографическое обеспечение специальных задач кораблей: его состояние и тенденции развития.....	73
ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ	87
В. Г. Дмитриев Краткий обзор применения геоинформационных технологий в гидрографических аспектах (по материалам российской зоны Интернет)	87
В. Г. Дмитриев, А. Б. Опарин, А. М. Абрамов О нормативно-правовых основах цифровой картографической деятельности в ЕСИМО. Часть I.....	100
В. С. Болдырев, О. Г. Емельянов О необходимости перехода к единой общеземельной системе координат в морской навигации	113
В. О. Дмитриев, Г. В. Макаров Коррелятивный аналог фильтра Калмана.....	116
А. В. Каврайский Алгоритмы точного решения прямой и обратной навигационных задач	126
K. Czaplewski, C. Specht Determination of Coast and Base Line by GPS Techniques	137
К. Чаплевски, Ц. Спехт Определение береговой и базисной линий с использованием технологии GPS	142

А. А. Дадашев Электронные карты с плавающей линией нулевых искажений	144
Ю. Н. Жуков Выявление морфологических элементов в поле рельефа дна	150
Н. А. Римский-Корсаков, В. А. Сычев Использование ЧМ-сигналов при зондировании донных осадков	154
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ОКЕАНОГРАФИЯ	161
Ю. Н. Жуков, Е. В. Федорова Фаза приливных колебаний	161
Ю. Н. Жуков Искажения структурных особенностей полей гидрометеорологических характеристик при их визуализации в электронных геоинформационных системах	167
Г. И. Иванов, В. П. Шевченко, А. А. Свертилов Комплексные геоэкологические исследования арктического шельфа России: методика и методология	177
СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ. ЮБИЛЕИ	193
Н. Н. Неронов О единой Государственной гидрографической службе Российской Федерации (к 175-летию Главного управления навигации и океанографии)	193
О. В. Максимова Исследователь северных морей (к 140-летию со дня рождения Н. В. Морозова)	197
КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ, СЕМИНАРЫ, ВЫСТАВКИ	204
Семинар по навигационно-гидрографическому и гидрометеорологическому обеспечению операций по поиску и спасанию на море	204
ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ	208

CONTENTS

S. P. Alekseyev, A. N. Dobrotvorsky, P. G. Brodsky Navigation-Hydrographic and Hydrometeorological Support for the Maritime Activities in the Context of Developing the Strategy for Study and Development of Oil and Gas Potential of Russia's Continental Shelf	9
NAVIGATION	14
V. S. Boldyrev, V. P. Zakolodyazhny International Requirements to the Characteristics of the World Satellite Navigation System and Navigation Accuracy Characteristics	14
Y. M. Ustinov, A. R. Shigabutdinov The Techniques of Frequency Modulation with Minimum Shift and Continuous Phase When Transmitting the Messages in the Automatic Information System by Means of Binary Code Sequences	22
B. E. Ivanov On the Evaluation of the Navigation Safety Probability Using the Double Exponential Distribution	28
S. P. Demin, Benrighi Brahim Some aspects of the electronic charts employment in the marine integrated systems.....	39
A. S. Selivanov, V. I. Rogalsky, N. V. Dedov, D. B. Shtefanov, A. G. Zaharov Results of Employment of the «Kurs» Space System for Fixing the Position of the Marine Vessels	45
Z. Kopacz, W. Morgaś, J. Urbański The Navigational and Hydrographical Provision for Ships' Special Tasks: its State and Development Tendencies	58
HYDROGRAPHY AND MARINE CARTOGRAPHY	87
V. G. Dmitriyev Brief Review of Employment of Geoinformation Technologies in Hydrographic Aspects (based on the materials of the Russian zone of the Internet)	87
V. G. Dmitriyev, A. B. Oparin, A. M. Abramov On the Normative-Legal Principles of Digital Cartographic Activities in the Unified System of Information on the World Ocean State. Part I	100
V. S. Boldyrev, O. G. Emelyanov On the Necessity to Move on to the Unified Earth Co-ordinate System in Marine Navigation	113
V. O. Dmitriyev, G. V. Makarov Correlate Analogue of Kalman Filter	116
A. V. Kavraisky Algorithms for Precise Solution of the Direct and Inverse Navigation Problems	126
K. Czaplewski, C. Specht Determination of Coast and Base Line by GPS Techniques	137
A. A. Dadashev Electronic Charts with Travelling Line of Zero Distortions	144
Y. N. Zhukov The Numerical Procedure of Determining the Morphological Elements in the Bottom Topography Field	150

N. A. Rimsky-Korsakov, V. A. Sychev The Employment of FM-Signals When Probing the Bottom Sediments	154
HYDROMETEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY	161
Y. N. Zhukov, E. V. Fedorova Phase of the Tidal Variations.....	161
Y. N. Zhukov Distortions of the Structural Features of the Hydrometeorological Characteristics Fields When Visualizing them in the Electronic Geoinformation Systems	167
G. I. Ivanov, V. P. Shevchenko, A. A. Svertilov Complex Geoecological In- vestigations of the Arctic Shelf of Russia: Methods and Methodology.....	177
PAGES OF HISTORY. JUBILEES	193
N. N. Neronov The Head Department of Navigation and Oceanography is 175 Years Old.....	193
O. V. Maksimova Explorer of the North Seas	197
CONFERENCES, SYMPOSIA, SEMINARS, EXIBITIONS	204
Navigation-Hydrographic and Hydrometeorological Support for Search and Rescue Operations at Sea (Seminar, St.Petersburg, June 18–19, 2002)	204
INFORMATION ABOUT AUTHORS	208

**НГО И ГМО МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОНТЕКСТЕ ВЫРАБОТКИ СТРАТЕГИИ
ИЗУЧЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ПОТЕНЦИАЛА
КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА РОССИИ**

**С. П. АЛЕКСЕЕВ,
А. Н. ДОБРОТВОРСКИЙ,
П. Г. БРОДСКИЙ**
(ГНИНГИ МО РФ)

На основе анализа направлений национальной морской политики, перспективных планов и состояния разработки морских нефтегазовых месторождений излагаются основные научно-технические проблемы НГО и ГМО нефтедобычи и смежных областей морской деятельности. Предлагаются мероприятия по формированию и реализации государственной стратегии изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа РФ в части вопросов НГО и ГМО.

Обеспечение устойчивого развития России неразрывно связано с интенсивным ростом потребления энергетических ресурсов и минерального сырья во всех сферах деятельности общества.

Перспектива их истощения в континентальной части страны вызвала необходимость перехода к освоению морских нефтегазовых месторождений, что предопределило ряд долгосрочных задач национальной морской политики в области освоения и сохранения ресурсов Мирового океана, включенных в Морскую доктрину РФ на период до 2020 года.

Определение конкретных мер, составляющих содержание задач национальной морской политики, и путей их практической реализации возложено на Морскую коллегию при Правительстве РФ, которая в соответствии с Планом работы на 2002 г. ведет подготовку к заседанию с повесткой дня «О выработке единой государственной стратегии изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа России».

Подготовка предложений от Министерства обороны возложена на ВМФ в лице ГУНиО МО РФ и ГНИНГИ МО РФ, поскольку, как показал опыт, эффективным способом решения ряда проблем, связанных с изучением природных условий шельфа России, созданием транспортных систем и портовой инфраструктуры, является использование научно-технического потенциала военной навигации, гидрографии и океанографии.

В соответствии с изложенным представляется важным и интересным осветить отдельные аспекты современного видения навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения (НГО и ГМО) морской деятельности в контексте выработки стратегии изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа России.

Проведенный в ходе подготовки указанных предложений анализ направлений национальной морской политики, перспективных планов и состояния разработки морских нефтегазовых месторождений определил наличие следующих научно-технических проблем как самого НГО и ГМО нефтегазодобычи, так и смежных с ним областей морской деятельности.

1. *Создание методов, нормативной базы и технологий специальных исследований природных процессов (геологических, геофизических, гидроме-*

теоретических, ледовых, литодинамических) для обеспечения проектирования, строительства и эксплуатации объектов обустройства морских месторождений.

Имеющиеся базы стандартных гидрометеорологических наблюдений и стандартные процедуры их режимного обобщения, равно как и стандартные прогнозы гидрометеорологических условий, не обеспечивают требования нормативных документов по составу и точности исходных данных о состоянии природной среды.

Действующие нормативные документы предписывают производство специализированных наблюдений и выполнение специализированных расчетов, для выполнения которых в ряде случаев необходимо использование уникального изыскательского оборудования, самых совершенных гидротермодинамических моделей и мощных вычислительных комплексов. Причем нормативная база указанных исследований нуждается в совершенствовании и гармонизации с зарубежными нормами и стандартами, так как зачастую именно это обстоятельство является препятствием к развитию инвестиционного процесса.

Создание в рамках федеральной целевой программы (ФЦП) «Мировой океан» Единой системы информации о Мировом океане (ЕСИМО) в целом является крупным шагом в формировании Единого информационного пространства, однако не в полной мере обеспечивает процесс освоения морских нефтегазовых месторождений специализированной информацией.

Именно по этой причине в течение нескольких последних лет ведутся отраслевые разработки специализированных информационно-справочных систем на базе ГИС-технологий («Газпром», «Лукойл»).

Важно отметить, что в последнее время, вопреки законодательству РФ, материалы экспедиционных исследований частных компаний, зарубежных фирм, а иногда и государственных предприятий не поступают в государственные информационные фонды.

Отсутствие единой нормативно-методической, технологической и информационной базы в ряде случаев приводит к получению трудносопоставимых результатов и большим финансовым издержкам.

Проблема может быть отчасти решена путем создания в составе ЕСИМО военного контура – подсистемы, обеспечивающей информационное взаимодействие существующих систем ГМО и НГО МО РФ с общегосударственной системой информации об обстановке в Мировом океане.

2. Создание единого информационного пространства в интересах практического обеспечения процессов проектирования, строительства и эксплуатации морских нефтегазовых месторождений специализированными исходными данными о состоянии природной среды.

Представляется, что специализированное информационное пространство должно входить в состав ЕСИМО и составлять часть общего государственного информационного фонда.

3. Создание целостной системы обеспечения морских нефтегазовых месторождений морскими технологиями и оборудованием для решения задач мониторинга (экологического, эксплуатационного и т. п.), производства аварийно-спасательных и ремонтно-восстановительных работ, выпол-

нения морских инженерных изысканий, гидрографических и океанографических исследований.

Морские технологии и оборудование непосредственно и в существенной степени определяют эффективность использования морских нефтегазовых месторождений, так как:

- входят в состав технологических процессов производства работ на основных объектах (стационарных сооружениях различных типов, плавающих бурильных установках, полупогружных бурильных установках, трубопроводах, плавучих платформах и др.);
- являются обязательными на всех этапах жизненного цикла основных объектов морских нефтегазовых месторождений (проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, ликвидация);
- непосредственно реализуются при проведении аварийно-спасательных работ и ликвидации последствий нештатных ситуаций на морских месторождениях.

Основными особенностями морских технологий, применяемых для обеспечения морских нефтегазовых месторождений на различных этапах их жизненного цикла, являются:

- уникальность многих образцов оборудования и их применимость лишь на конкретных объектах морских нефтегазовых месторождений в заданном диапазоне условий;
- значительная наукоемкость, высокий уровень технических и программно-аппаратных решений;
- значительная стоимость, сопоставимая со стоимостью многих основных образцов оборудования объектов морских нефтегазовых месторождений;
- необходимость использования развитой системы базирования, технического обслуживания, судов-носителей, информационного, кадрового и медицинского обеспечения.

Исходя из изложенного, в основу создания системы может быть положен региональный принцип формирования соответствующего направления морской политики государства.

В состав технических средств региональной системы должны входить:

- автоматизированные судовые комплексы для производства гидрографических, гидрометеорологических, геофизических и океанографических работ;
- автоматизированные судовые комплексы для выполнения работ по экологическому, эксплуатационному и др. мониторингу акватории и объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений;
- подводные аппараты различных типов (автономные, привязные, буксируемые), обеспечивающие проведение работ по мониторингу объектов, контролю экологической обстановки, морские инженерные изыскания, а также аварийно-спасательные и ремонтно-восстановительные операции;
- якорные автоматические гидрометеорологические станции, обеспечивающие получение и передачу в Центр управления системы регулярной оперативной информации, необходимой для непрерывного мониторинга ак-

ватории и прогнозирования последствий нештатных ситуаций на объектах нефтегазовых месторождений;

- технические средства Центра управления системой, включая средства сбора и обработки информации, средства обмена данными с региональными, ведомственными и федеральными информационными фондами, комплексы телекоммуникационных средств, аппаратно-программных средств анализа, прогноза (гидрометеорологического, экологической обстановки, предпосылок и развития техногенных аварий и катастроф) и оценки обстановки;

- дрейфующие автоматические станции, используемые для развертывания локальных сетей освещения и контроля экологической обстановки при возникновении нештатных ситуаций на объектах морских нефтегазовых месторождений;

- системы специализированного информационного обеспечения и поддержки органов управления, специализированные базы данных и соответствующие тематические приложения на базе ГИС-технологий;

- оборудование для производства подводно-технических и ремонтно-восстановительных работ;

- суда-носители специализированного оборудования и соответствующая система базирования.

Объединение региональных систем позволит создать целостную систему обеспечения морских нефтегазовых месторождений морскими технологиями и оборудованием для решения задач мониторинга, производства аварийно-спасательных и ремонтно-восстановительных работ, выполнения морских инженерных изысканий, гидрографических и океанографических исследований.

Указанная система может быть создана на основе предложений, подготовленных для включения в план мероприятий, обеспечивающих формирование и реализацию единой государственной стратегии изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа РФ. Суть указанных предложений состоит в реализации механизма привлечения негосударственных структур и инвесторов к участию в морской деятельности страны при сохранении государственного контроля и обеспечении гарантий соблюдения государственных интересов России. В частности, при выработке указанной стратегии в части НГО и ГМО должно быть осуществлено следующее.

1. *Разработка предложений по повышению эффективности государственного контроля и регулирования исследований и работ по изучению природных условий континентального шельфа, проводимых российскими и зарубежными организациями и предприятиями.*

2. *Разработка предложений по составу, структуре и организации деятельности единой государственной гидрографической службы.*

3. *Производство морских инженерных изысканий (инженерно-гидрографических, гидрометеорологических, геофизических, геологических) в интересах обеспечения процессов проектирования и строительства объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений.*

4. *Проектирование и создание систем навигационного обеспечения транспортной деятельности на морских нефтегазовых месторождениях.*

5. Разработка новых методов и совершенствование нормативной базы и технологий специальных исследований природных (геологических, геофизических, гидрометеорологических, ледовых, литодинамических) условий с целью обеспечения процессов проектирования, строительства и эксплуатации объектов обустройства морских месторождений.

6. Создание единого информационного пространства в интересах практического обеспечения процессов проектирования, строительства и эксплуатации морских нефтегазовых месторождений специализированными исходными данными о состоянии природной среды.

7. Создание целостной системы обеспечения нефтегазовых месторождений морскими технологиями и оборудованием для решения задач мониторинга (экологического, строительного, эксплуатационного, производственно-технологического), выполнения аварийно-спасательных и ремонтно-восстановительных работ, производства морских инженерных изысканий, гидрографических и океанографических исследований.

Реализация указанных предложений обеспечит:

- совокупное централизованное решение задач оборонной и экономической деятельности;
- проведение необходимого объема исследований Мирового океана без привлечения бюджетных средств;
- оснащение судов современной техникой и оборудованием, отработкой современных технологий гидрографических, океанографических и геофизических исследований;
- эффективный государственный контроль исследовательской деятельности на шельфе и в территориальном море, а также передачу материалов исследований в государственные информационные фонды.

Принятие решений по работам в данном направлении может позволить, используя морской потенциал, на деле ускорить становление экономики России и эффективное развитие научной, экономической и социальной сферы.

S. P. Alekseyev, A. N. Dobrotvorsky, P. G. Brodsky

Navigation-Hydrographic and Hydrometeorological Support for the Maritime Activities in the Context of Developing the Strategy for Study and Development of Oil and Gas Potential of Russia's Continental Shelf

Based on the analysis of trends of the national policy, long-term plans and state of development of the sea oil and gas fields, the principal scientific and technical problems of navigation-hydrographic and hydrometeorological support (NHS&NMS) for oil extraction and closely related areas of the maritime activities, are set forth. Measures concerning the problems of NHS&HMS, to be taken for forming and implementation of the national strategy for study and development of the oil and gas potential of the continental shelf are proposed.

НАВИГАЦИЯ

ГРНТИ 89.29.65

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ ВСЕМИРНОЙ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И ПОКАЗАТЕЛЯМ ТОЧНОСТИ ПЛАВАНИЯ

В. С. БОЛДЫРЕВ

(ЦНИИМФ),

В. П. ЗАКОЛОДЯЖНЫЙ

(ГНИНГИ МО РФ)

В статье рассматриваются требования к характеристикам спутниковых навигационных систем и обсуждаются возможности их практической реализации.

Одной из основных проблем обеспечения навигационной безопасности мореплавания всегда было обоснование требований к необходимой точности определения места судна, гарантирующей надежное «расхождение» с опасностями, показанными на картах. Несмотря на кажущуюся очевидность такой задачи, решить её с помощью аналитических соотношений, связывающих характеристику погрешности места с вероятностью посадки на грунт, так и не удалось. Причина этих неудач, по нашему мнению, заключается в принципиальной неопределенности постановки вопроса. В самом деле, если принимается некоторый норматив, то он должен относиться к широкому кругу условий, иначе норма не будет иметь смысла. В то же время требования для конкретных обстоятельств плавания различаются весьма существенно.

В результате на практике обычно руководствовались принципом «чем точнее известно место, тем лучше». Следует заметить, что и возможности повышения точности судовождения за всю многовековую историю мореплавания всегда были весьма ограниченными.

Так, до Второй Мировой войны единственным способом контроля места судна в открытом океане был астрономический, а на подходах к берегу, в некоторых акваториях можно было с помощью радиопеленгатора получить пеленг на береговой радиомаяк кругового излучения. На незначительном удалении от берега широко использовались визуальные методы определения места. В начале второй половины XX века становятся все более доступными радионавигационные системы (РНС) средней и относительно большой дальности действия.

На IV Чрезвычайной Ассамблее Международной Консультативной Морской Организации (ИМКО), созванной во второй половине 70-х годов прошедшего века в связи с аварией крупнотоннажного танкера, которая привела к экологической катастрофе в обширном регионе, впервые был поставлен во-

прос о необходимости обязательного оснащения судов приемоиндикаторами радионавигационных систем.

В дальнейшем эта проблема в течение многих лет обсуждалась в Подкомитете ИМКО (с 1982 года ИМО) по безопасности мореплавания (ПКБМ – Sub Committee on safety of navigation) под общим заголовком «Гармонизация радионавигационных систем и стандарты точности плавания». Термин «гармонизация» в данном случае означал необходимость сокращения количества разновидностей РНС, число которых начало увеличиваться. По экономическим соображениям сразу же было принято условие – на судне должен быть один приемоиндикатор. В течение долгого времени эту роль в соответствии с требованиями Правила 12 Главы 5 Конвенции СОЛАС–74 выполнял радиопеленгатор.

С 1 июля 2002 года вступила в силу новая редакция Главы 5, включающая в себя требование (Правило 19) об обязательном оснащении всех судов приемоиндикатором СНС или РНС.

В ходе дискуссии рассмотрение вопроса о гармонизации затянулось, поскольку основные морские страны мира жестко ориентировались на интересы своей промышленности. Так, США в 1978 году приняли Федеральный закон «О безопасности портов и танкеров», в соответствии с которым суда, посещающие американские порты, должны были быть обязательно оборудованы автоматическими приемоиндикаторами национальной американской РНС «Лоран–С». Позже в закон были внесены дополнения по альтернативному варианту оборудования судов приемоиндикатором СНС «Транзит». В дальнейшем, когда стала очевидной возможность практического использования высокоточной СНС непрерывного действия, рабочая зона которой перекрывала весь Мировой Океан, «гармонизация» потеряла актуальность. Наземные РНС сейчас выполняют роль средств, дополнительно дублирующих СНС и передающих дифференциальные поправки на значительные расстояния.

Что же касается стандартов точности, то в 1982 году была принята Резолюция ИМО А.529(13) «Стандарты точности плавания» [1]. Значительные затруднения в процессе их выработки возникли при обосновании допустимых интервалов дискретности определения места, которые, в свою очередь, зависели от погрешностей обсерваций. Выход был найден путем стандартизации значений погрешностей текущего места судна, то есть – либо счислимого, либо полученного по результатам определения места.

Допустимые значения погрешностей текущего места (для уровня вероятности 95%) были установлены равными 4% дистанции до ближайшей опасности, но не более 4-х миль. В Приложении к данной Резолюции приводились формулы и графики для расчета накапливающейся погрешности счисления пути в зависимости от времени и оценочных значений статистических характеристик основного возмущающего фактора – течения.

В преамбуле документа указывалось, что он не предназначается для использования на мостике, а служит только для ориентировки служб, занимающихся навигационным оборудованием акваторий.

Приведенные в Резолюции нормативы были приняты на международном уровне впервые, хотя в большинстве морских стран мира действовали национальные стандарты, незначительно отличающиеся друг от друга. Так,

например, начиная с первого издания 1977 года, в Федеральном Радионавигационном плане США помещаются требования к точности знания своего места на различных этапах плавания (в открытом море, на подходах к берегу, на входе в порты, в акваториях портов). Отдельно указываются требования к точности места при выполнении гидрографических работ, в том числе и при установке плавучих средств навигационного оборудования, а также других видов хозяйственной деятельности на море.

Начавшаяся во второй половине 80-х годов XX века сначала опытная, а затем и полномасштабная эксплуатация американской среднеорбитальной спутниковой радионавигационной системы непрерывного действия GPS убедительно показала, что мореплаватели получили возможность постоянного контроля своего места в любых акваториях Мирового океана, с точностью, значительно превосходящей требования Резолюции А.529(13). Поэтому возникла необходимость внесения изменений в принятые в разное время международные документы и согласования их содержания.

Выполняя поручение Комитета ИМО по безопасности на море (КБМ – Maritime Safety Committee), ПКБМ на своей 47 сессии в июле 2001 года завершил пересмотр принятой в 1995 году Резолюции А.815(19) «Всемирная Спутниковая Радионавигационная Система (ВСРНС)». В этом документе была установлена процедура одобрения ИМО радионавигационных систем наземного и космического базирования, представляемых в качестве компонент Всемирной СРНС. Требования к точности здесь первоначально были сформулированы достаточно обобщенно. Так, для открытого моря они должны были соответствовать положениям упоминавшейся выше Резолюции А.529(13). В прибрежных акваториях допустимая величина погрешности места не должна была выходить за пределы 10 метров с вероятностью 95%. Именно эта часть документа была пересмотрена и оформлена в виде проекта для дальнейшего рассмотрения в органах ИМО.

В мае 2002 года данный проект [2] одобрен 75 сессией КБМ. Затем он будет представлен на 23 Ассамблею ИМО, проведение которой запланировано на конец 2003 г. В соответствии с порядком работы, принятом в органах ИМО, вышестоящие инстанции (в нашем случае – Комитет и Ассамблея) вносят в проект только отдельные изменения редакционного характера. Поэтому следует считать, что мы имеем дело с законченным документом и можем предметно обсуждать новые международные требования к точности плавания. Тем более, что в преамбуле к этой будущей новой Резолюции указывается, что она отменяет действующую пока Резолюцию А.529 (13).

В новой редакции Приложения к Резолюции А.815(19) требования к эксплуатационным характеристикам ВСРНС устанавливаются для трех районов плавания:

- океанского (располагающегося на дистанциях более 50 миль от ближайшей опасности);
- прибрежного (дистанция от ближайшей опасности 3–50 миль);
- района лоцманского плавания (дистанция до ближайшей опасности менее 3 миль).

В океанском районе плавания погрешность определения места с вероятностью 95% не должна выходить за пределы 100 метров. Определение

места должно производиться не реже одного раза в каждые 10 с. В тех случаях, когда результаты определения места используются в системах автоматического опознавания (АИС) или для автоматического удержания судна на линии заданного пути, темп обновления данных о месте должен быть увеличен до одного раза в каждые 2 с.

Показатель доступности (availability) сигнала должен быть не менее 99,8%, отнесенных к 30 дневному периоду (т. е. в течение 720 часов общая продолжительность перерывов поступления сигнала должна быть не более 1,5 часов).

Очевидно, что столь высокие требования к характеристикам навигационной информации могут быть практически реализованы только в тех случаях, когда на судне установлено автоматическое средство, позволяющее удерживать его на заданной траектории с целью соблюдения оптимального маршрута плавания, заранее выбранного по какому либо критерию.

В соответствии с требованиями правила 19 новой редакции Главы 5 Международной Конвенции по охране человеческой жизни на море такие устройства должны устанавливаться на судах грузоместимостью 10000 и более. По экономическим соображениям желательно по возможности точно двигаться по намеченной линии пути, поскольку любая, отличная от неё, кривая будет длиннее. Однако следует учесть, что для решения такой задачи потребуется практически непрерывно переключать руль, а это приведет к появлению дополнительного сопротивления и, в конечном итоге, к нежелательному увеличению расхода топлива. В связи с этим возникает задача поиска оптимального соотношения по критерию эксплуатационных расходов.

Как известно, удлинение незакономерной кривой по отношению к длине стягивающей её прямой линии зависит от величины угла между ними, а сам угол – от частоты коррекций пути и принятого значения допустимого бокового отклонения. Можно показать, что математическое ожидание величины относительного удлинения пути имеет порядок меньше сотых долей процента при боковых отклонениях в несколько сотен метров и редких коррекциях маршрута движения. Таким образом, установленные требования к точности места при океанском плавании не имеют практического значения даже при автоматическом удержании судна на линии заданного пути.

Что же касается темпа обновления данных о координатах, то даже для того чтобы просто отобразить на карте каждое определение места нужно будет иметь электронную картографическую навигационную систему, поскольку «вручную» такую задачу не решить. Но и в этом случае результаты столь частых обсерваций практического смысла иметь не будут, так как все определения места всё равно не будут видны из за мелкого масштаба путевых карт, обычно применяющихся при плавании на большом удалении от берега.

По нашему мнению, приведенные выше требования к точности и скорости обновления данных могут иметь практическое значение только при использовании данных системы АИС для решения задач расхождения со встречными судами или же при участии в операциях по поиску и спасанию терпящих бедствия на море.

Для практического решения традиционных задач по обеспечению навигационной безопасности плавания в открытом море такая высокая точность

текущего места судна не требуется. Возможности современной радиоэлектроники здесь превзошли потребности многовековой практики мореплавания. Сказанное не означает, что требования «от достигнутого» не имеют смысла.

В самом деле, усилиями мирового морского сообщества введена в действие Всемирная система поиска и спасения при бедствиях на море, и каждое находящееся в море судно должно быть готово к участию в таких операциях. А здесь высокие точности непрерывного знания координат уже оказываются необходимыми.

Если же принять во внимание дальнейшие возможности развития морских перевозок, то соблюдать принятые сейчас требования к эксплуатационным характеристикам ВСРНС, может быть, придется и в не столь отдаленной перспективе. Кроме того, надо иметь в виду и то, что ВСРНС – система многофункциональная и предназначена для работы в интересах различных пользователей с разными запросами. Естественно, что при определении её параметров были приняты во внимание наиболее жесткие требования, удовлетворяющие необходимым условиям обеспечения деятельности других групп пользователей.

Конечно, технически было бы вполне возможно искусственно огрубить выходные данные судового приемоиндикатора ВСРНС (например, за счет уменьшения разрядности высвечиваемых координат), но такой путь представляется совершенно нецелесообразным, так как судоводителю надо будет все время помнить, какая точность обеспечивается в данный момент. Принятое решение о более высокой, чем требуется, точности постоянного определения места судна никак не может угрожать безопасности плавания, поэтому его следует оценить как весьма полезное и дальновидное.

Требования к эксплуатационным качествам ВСРНС при плавании в прибрежных водах разделяются на относительно менее жесткие – в акваториях с невысокой интенсивностью движения и умеренной стесненностью условий судоходства – и более строгие – в тех водах, где обе или хотя бы одна из упомянутых характеристик могут быть отнесены к следующей категории сложности. Как видим, отличия одной зоны от другой имеют весьма приблизительный характер. Не спасают положения и попытки конкретизации признаков различия акваторий путем регламентации расстояний до ближайшей опасности (см. выше), так как и в этом случае надо считаться с числом навигационных опасностей в акватории, с конфигурацией судоходных путей, а также с интенсивностью движения в районе. Первая из упомянутых категорий является качественной и полностью зависящей от географических условий конкретного района.

Требования к характеристике точности плавания в обеих прибрежных зонах одинаковые. Величина допустимой погрешности места должна быть не больше 10 метров для уровня вероятности 95%.

В «дальней прибрежной зоне» (расстояние до ближайшей опасности от 3 до 50 миль при невысокой интенсивности движения) частота определений места должна быть не менее одного раза в 2 с. Величина дифференциальной поправки должна обновляться каждые 30 с. Показатель «доступности сигнала» должен быть не менее 99,5% за 2-летний период. При выполнении условия доступности сигнала непрерывность функционирования системы должна

быть не менее 99,85% в течение 3 часов. Показатель «целостности системы» (т. е. промежуток времени, в течение которого к потребителям должно поступить предупреждение о том, что характеристики сигнала искажены, и эти данные нельзя использовать для обеспечения навигационной безопасности плавания) должен быть не более 10 с.

Плавание в этой зоне обычно осуществляется по системам установленных судовых путей. Как правило, ширина полос движения здесь имеет порядок единиц миль или же сотен метров. Очевидно, что заданная точность места надежно обеспечивает возможность удержания судна в пределах разрешенной полосы движения.

Следует иметь в виду, что любая обсервация может считаться выполненной только после того, как полученные координаты будут нанесены на карту. При ручном выполнении прокладки пути результаты каждого определения места, поступающие от приемоиндикатора с интервалом не более 2 с, не могут быть показаны на карте. Даже при усиленном составе ходовой вахты вряд ли удастся отмечать на карте место чаще чем через 5–10 минут. Таким образом, будет потеряно более 99% потенциально доступной навигационной информации (одно определение места из 150–300).

С точки зрения обычной навигационной практики, такое уменьшение объема информации представляется не столь драматичным, как это следует из прямого сопоставления приведенных цифр. Действительно, скачки места с «периодом» в несколько секунд фактически будут свидетельствовать о случайных блужданиях координат в пределах погрешностей самих обсерваций (10 м для вероятности 95%), поскольку инерционные характеристики морских подвижных объектов исключают возможность таких перемещений. Конечно, точность знания текущих координат, в промежутках между отметками места на карте будет ухудшаться, но в любой момент она может быть восстановлена.

Влияние рассматриваемого фактора может быть исключено в случае применения электронных картографических навигационных информационных систем (ЭКНИС), обеспечивающих автоматическое отображение результатов каждого определения места при надлежащем выборе масштаба карты, который в этих условиях должен быть порядка 1:25 000–1:50 000 (при этом разрешение экрана 0,3 мм соответствует 8–15 метрам).

В «ближней прибрежной зоне» несколько увеличиваются требования к показателям «доступности» и «непрерывности работы системы». Показатель «доступности» здесь должен быть не менее 99,8% за 2-летний период. Показатель «непрерывности работы» должен быть не менее 99,97% в течение 3 часов.

Плавание в этой зоне осуществляется по более узким, чем в предыдущей зоне, судоходным путям, фарватерам и естественным или искусственным каналам, ширина которых может ограничиваться десятками метров (например, ширина Морского канала порта Санкт-Петербург, на разных участках, меняется от 80 до 120 метров при ширине расчетного судна 40 метров). В последнем случае будет необходимо обеспечивать движение по осевой линии, что и определяет наиболее жесткие требования к точности и надежности навигационной информации.

Ранее эта задача уверенно решалась с помощью створного оборудования, которое и сейчас сохраняет свое значение. Данное средство позволяет непрерывно контролировать положение судна относительно оси фарватера с точностью обеспечиваемой линейной чувствительностью створа (от единиц до одного–двух десятков метров в зависимости от конкретных условий).

Эксплуатационные характеристики ВСРНС при её работе в дифференциальном варианте, дают возможность надежного обеспечения плавания по осям каналов при любых условиях видимости. Однако при реализации такого метода судовождения следует учесть и ряд его особенностей. В отличие от плавания по створу в данном случае появляется дополнительная задержка в обнаружении ухода с осевой линии и осуществлении управляющего воздействия для возвращения на середину канала. В самом деле, если в первом случае рулевой, непрерывно наблюдая за створными знаками, немедленно определяет даже тенденцию к отклонению, то теперь увидеть это надо будет на карте, или же на дисплее приемоиндикатора, затем оценить значимость отклонения и принять решение о величине и длительности действия, парирующего снос.

При ручной прокладке пути точность места, обеспечиваемая ВСРНС, теряется очень быстро. Так, при интервале между проложенными местами в 1 минуту и при величине боковой составляющей скорости течения 0,2–0,3 узла, погрешность места за этот интервал увеличивается в полтора раза (с 10 до 15 метров). Не улучшает положения и высвечиваемая на дисплее приемоиндикатора величина бокового отклонения, поскольку цифры, изменяющиеся каждые две секунды, будут характеризовать случайный разброс мест в пределах площади неопределенности положения судна (в первом приближении – круга радиусом 10 м).

При автоматической прокладке пути на экране ЭКНИС высвечиваются все поступающие от приемника отметки координат. При масштабе ЭНК 1:10000 на дисплее можно будет различить величину тенденции бокового отклонения порядка единиц метров (посредством визуального осреднения мест).

Отсюда следует, что практическая реализация потенциальной точности ВСНС возможна только при использовании на мостиках электронных картографических информационных навигационных систем или же при помощи систем автоматического управления «по заданной траектории».

Приведенные выше требования к точности места могут быть надежно реализованы при дифференциальном режиме работы ВСРНС GPS и ГЛОНАСС.

Как известно, с 1 мая 2000 года в системе GPS отменен режим ограниченного доступа. В результате, по данным, приведенным в работе [3], реальная точность определения места повысилась до 14 метров при уровне вероятности 95% и до 19 метров при уровне 99% , что не исключает необходимости применения дифференциального режима работы системы.

В ноябре 1997 г, 20-я Ассамблея ИМО приняла Резолюцию А.860(20) «Морская политика в области развития Глобальных Спутниковых Навигационных Систем» («Maritime policy for a future Global Navigation Satellite System»), в которой были приведены перспективные требования общего порядка к системам такого назначения [4].

В ноябре 2001 года 22 Ассамблея утвердила изменения к указанному документу, сформулированные в Резолюции А.915(22) «Пересмотренные по-

ложения морской политики и требования к перспективным Всемирным Спутниковым Навигационным Системам (ВНС)» [«Revised maritime policy and requirements for a future Global Navigation Satellite System (GNSS)»] [5]. Это новое издание заменяет упомянутую Резолюцию А.860 (20).

Резолюция А.915(22) включает в себя обширный перечень определений терминов, относящихся к данной области, в том числе и таких как «доступность сигнала», «доступность системы» (в последнем случае учитывается и надежность судовой аппаратуры) и «целостность системы».

В Приложениях к ней указываются перспективные (на период после 2010 г.) требования к точности и показателям надежности получения навигационной информации при обеспечении общего мореплавания (general navigation), а также других видов мирной деятельности на море.

В первом случае требования к точности устанавливаются равными 10 метрам (при уровне вероятности 95%) по всему Мировому Океану. Для некоторых видов деятельности на море (таких, например, как выполнение гидрографических работ или прокладка подводных трубопроводов) считается необходимым повышение точности до 1 метра, а при автоматической постановке судов в доки даже до десятых его долей. По мере ужесточения требований к точности увеличиваются и требования к показателям надежности получения информации: целостности, признаку выработки предупредительного сигнала о нарушении целостности системы, доступности.

Несмотря на высокие эксплуатационные характеристики действующих ВНС, в мире продолжается оживленная дискуссия о необходимости создания ещё одной, теперь уже сугубо гражданской международной системы «Галлилео» [6]. Технических проблем здесь нет, и вся сложность заключается лишь в обеспечении финансирования этого грандиозного международного проекта. Если всё же удастся его осуществить, то надежность радионавигационного обеспечения мореплавания может стать чрезвычайно высокой и значительно перекрывающей реальные потребности практики мореплавания.

Таким образом, успехи в развитии науки и техники, достигнутые в последнее десятилетие XX века, в начале XXI столетия позволили реализовать самые смелые мечты многих поколений мореплавателей в области навигационного обеспечения всех видов деятельности на море.

К сожалению, в настоящее время некоторые отечественные нормативные документы не отвечают международным требованиям по обсуждаемой проблеме, и эти их отличия должны быть устранены как можно скорее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резолюция ИМО А.529(13) «Стандарты точности плавания». ИМО, 1982. – 5 с.
2. Проект изменений Резолюции ИМО А.815(19) «Всемирная радионавигационная система». ИМО, 1995. Доклад о работе 47 сессии ПКБМ (Документ NAV 47/13, Приложение 13, 26 июля 2001 года). – 26 с.
3. Moore T., Hill C. and Monteiro L. Is DGPS still a good option for mariners ? // The Journal of Navigation. – 2001. – Vol. 54. – No 3. – P. 437 – 446.
4. Резолюция ИМО А.860(20) «Морская политика в области развития Глобальных Спутниковых навигационных систем». – ИМО, 1997. – 35 с.
5. Резолюция ИМО А.915(22) «Пересмотренные положения морской политики и требования к Всемирной Спутниковой Навигационной Системе». – ИМО, 2001. – 32 с.
6. Tytgat. L. Galileo and GPS, friends or foes ? //GPS World. – 2001. – Vol. 12. – No 9. – P. 44 – 46.

V. S. Boldyrev, V. P. Zakolodyazhny

International Requirements to the Characteristics of the World Satellite Navigation System and Navigation Accuracy Characteristics

The requirements to the characteristics of the satellite navigation systems are considered. The possibilities of their implementation are discussed.

ГРНТИ 47.41.35

МЕТОДЫ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ С МИНИМАЛЬНЫМ СДВИГОМ И НЕПРЕРЫВНОЙ ФАЗОЙ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СООБЩЕНИЙ В АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ (АИС) С ПОМОЩЬЮ ДВОИЧНЫХ КОДОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Ю. М. УСТИНОВ

(ГМА им. адм. С. О. Макарова),

А. Р. ШИГАБУТДИНОВ

(ЦНИИМФ)

Проводится анализ частотной модуляции с минимальным сдвигом и непрерывной фазой при передаче двоичных кодовых последовательностей в автоматической информационной системе (АИС). Рассматриваются структурные схемы модуляторов и демодуляторов сигналов. Обсуждается применение метода частотной модуляции в АИС.

Введение

В большинстве существующих радиотехнических систем при передаче двоичных кодированных сигналов используется частотная или фазовая модуляция сигналов [1, 2, 3].

В случае изменения знака импульса кодированной последовательности при частотной модуляции несущая частота сигнала скачком меняется от значения f_1 до значения f_2 , а при фазовой модуляции фаза высокочастотного заполнения кодовых посылок скачком меняется от 0 до π .

В последнее время проблеме сокращения полосы частот излучаемых сигналов придается большое значение. В системе морской подвижной связи в ОВЧ диапазоне обсуждается вопрос уменьшения разноса частот между каналами связи с 25 до 12,5 кГц. При передаче с помощью круговых радиомаяков дифференциальных поправок в СВ диапазоне в подсистемах (D)ГЛОНАСС и (D)GPS допустимая величина разноса между несущими частотами, на которых передаются навигационные сигналы и поправки, имеет минимальную величину, равную 500 Гц. В системах сотовой связи для увеличения пропускной способности систем также изыскиваются специальные методы сокращения полосы занимаемых частот.

Полоса занимаемых частот может быть уменьшена в два и более раз за счет использования частотной модуляции (ЧМ) с минимальным сдвигом

(ЧММС) или непрерывной фазой (ЧМНФ) при передаче кодовых последовательностей. Такие методы модуляции применяются в аппаратуре автоматической информационной системы (АИС), сотовой связи, передачи дифференциальных поправок (Д)ГНСС.

Ниже рассматриваются методы модуляции, обеспечивающие минимальную ширину занимаемых частот для АИС.

1. Квадратурный метод частотной модуляции с минимальным сдвигом

В АИС при передаче двоичных кодовых последовательностей применяется ЧММС (GMSK/FM – Gauss Minimum Shift Keying). Индекс модуляции выбирается равным 0,5 при частотном разnose 25 кГц между ОВЧ каналами связи. Возможно, уменьшение индекса модуляции до 0,25 при частотном разnose 12,5 кГц. Скорость передачи информации $F_c = 9600$ бит/с, длительность бита $T_c = 104$ мкс [4].

Оптимальная структурная схема квадратурного частотного модулятора с минимальным сдвигом, которая может быть использована в АИС, приведена на рис. 1.

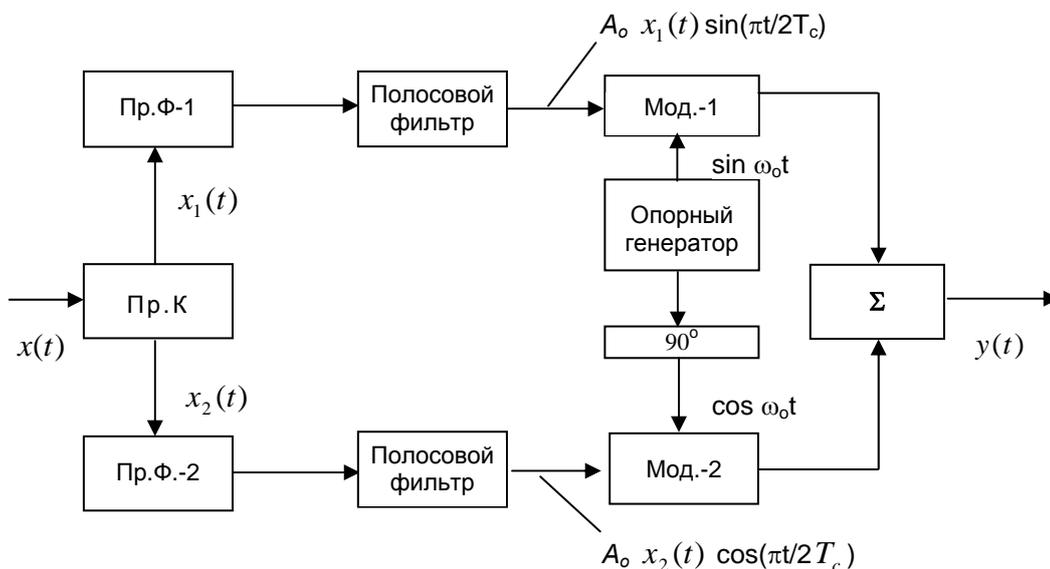


Рис. 1. Структурная схема квадратурного частотного модулятора с минимальным сдвигом

Входная последовательность двоичных импульсов $x(t)$ (рис. 2а) поступает на вход модулятора.

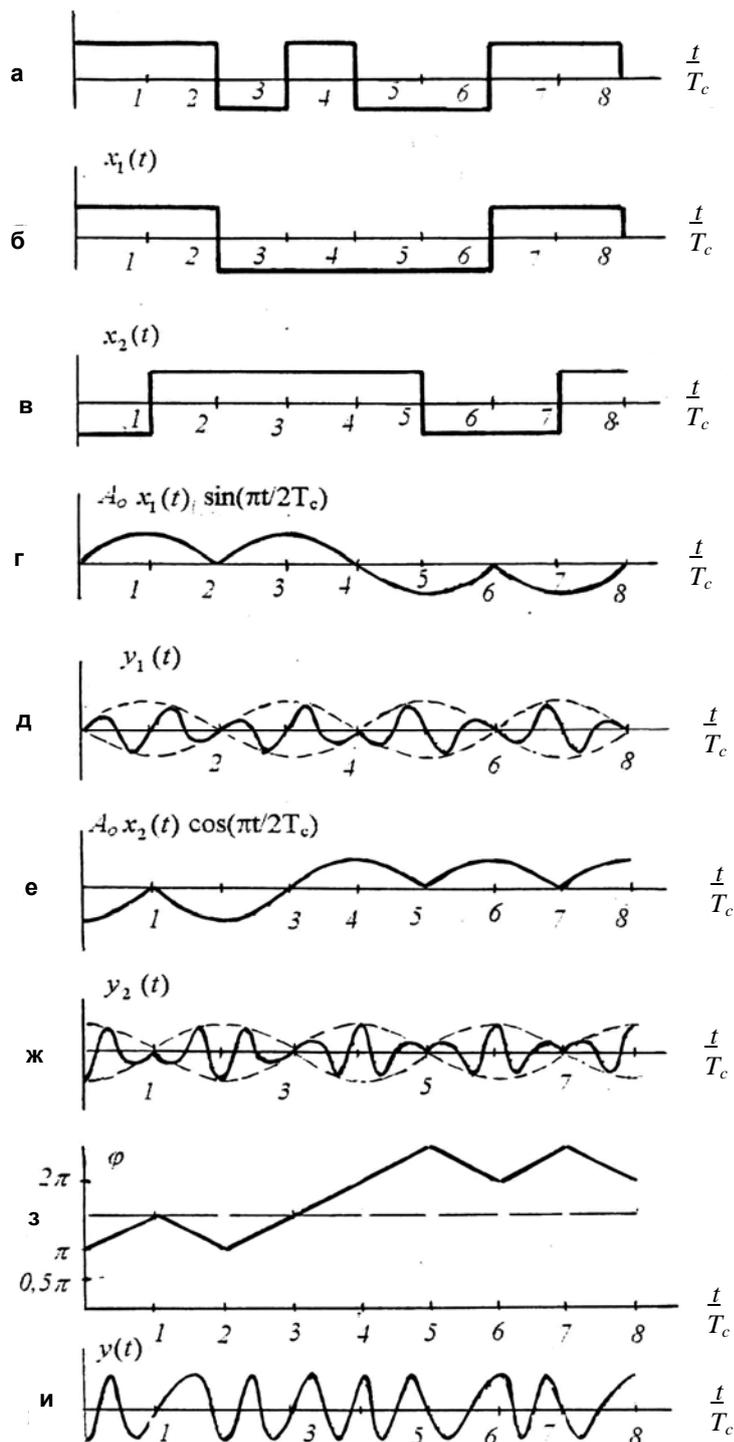


Рис. 2. Форма сигналов на входе модулятора и выходе демодулятора

В преобразователе кода (Пр. К) входная последовательность $x(t)$ делится на два потока импульсов. В первом потоке $x_1(t)$ выходные импульсы с

выхода Пр. К представляют собой увеличенные в два раза по длительности нечетные импульсы входной последовательности $x_1(t)$ (рис. 2б). Во втором потоке $x_2(t)$ – увеличенные в два раза по длительности четные импульсы последовательности $x(t)$ (рис. 2в). Два нелинейных квадратурных преобразователя формы импульсов Пр. Ф-1 и Пр. Ф-2 с коэффициентом преобразования A_0 осуществляют преобразование прямоугольной формы импульсов в синусоидальную форму на выходе Пр. Ф-1 (рис. 2г) и косинусоидальную форму на выходе Пр. Ф-2 (рис. 2е). Частота преобразующей синусоиды выбирается из соотношения $f_c = \frac{1}{4T_c}$, где T_c – длительность бита. Отметим, что фаза преобразующей частоты должна совпадать с фазой импульсов входного потока $x(t)$.

На выходе нелинейных преобразователей формы сигнала фильтруются полосовыми фильтрами, настроенными на преобразующую частоту.

Сигналы с выхода полосовых фильтров поступают на квадратурные амплитудные модуляторы Мод.-1 и Мод.-2. На выходе модуляторов соответственно получаем

$$y_1(t) = A_0 x_1(t) \sin(\pi t / 2T_c) \sin \omega_0 t,$$

$$y_2(t) = A_0 x_2(t) \cos(\pi t / 2T_c) \cos \omega_0 t,$$

где $\omega_0 t$ – номинальная круговая несущая частота излучаемого сигнала.

Фаза несущей частоты сигнала (рис. 2д и рис. 2ж) инвертируется в соответствии с полярностью преобразованных по форме сигналов.

На выходе сумматора схемы (рис. 1) получаем

$$y(t) = y_1(t) + y_2(t) = A_0 \cos[\omega_0 t + \varphi(t)],$$

где $\varphi(t) = b_i(t) \frac{\pi}{2T_c} + \varphi_i$, причем $b_i(t) = -x_1(t) \times x_2(t)$, а фаза φ_i

принимает значения 0 или π , когда функция $x_2(t)$ равна 1 или – 1 соответственно. Текущее значение фазы приведено на рис. 2з, выходной сигнал $y(t)$ – на рис. 2и.

Выходное колебание имеет постоянную амплитуду A_0 и одну из двух возможных частот:

$$\omega_1 = \omega_0 + \frac{\pi}{2T_c};$$

$$\omega_2 = \omega_0 - \frac{\pi}{2T_c}.$$

Частотный разнос $\omega_1 - \omega_2 = 2\pi\Delta f$, где $\Delta f = \frac{1}{2T_c} = 4800$ Гц.

При этом индекс модуляции $\beta = \frac{\Delta f}{\frac{2}{1} \cdot \frac{1}{2T_c}} = 0,5$.

На рис. 3 приведена оптимальная структурная схема демодулятора ЧММС сигналов.

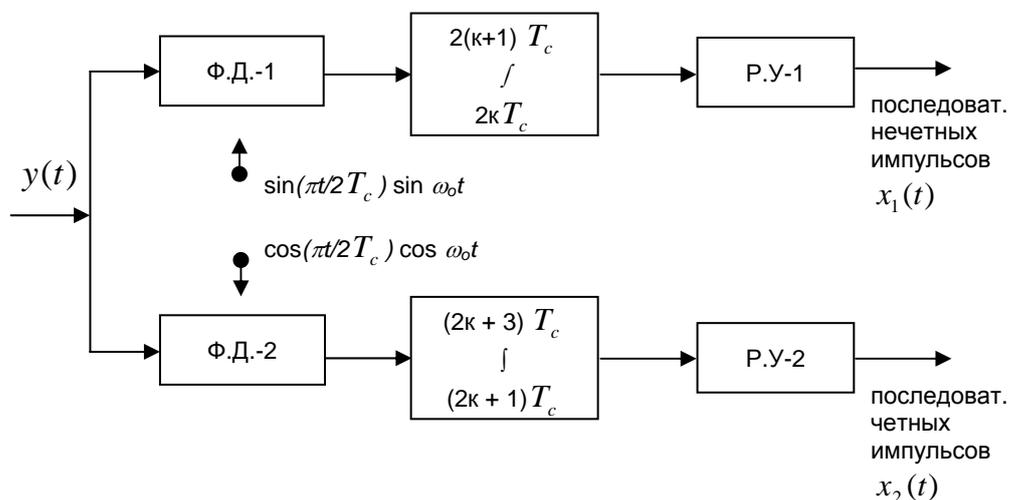


Рис. 3. Структурная схема демодулятора ЧММС сигналов

На фазовые детекторы Ф.Д.-1 и Ф.Д.-2 поступает входной сигнал $y(t)$ и опорные напряжения, обеспечивающие корреляционную обработку сигналов. Отметим, что фаза высокочастотного опорного сигнала должна совпадать с фазой несущей частоты принимаемого сигнала.

Интеграторы (узкополосные фильтры) обеспечивают усреднение в интервале времени T_c . Решающие устройства Р.У.-1 и Р.У.-2 формируют на выходах последовательности $x_1(t)$ и $x_2(t)$, которые поступают на преобразователь кода. Преобразователь кода формирует принятую кодовую последовательность $x(t)$.

2. Прямой метод частотной модуляции с непрерывной фазой

Для получения индекса модуляции $\beta = 0,25$ необходимо использовать прямой метод ЧМНФ. Если при прямом методе сигнал на выходе модулятора на интервале $[0, T_c]$ представляется в виде:

$$y(t) = A_o \cos(\omega_o t + x_0 \pi/2 T_c),$$

то в общем случае на интервале $[kT_c, (k+1)T_c]$ он будет иметь вид:

$$y(t) = A_o \cos[\omega_o t + \varphi(t)],$$

где $\varphi(t) = \frac{\pi}{2} \sum_{i=0}^{k-1} x_i + x_k \frac{\pi}{2T_c} (t - kT_c)$.

В частном случае ЧМНФ сигнал на интервале $[0, T_c]$ представляется в виде:

$$y(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + x_0 \beta \pi t / T_c),$$

на интервале $[kT_c, (k+1)T_c]$ – в виде:

$$y(t) = A_0 \cos[\omega_0 t + x_k \frac{\pi\beta}{T_c}(t - kT_c) + \pi\beta \sum_{i=0}^{k-1} x_i],$$

где индекс модуляции β не обязательно должен быть равен 0,5 и может быть выбран равным 0,25. При этом частотный разнос $\Delta f = 2400$ Гц.

Прямой метод модуляции с непрерывной фазой в АИС может быть реализован как с помощью сигнального процессора, так и аналоговым методом. При аналоговом методе (рис. 4) входной сигнал $x(t)$, пропущенный через преобразователь формы (Пр. Ф), поступает на частотный модулятор (Ч. Мод), который обеспечивает плавное изменение амплитуды (например, в виде приподнятого косинусоидального импульса). В частном случае роль преобразователя формы может выполнять фильтр нижних частот (ФНЧ).

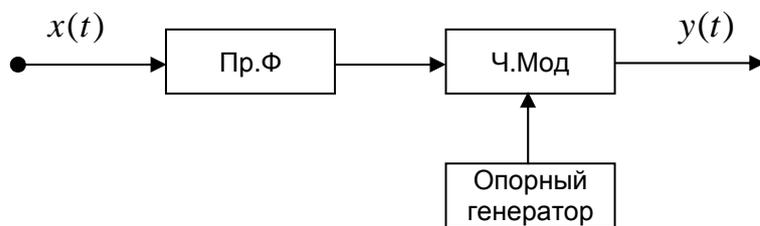


Рис. 4. Структурная схема частотного модулятора

На выходе частотного модулятора несущая частота меняется по закону приподнятого импульса, а фаза ЧМ сигнала является непрерывной.

Некогерентное детектирование ЧМ сигналов может производиться с помощью структурной схемы, изображенной на рис. 5.



Рис. 5. Структурная схема детектора ЧМ

В каскаде ЧМ/АМ производится преобразование изменения частоты сигнала в изменение амплитуды. На выходе амплитудного детектора АД и фильтра нижних частот ФНЧ получаем выходной сигнал $x(t)$, регистрируемый решающим устройством (Р.У.).

Заключение

Данный метод частотной модуляции сигналов, используемый в АИС при передаче кодированных импульсов, позволяет уменьшить полосу занимаемых частот даже в случае уменьшения частотного разноса между каналами до 12,5 кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система радиосвязи: Учебник для вузов. /Калашников Н. И., Крупицкий Э. И, Дороднов И. Л., Носов В. И. – М.: Радио и связь, 1988. – 352 с.
2. Радиотехнические системы передачи информации: Учебн. пособие для вузов. / Борисов В. А., Калмыков В. В., Ковальчук Я. М. и др. – М.: Радио и связь. – 1990. – 304 с.
3. Судовая радионавигация. Радионавигационные устройства и системы. Учебник для вузов. / Дуров А. А., Кан В. С. и др. – М., 1998. – 205 с.
4. Revision of Recommendation ITU-R M.1371 on Technical Characteristics for a Universal Shipborne Automatic Identification System (AIS) using Time Division Multiple Access in the Maritime Mobile Band, NAV 47/8, 8 March 2001. – 117 p.

Y. M. Ustinov, A. R. Shigabutdinov

The Techniques of Frequency Modulation with Minimum Shift and Continuous Phase When Transmitting the Messages in the Automatic Information System by Means of Binary Code Sequences

The frequency modulation with minimum shift and continuous phase when transmitting the binary code sequences in the automatic information system is analysed. The block diagrams of signal modulators and demodulators are considered.

ГРНТИ 78.21.41.19

ОБ ОЦЕНКЕ ВЕРОЯТНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДВОЙНОГО ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Б. Е. ИВАНОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье рассматривается возможность и целесообразность использования двойного экспоненциального распределения для оценки вероятности навигационной безопасности плавания вблизи опасной изобаты и по фарватеру.

Н. М. Груздев предложил использовать двойное экспоненциальное распределение (ДЭР) для оценки вероятности навигационной безопасности плавания (ВНБП) вблизи опасной изобаты и по фарватеру [1]. Автор данной статьи обосновал ошибочность положений статьи [1] и нецелесообразность использования ДЭР при решении указанной задачи [2]. Однако Н. М. Груздев не признал критические замечания, обвинив при этом автора статьи [2] в предвзятости и неконструктивном подходе [3]. Продолжение дискуссии на страницах сборника «Записки по гидрографии» не сблизило позиции Н. М. Груздева и оппонента [4, 5].

Тем не менее в результате дискуссии Н. М. Груздев изменил некоторые принципиальные положения. Во-первых, он предложил использовать модуль погрешности вместо самой погрешности. Во-вторых, признал ошибочность априорного оценивания параметров ДЭР. В-третьих, установил нижний предел числа измерений в серии, из которой выбирается экстремальная погрешность, равный 26. В-четвертых, вместо выполнения серий однородных изме-

рений, что отмечено в работе [1], Н. М. Груздев предложил использовать метод статистического моделирования для определения параметров ДЭР [5].

В связи с поручением ответственного редактора сборника «Записки по гидрографии» секция №1 НТС ГНИНГИ МО РФ рассмотрела ход дискуссии и в своем решении от 22 марта 2001 г. отметила, что ДЭР нецелесообразно использовать для оценки ВНБП, а критика ошибочных положений Н. М. Груздева справедлива. Впоследствии, однако, дискутируемый вопрос обсуждался на совместном заседании кафедр кораблевождения и технических средств кораблевождения двух факультетов Санкт-Петербургского военно-морского института. В протоколе совместного заседания от 16 ноября 2001 г. положения, выдвинутые Н. М. Груздевым, признаны правильными, а теоретические и практические взгляды его оппонента – ошибочными.

В связи с противоположными суждениями по одному и тому вопросу двух коллективов специалистов, авторитетных в области теории и практики навигации, представляется целесообразным продолжить рассмотрение этого вопроса не на страницах сборника «Записки по гидрографии», имеющего производственную направленность, а в журнале «Навигация и гидрография», в котором публикуются в основном теоретические статьи.

1. Ошибочность предложений по использованию ДЭР для оценки ВНБП

В статьях Н. М. Груздева [1, 3, 5] содержатся следующие ошибки.

1. Любая работа должна иметь цель. В статье [1] нет целевой установки, нет ни одного критического замечания в адрес существующего подхода к оценке ВНБП на основе нормального распределения (НР). Почему Н. М. Груздева не устраивало использование НР, зачем было нужно заменять его на ДЭР? В выводах статьи [1] отмечается, что «наиболее гарантированные результаты навигационных расчетов получаются при использовании двойного экспоненциального распределения» и при ДЭР требования к точности определения места будут выше, чем при использовании НР. Если целью статьи [1] считать снижение значения ВНБП при расчетах, то вместо НР можно было бы использовать распределение Лапласа, как это предлагается делать в монографии В. Т. Кондрашихина [6] и методиках [7]. В отличие от ДЭР применение распределения Лапласа обосновывается неопределенностью среднего квадратического отклонения (СКО) погрешности определения места [6]. Стремление же искусственно уменьшить значение ВНБП свидетельствует о необъективном подходе к решению задачи в статье [1].

На самом деле, в использовании ДЭР есть логика, но она связана не с простой заменой НР на ДЭР в целях уменьшения ВНБП при разовом определении места, а со свойственными для ДЭР условиями плавания, характеризующимися многократным определением места при прохождении **нескольких** опасностей. ДЭР используется не взамен НР, т. к. последнее служит для оценки ВНБП при прохождении **только одной** опасности.

В статьях [1, 3] вместо нормально распределенной погрешности определения места предлагается использовать наибольшую погрешность x . Функция распределения этой погрешности может быть аппроксимирована ДЭР [8]

$$\Phi(x) = \exp\{-\exp[-\alpha(x-\delta)]\}, \quad (1)$$

где α и δ - параметры ДЭР.

В отличие от термина «погрешность» термин «наибольшая погрешность» обязательно связывается с числом измерений, а статистические характеристики наибольшей погрешности – с объемом массива n частной совокупности, выбираемой из генеральной совокупности с исходным распределением. Сказанное является аксиомой статистики экстремальных значений [8].

В случае оценки ВНБП величина n выступает в качестве числа прохождений судном мимо одной опасности или числа опасностей, мимо которых проходит судно за весь поход или его часть. При этом СКО погрешности определения места и расстояние до опасностей должны быть неизменны, а параметры ДЭР должны быть заблаговременно получены для всех возможных условий плавания и использоваться при оценке ВНБП для тех значений n и СКО, которые соответствуют конкретным условиям плавания.

В статье [1] совершенно игнорируется величина n и никак не оговаривается, что полученные с использованием ДЭР значения ВНБП относятся к многократному определению места. Хотя в статье [1] и указывается, что для оценки параметров ДЭР используются выборки из генеральной совокупности, но объем n массива выборки не приводится.

В ответ на критику, содержащуюся в статье [2], Н. М. Груздев в статьях [3, 5] приводит результаты определения статистических характеристик экстремальных погрешностей и параметров ДЭР при $n=50$, но никак не связывает величину n с условиями плавания при оценке ВНБП с учетом ДЭР. Кроме того, без какого-либо обоснования ошибочно вводится ограничение на число n (устанавливается $n>25$) [5].

2. Н. М. Груздев в статьях [3, 5] сравнивает выражение (1) с функцией распределения наибольшей погрешности [8]

$$\Phi(x)=F(x)^n, \quad (2)$$

где $F(x)$ – функция распределения исходного распределения, в качестве которого в навигации в основном используется НР.

Анализируя формулы (1) и (2), Н. М. Груздев утверждает, что величина x в формуле (2) не является наибольшей погрешностью, а сами формулы (1) и (2) относятся к совершенно различным распределениям. Это утверждение противоречит положениям монографии Э. Гумбеля [8]. На самом деле формулы (1) и (2) описывают одно и то же распределение наибольшей погрешности. При этом формула (2) представляет собой **точную** зависимость, а формула (1) – ее аппроксимацию, т. е. **приближенную** зависимость.

В монографии Э. Гумбеля [8] глава 3, в которой приводятся формула (2) и ее преобразования, прямо называется «Точное распределение экстремальных значений». В п.3.1.1 и п.4.2.2 функция (2) обозначена как функция распределения наибольшего значения, а в п.4.2.2 приведены ее значения при исходном НР. Кроме того, соответствие зависимости (2) функции распределения наибольшей погрешности подтверждается результатом математического моделирования в статье [4].

3. В статье [1] математическое ожидание наибольшей погрешности принимается равным нулю, а в статье [3] – относительно небольшой величине. Это противоречит положениям монографии Э. Гумбеля [8], где на рис. 4.2.2(2) и 4.2.2(4) видно, что математическое ожидание наибольшей погрешности бы-

стро возрастает с увеличением n и при $n > 10$ становится существенно больше СКО исходного НР.

В статье [5] Н. М. Груздев пытается доказать равенство нулю математического ожидания наибольшей погрешности исходя из того, что эта погрешность выбирается из частной совокупности нормально распределенных случайных погрешностей, и в связи с этим сама является случайной погрешностью, которая по определению не содержит систематической погрешности. Вероятно, он полагает, что любое преобразование (выделение экстремального значения; косвенные измерения с использованием нелинейной функции и т. п.) погрешности, имеющей нулевое математическое ожидание, приводит к погрешности, которая также обязательно будет иметь нулевое математическое ожидание. Это ошибочное суждение основано на формальном подходе, когда суть дела уходит на второй план или вообще не принимается во внимание, уступая место чисто формальным признакам. Вместо того чтобы идти от сущности (свойства) погрешности к термину, Н. М. Груздев приписывает термин изучаемой погрешности, а затем, формально следуя положениям теории ошибок измерений, на основе термина формулирует свойства этой погрешности.

Следует заметить, что В. Т. Кондрашихин в монографии [9] предостерегает от формального применения положений теории ошибок измерений, связанных с понятиями терминов «случайная погрешность» и «систематическая погрешность», и призывает исходить из физической сущности процесса, отмечая, что разделение на случайную и систематическую погрешность соответствует укоренившейся традиции и сделано только для **удобства** изучения погрешностей и методов их учета.

Это предостережение В. Т. Кондрашихина не учтено Н. М. Груздевым при подготовке не только статьи [3], но и статьи [10], в которой он утверждает, что погрешность нелинейной функции будет распределяться по такому же закону, как и погрешность аргумента, и в связи с этим не учитывает математическое ожидание погрешности нелинейной функции, которое на самом деле в условиях приведенного в статье [10] примера составляет около 7 миль. Такое решение противоречит положениям монографии Е. С. Вентцель [11].

Кроме того, наличие существенной величины математического ожидания наибольшей погрешности подтверждается результатами расчета в статье [2] и совпадающими с ними результатами математического моделирования в статье [4].

4. Н. М. Груздев в статье [1] без какого-либо обоснования утверждает, что «для навигационных величин чаще всего» СКО наибольшей погрешности в 2–3 раза **больше** СКО исходного НР, а в статье [3] делает попытку обосновать такую зависимость методом статистических испытаний и допускает ошибку, неправильно обработав ряды погрешностей. Такое утверждение противоречит зависимости между названными СКО и объемом массива n , приведенной на рис. 4.2.2(6) в монографии Э. Гумбеля [8]. На этом рисунке видно, что СКО наибольшей погрешности **меньше** СКО исходного НР, а отношение этих СКО составляет примерно 0,5 при $n=50$.

Другая попытка обосновать первоначальное утверждение основывается в статье [5] на трех последовательных суждениях:

- наибольшая погрешность всегда больше погрешности исходного распределения;
- математическое ожидание квадрата наибольшей погрешности больше математического ожидания квадрата погрешности исходного распределения;
- СКО наибольшей погрешности больше СКО исходного распределения.

Такое обоснование ошибочно, т. к., во-первых, наибольшая погрешность больше других погрешностей **только** в конкретной частной совокупности, а в генеральной совокупности исходного распределения она является одной из погрешностей. Пределы изменения наибольшей погрешности и погрешности исходного НР **совпадают**. Во-вторых, математическое ожидание квадрата наибольшей погрешности соответствует среднему квадрату (второму **начальному** моменту или квадрату среднего квадратического значения), но не дисперсии. Для того чтобы получить дисперсию (а затем и СКО), необходимо учесть математическое ожидание наибольшей погрешности.

То, что СКО наибольшей погрешности **меньше** СКО исходного распределения, подтверждается также результатами расчета в статье [2] и совпадающими с ними результатами математического моделирования в статье [4].

Кроме четырех основных, на наш взгляд, ошибок в статьях [1, 3, 5] имеется ряд других ошибок и неточностей. Так, в статье [1] для оценки ВНБП по фарватеру предлагается использовать ДЭР. Это неверно, т. к. на безопасности плавания по фарватеру сказываются как наибольшая, так и наименьшая в алгебраическом смысле погрешности. В связи с этим для оценки ВНБП по фарватеру должна использоваться совместная плотность распределения наибольшей и наименьшей погрешностей, которая является функцией двух аргументов и не может аппроксимироваться ДЭР [8].

В статье [1] **одна и та же** вероятность в **одних и тех же** условиях плавания совершенно произвольно получает **два** значения. В статье [5] для оценки ВНБП предлагается использовать наибольший модуль погрешности вместо наибольшей погрешности. Поскольку функция распределения $G(x)$ модуля погрешности связана с функцией распределения $F(x)$ погрешности зависимостью $G(x)=F(x)-F(-x)$, то такая замена предусматривает симметричное расположение опасностей относительно места судна. В связи с этим указанное предложение может использоваться при оценке ВНБП по фарватеру **только** в случае когда линия пути судна прокладывается точно посередине фарватера. Во всех других случаях оценить ВНБП нельзя.

2. О новизне, достоверности и значимости предложений по использованию ДЭР для оценки ВНБП

Любое предложение должно оцениваться по степени новизны, достоверности, теоретической и практической значимости. Что касается новизны, то предложение Н. М. Груздева является новым, до него никто не предлагал использовать ДЭР для оценки ВНБП.

Достоверность выдвигаемых положений должен оценивать их автор путем сравнения величин, полученных разными независимыми методами. В данном случае должны были бы сравниваться значения ВНБП, вычисленные по предложенным Н. М. Груздевым зависимостям, со значениями ВНБП, полученными, например, с использованием математических моделей. Однако

это не сделано ни в статье [1], ни в последующих статьях [3, 5]. Вместо того чтобы оценить достоверность своих предложений, Н. М. Груздев в статьях [3, 5] ограничивается попыткой любыми путями отклонить критику.

В статьях [1, 3, 5] используются наиболее простые положения теории статистики экстремальных значений без учета корреляционных связей. Содержащиеся в них принципиальные ошибки, отмеченные выше, не позволяют говорить о какой бы то ни было теоретической значимости этих работ.

Если исключить допущенные Н. М. Груздевым ошибки, то ДЭР можно было бы использовать для оценки ВНБП вблизи опасной изобаты, а также при плавании только посредине фарватера. Такая задача может быть решена при ограничении условий плавания (постоянстве СКО погрешности места и расстояния до опасностей) и после выполнения трудоемкой экспериментальной работы по определению параметров ДЭР для всех возможных значений n и СКО погрешности места. Однако на практике за время похода расстояние до опасностей и СКО погрешности места, как правило, изменяются, что делает невозможным применения ДЭР для оценки ВНБП.

Не повышает практическую значимость сформулированное в работе [5] предложение последовательно определять параметры ДЭР и ВНБП путем статистического моделирования непосредственно на корабельной ЭВМ. Во-первых, при таком решении первоначально получается оценка функции распределения экстремальной погрешности, которая может использоваться непосредственно для вычисления ВНБП без вывода параметров ДЭР и, соответственно, без снижения точности за счет аппроксимации. К тому же результаты моделирования, приведенные в работе [4] и в п. 3 данной статьи, свидетельствуют о соответствии этой оценки значениям функции распределения, вычисленным по формуле (2) без статистического моделирования. Во-вторых, методом статистического моделирования можно определять непосредственно ВНБП без выполнения промежуточной операции по расчету параметров ДЭР. В-третьих, нецелесообразно реализовывать в корабельной ЭВМ задачу, требующую ограничения отмеченных выше условий плавания.

В то же время ВНБП вблизи опасной изобаты и по фарватеру при многократном проходе мимо опасностей может быть оценена без экспериментального определения параметров ДЭР и без ограничения условий плавания с помощью формулы из монографии В. Т. Кондрашихина [6]

$$P = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (3)$$

где P_i – ВНБП при прохождении мимо i -й опасности.

Формула (3) опубликована задолго до появления публикации Н. М. Груздева [1] и поэтому должна бы стать прототипом предложенных им зависимостей. Однако в указанной работе [1] эта формула даже не упоминается, а в статьях [3, 5] утверждается, что она не имеет никакого отношения к экстремальным погрешностям, хотя в работе [2] формула (3) выводится на основе положений монографии Э. Гумбеля [8] при одинаковых P_i , выражения которых соответствуют плаванию вблизи изобаты и по фарватеру. При этом выведенная формула аналогична формуле (2).

Отмеченное в статье [5] уменьшение ВНБП при увеличении n относится как к формуле (3), так и к ДЭР.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что предложения Н. М. Груздева, изложенные им в статьях [1, 3, 5], не имеют никакого практического значения.

3. О достоверности оценки ВНБП при использовании ДЭР

Поскольку автор статей [1, 3, 5] не оценил достоверность выдвигаемых положений, представляется целесообразным сделать эту оценку в настоящей статье, предварительно исключив ошибки, отмеченные в п.1.

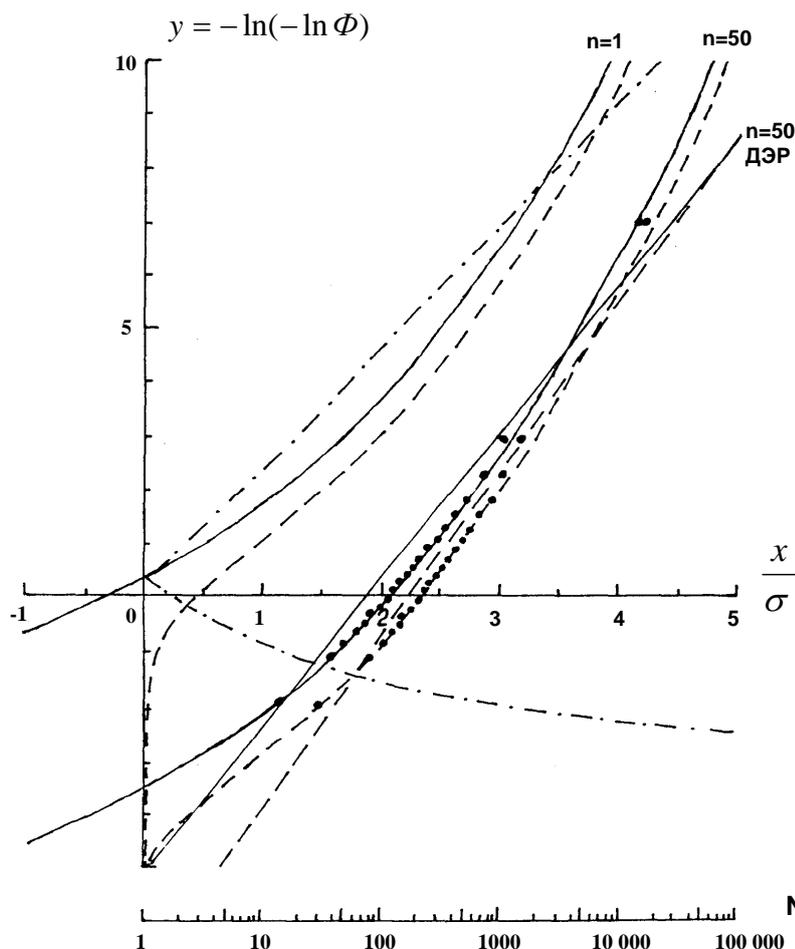


Рис. 1. Функции распределения наибольшей погрешности и наибольшего модуля погрешности

Изменение функции распределения Φ наибольшей погрешности (сплошные линии) и наибольшего модуля погрешности (штриховые линии), вычисленной по формуле (2) для $n=1$ и $n=50$ (кривые линии) и по формуле (1) для $n=50$ (прямые линии), показано в зависимости от экстремальной погрешности x , нормированной СКО НР σ . Эталонные значения Φ при $n=50$ показаны точками.

Первоначально оценим достоверность соответствия величин, выраженных зависимостями (1) и (2). Для этого в равенство (2) подставим функцию распределения НР из справочника [12] и вычислим значения функции распределения наибольшей погрешности при $n=1$ и $n=50$. Изменение полученных значений в зависимости от наибольшей погрешности x , нормированной СКО исходного распределения σ , показано сплошными кривыми на рис. 1, на котором ось ординат y соответствует двойной логарифмической шкале

$$y = -\ln(-\ln(\Phi(x))). \quad (4)$$

Затем в равенство (2) подставим из справочника [12] функцию распределения модуля случайной величины, подчиняющейся НР, и вычислим значения функции распределения наибольшего модуля погрешности при $n=1$ и $n=50$. Изменение полученных значений в зависимости от наибольшего модуля погрешности x , нормированного СКО σ , показано штриховыми кривыми на рис. 1. Кривые при $n=1$ относятся к исходным распределениям и служат только для иллюстрации начального положения функций распределения.

Изменение предельных значений ординаты y в зависимости от числа N частных совокупностей показано штрих-пунктирной линией.

Кроме того, используя полученные в статье [5] параметры ДЭР, на рис. 1 нанесены сплошная и штриховая прямые линии, представляющие ДЭР при $n=50$ для наибольшей погрешности и наибольшего модуля погрешности соответственно.

Для оценки достоверности использован метод статистических испытаний. На ПЭВМ генерировались 50 000 нормально распределенных случайных чисел с нулевым математическим ожиданием и СКО, равным единице. Случайные числа представляли погрешности. Генеральная совокупность погрешностей разбивалась на частные, число которых составляло $N=1000$. В каждой частной совокупности, содержащей $n=50$ погрешностей, определялась наибольшая погрешность и наибольший модуль погрешности, которые использовались для построения вариационных рядов. В соответствии с монографией Э. Гумбеля [8] каждому значению экстремальной погрешности x приписывалась оценка функции распределения

$$\Phi(x) = \frac{i}{N+1}, \quad (5)$$

где i – номер погрешности в вариационном ряду.

Из полученных эталонных данных выбиралась каждая двадцатая экстремальная погрешность, совокупность их показана точками на рис. 1. Кроме того, путем подстановки в формулу (5) значений $i=1$ и $i=N$, получены предельные значения оценки функции распределения, изменение которых в зависимости от числа N частных совокупностей показано на рис. 1 штрих-пунктирными линиями.

Анализ данных, приведенных на рис. 1, показал следующее. Результаты, полученные методом статистических испытаний и по формуле (2), достаточно близки друг другу, что свидетельствует о достоверности выражения функций распределения наибольшей погрешности и наибольшего модуля погрешности в виде формулы (2).

Функция распределения наибольшей погрешности характеризуется вогнутой кривой, находящейся в области отрицательных и положительных значений погрешности, а функция распределения наибольшего модуля погрешности – кривой, имеющей точку перегиба и находящейся только в области положительных значений. Аппроксимирующие прямые линии лежат вблизи указанных выше кривых. Степень близости зависит от двух факторов, связанных с точностью определения параметров ДЭР в статье [5]. Во-первых, использовались только 24 значения экстремальных погрешностей, что отразилось не только на точности определения параметров ДЭР, но и на интервале ординаты y , которая при $N=24$ изменяется от -1,169 до 3,199. Во-вторых, использованный для определения ДЭР массив генерируемых псевдослучайных чисел не абсолютно точно соответствует НР.

Данные, приведенные на рис. 1, еще раз подтверждают ошибочность положения статей [3, 5] о том, что формулы (1) и (2) выражают совершенно разные законы распределения.

Оценим ВНБП вблизи опасной изобаты $P_{и}$ и по фарватеру $P_{ф}$ при прокладке линии пути судна точно посередине фарватера. Для этого, используя выражения функции распределения $НР$ для $P_{и}$ и функции распределения модуля случайной величины, подчиняющейся $НР$, для $P_{ф}$ из справочника [12], по формуле (2) получим первые значения $P_{и}$ и $P_{ф}$, изменение которых в зависимости от расстояния D до опасности, нормированного СКО $НР$, показано на рис. 2 для $n=50$ сплошными линиями и для $n=1$ штрих-пунктирными линиями.

При использовании полученных в статье [5] параметров ДЭР для наибольшей погрешности и наибольшего модуля погрешности при $n=50$ и $N=24$ по формуле (1) вычислены вторые значения $P_{и}$ и $P_{ф}$, которые отображены на рис. 2 штриховыми линиями. Характер изменения первых и вторых значений одной и той же ВНБП примерно одинаков. Однако между ними имеется различие, – наибольшая относительная разность составляет 52,3% для $P_{и}$ при $D/\sigma = 2$ и 16,6% для $P_{ф}$ при $D/\sigma = 2,5$.

Для оценки изменения относительной разности первых и вторых значений ВНБП в зависимости от числа N частных совокупностей при указанных выше значениях D/σ на ПЭВМ, как и ранее, определялась генеральная совокупность нормально распределенных погрешностей. Она разбивалась на N частных совокупностей, каждая из которых содержала 50 погрешностей. В каждой частной совокупности определялись наибольшая погрешность и наибольший модуль погрешности, которые использовались для построения вариационных рядов и вычисления оценок функций распределения по формуле (5). Затем изложенным в монографии Э. Гумбеля [8] приемом определялись параметры ДЭР. После этого по формуле (1) вычислялись вторые значения $P_{и}$ и $P_{ф}$, которые сравнивались с уже полученными по формуле (2) первыми значениями, и определялись их относительные разности.

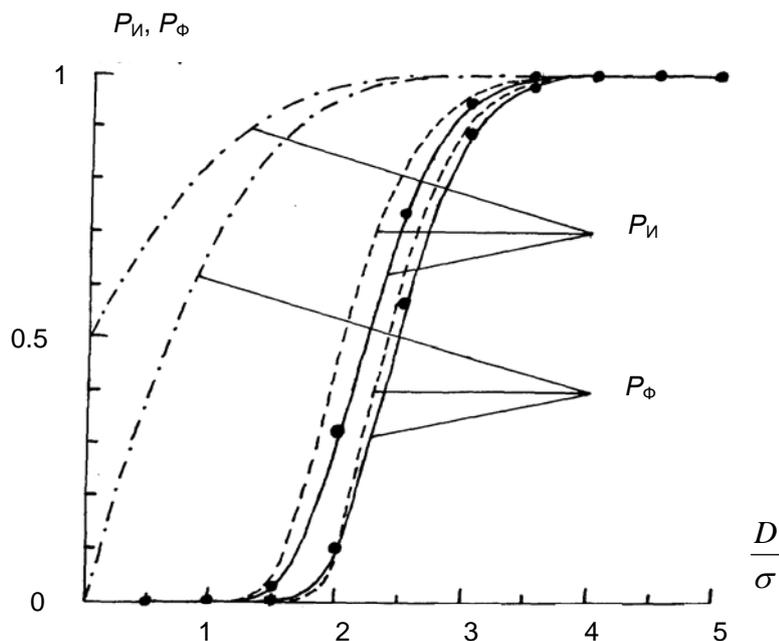


Рис. 2. ВНБП вблизи опасной изобаты и посредине фарватера

Изменение ВНБП вблизи опасной изобаты $P_{И}$ и посредине фарватера $P_{Ф}$, вычисленных по формуле (2) при $n=50$ (сплошные линии) и при $n=1$ (штрих-пунктирные линии), а также по формуле (1) при $n=50$ (штриховые линии), показано в зависимости от расстояния D до опасности, нормированного СКО НР σ . Эталонные значения $P_{И}$ и $P_{Ф}$ показаны точками.

Для того чтобы уменьшить случайное влияние, подобные действия выполнялись 10 раз для каждого N . В результате определены средние относительные разности $\Delta P_{И}$ и $\Delta P_{Ф}$, значения которых приведены в таблице.

Средние относительные разности значений ВНБП вблизи изобаты $\Delta P_{И}$ и по фарватеру $\Delta P_{Ф}$ в зависимости от числа N частных совокупностей погрешностей

N	24	50	100	500	1000	5000
$\Delta P_{И},\%$	33,1	14,7	9,7	4,9	7,4	6,9
$\Delta P_{Ф},\%$	14,0	8,2	7,9	11,9	12,8	12,2

Из таблицы видно, что с увеличением N величина $\Delta P_{И}$ уменьшается, наименьшего значения она достигает при $N=500$ и затем незначительно увеличивается. Наименьшее значение $\Delta P_{И}$ более чем на порядок меньше значения, соответствующего показанному на рис. 2. Примерно такая же зависимость наблюдается между $\Delta P_{Ф}$ и N . Только наименьшее значение $\Delta P_{Ф}$ относится к $N=100$, и оно более чем в два раза меньше значения, соответствующего отраженному на рис. 2.

Увеличение $\Delta P_{И}$ при $N>500$ и $\Delta P_{Ф}$ при $N>100$ можно объяснить тем, что в этом, случае при значениях x/σ , равных 2 и 2,5, аппроксимирующие прямые, характеризующие ДЭР, будут удаляться от соответствующих кривых, отражающих истинные зависимости.

Анализ данных, приведенных на рис. 2 и в таблице, еще раз подтверждает ошибочность положения статей [3, 5] о том, что формулы (1) и (2) выражают совершенно разные законы распределения.

Для оценки достоверности определения ВНБП по формуле (2) использован метод статистических испытаний. На его основе построена математическая модель прохождения судна вблизи опасной изобаты и посредине фарватера при числе опасностей $n=50$. Для ряда значений расстояния D до опасности на ПЭВМ, как и ранее, генерировались 500000 нормально распределенных погрешностей, разбитых на частные совокупности, число которых составило $N=10000$. Число погрешностей в каждой частной совокупности $n=50$. В процессе моделирования определялось число K частных совокупностей, в которых хотя бы одна погрешность превысила заданное значение D , и вычислялось эталонное значение ВНБП вблизи изобаты по формуле

$$P_{и}=1-K/N.$$

Аналогичным образом определялось эталонное значение ВНБП посредине фарватера. При этом вместо погрешности использовался модуль погрешности. Полученные эталонные значения ВНБП показаны точками на рис. 2. Близость этих точек к соответствующим сплошным линиям подтверждает достоверность значений ВНБП, вычисленных по формуле (2).

На основании вышеизложенного можно сделать следующие **выводы**:

1. Положения статьи Н. М. Груздева [1] ошибочны, они противоречат теории экстремальных значений. У Н. М. Груздева не было никаких оснований выступать со статьями [3, 5], в которых отсутствуют доказательства достоверности положений статьи [1], а имеется только попытка отвергнуть критику оппонента.

2. Решение совместного заседания четырех кафедр Санкт-Петербургского военно-морского института не отличается объективностью.

3. Применение ДЭР для оценки ВНБП вблизи опасной изобаты и посредине фарватера возможно при ограничении условий плавания, но нецелесообразно.

Оценку ВНБП вблизи изобаты и по фарватеру при многократном прохождении мимо опасностей можно выполнить по формуле из монографии В. Т. Кондрашихина [6] без ограничения условий плавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Груздев Н. М. Оценка навигационной безопасности плавания с учетом распределения максимальных погрешностей // Записки по гидрографии. – 1997. – N 240. – С. 17–26.
2. Иванов Б. Е. Использование статистики экстремальных значений в навигации и океанографии // Записки по гидрографии. – 1999. – N 247. – С. 21–29.
3. Груздев Н. М. О решении проблемы учета максимальных погрешностей в навигации // Записки по гидрографии. – 1999. – N 247. – С. 30–35.
4. Иванов Б. Е. Об использовании статистики экстремальных значений при оценке вероятности навигационной безопасности плавания // Записки по гидрографии. – 2002. – N 254. – С. 24–34.
5. Груздев Н. М. Экстремальные погрешности и способ их использования для оценки параметров двойного экспоненциального закона // Записки по гидрографии. – 2002. – N 254. – С. 34–42.
6. Кондрашихин В. Т. Определение места судна. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1989. – 230 с.
7. Методики вероятностных расчетов при решении навигационных задач на кораблях и судах ВМФ (МВР-96). – СПб.: ГУНиО МО РФ, 1999. – 218 с.
8. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений. Пер. с англ. – М.: Мир, 1965. – 450 с.
9. Кондрашихин В. Т. Теория ошибок и ее применение к задачам судовождения. – М.: Транспорт, 1969. – 256 с.

10. Груздев Н. М. Оценка погрешности нелинейной функции // Записки по гидрографии. – 1995. – N 234. – С. 15–24.
11. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Физматгиз, 1962. – 564 с.
12. Справочник по вероятностным расчетам. 2-е изд., доп. и испр. / Г. Г. Абезгауз, А. П. Тронь, Ю. Н. Копенкин, И. А. Коровина. – М.: Воениздат, 1970. – 536 с.

В. Е. Ivanov

On the Evaluation of the Navigation Safety Probability Using the Double Exponential Distribution

The possibility and expediency of using the double exponential distribution in order to evaluate the navigation safety probability near the dangerous depth curve and on the fairway are considered.

ГРНТИ 50.33.33; 36.33.85

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ В МОРСКИХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

С. П. ДЕМИН,

Б. БЕНРИГХИ

(ВМА им. Н. Г. Кузнецова)

Предложены формулировки определений базовых понятий морских интегрированных геоинформационных систем (ГИС). Рассмотрены сложившиеся способы использования электронных карт в органах управления военно-морскими силами. Показано, что самым перспективным направлением является создание и использование специализированных морских интегрированных ГИС. Раскрыто основное содержание информационной подготовки руководящего состава национальной гидрографической службы.

В настоящее время стала понятной необходимость широкого внедрения цифровых морских карт во все органы управления ВМС. Однако специальное программное обеспечение для использования этих карт и цифровых баз навигационно-гидрографической информации при решении задач управления силами отсутствует. По мнению авторов, к основным направлениям развития морских интегрированных ГИС относятся:

- формализация исходной картографической информации;
- создание цифровых моделей картографируемых объектов;
- разработка методов преобразования и представления цифровой картографической информации.

В конце 80-х гг. одним из продуктов деятельности национальных гидрографических служб (ГС) являлись бумажные морские карты. Развитие информационных технологий привело к появлению цифровых морских карт [1], которые теперь широко используются в системах отображения электронных карт и в различных ГИС. Авторы считают, что электронные карты являются вспомогательным продуктом при внедрении ГИС, а к основным в эпоху бурно-

го развития информационных технологий следует отнести цифровую картографическую информацию в виде совокупности разнообразных элементов содержания карты (базы данных навигационно-гидрографической информации). Поскольку в среде специалистов-гидрографов еще не сложилась четкая система понятий в области электронной картографии и геоинформационных технологий, авторы предлагают свой вариант толкования некоторых из них.

Основным понятием электронной картографии является информация. Под ней будем понимать совокупность сведений (данных), несущих определенный смысл и предоставляемых пользователю для последующей обработки.

Исходная картографическая информация (ИКИ) – это подлежащие отображению на карте сведения о количественных и качественных характеристиках пространственно распределенных объектов и их взаимосвязях. Традиционно для отображения такой информации используются системы картографических условных знаков и специальные математические методы.

Традиционная карта (ТрК) – это модель земной поверхности, построенная в заданных проекции, масштабе, системах координат и высот с использованием определенной системы картографических условных знаков.

Цифровая модель поверхности (ЦМП) – это представление в цифровой форме количественных и качественных характеристик пространственно распределенных объектов и их взаимосвязей в определенной системе координат без привязки к системе картографических условных знаков. На основе цифровых моделей поверхности создаются картографические базы данных ГИС и цифровые карты.

Цифровая морская карта (ЦМК) – это цифровая модель морской поверхности, записанная на машинном носителе в установленной структуре и кодах, в принятой проекции, разграфке, системе координат и высот, по точности и содержанию соответствующая морской карте определенного масштаба.

Электронная карта (ЭК) в общем плане – это выведенная на экран дисплея цифровая карта. Можно выделить по крайней мере два типа электронных карт – традиционные и произвольные.

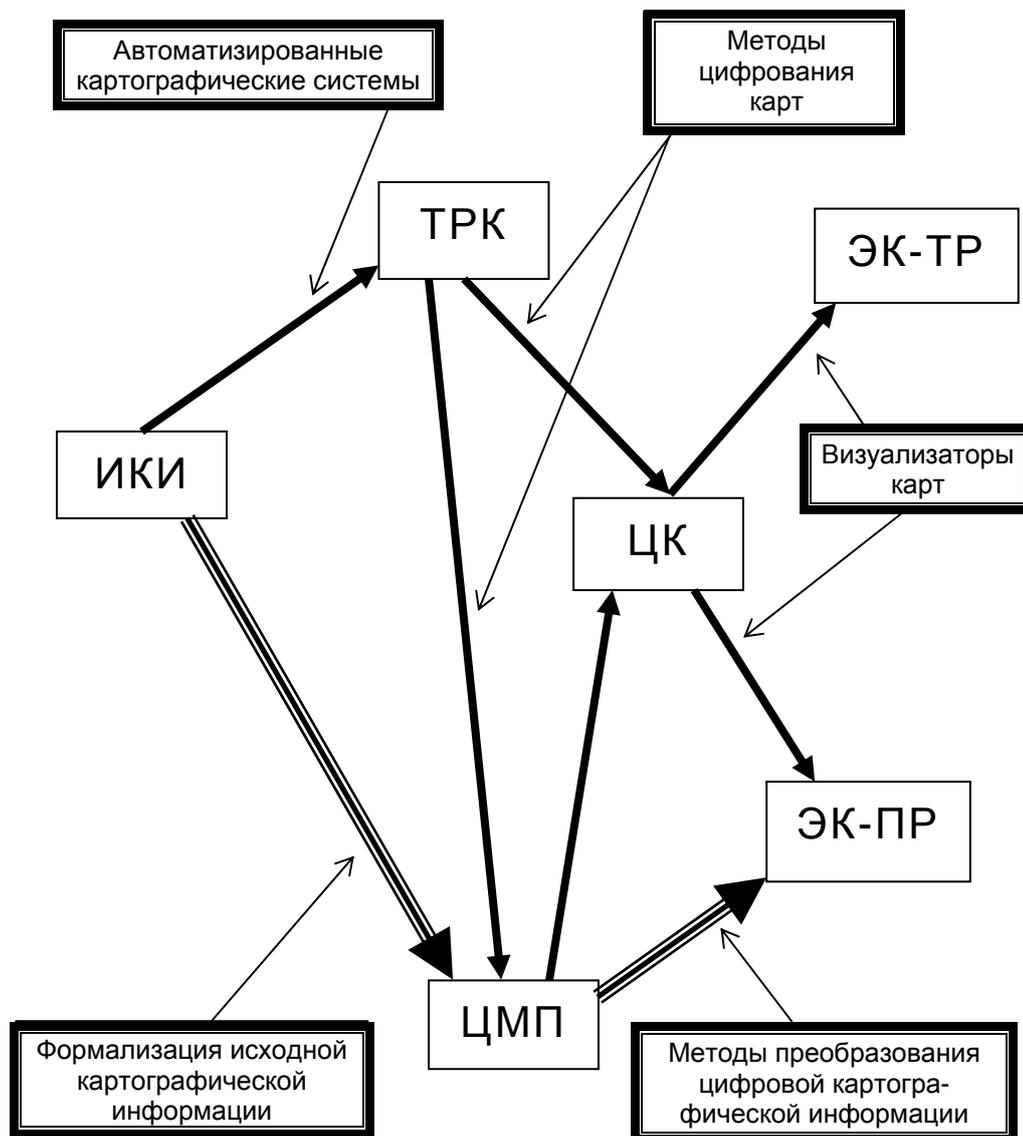
Электронная карта традиционного типа (ЭК-Тр) – это визуализация электронного эквивалента традиционной карты. Электронный эквивалент – это совпадение электронной карты по проекции, нарезке, системе координат и высот, точности и содержанию с соответствующей традиционной картой определенного масштаба.

Электронная карта произвольного типа (ЭК-Пр) это выведенная на экран дисплея пространственная и содержательная информация о картографируемых объектах в заданном объеме, проекции, системах координат и высот, а также системе картографических условных знаков.

Схема взаимодействия различных направлений развития морской электронной картографии представлена на рисунке. Из него следует, что кратчайшим путем получения электронной карты, соответствующей запросам пользователя (ЭК-Пр), является следующий: **исходная картографическая информация – цифровая модель поверхности – электронная карта произвольного типа** (на рисунке он показан стрелками с тройной линией). А такой путь есть не что иное, как использование геоинформационной технологии.

В органах управления ВМС использование произведений электронной картографии осуществляется главным образом по следующим трем направлениям:

1. В ходе создания автоматизированных рабочих мест различного назначения энтузиасты-программисты рисуют с помощью распространенных графических редакторов «карты-картинки», а затем на такой подложке решают специальные задачи. Очевидный недостаток такого подхода – почти полное отсутствие математического картографирования как такового, использование подобных «карт» в единичных экземплярах и т. д.



Направления развития электронной картографии

2. Ряд коммерческих и государственных организаций создают так называемые «электронные эквиваленты бумажных карт» для систем отображения электронных карт и информации. Из проблем данного направления можно от-

метить, прежде всего, следующие: решение узкого круга специальных задач, в основном по обеспечению безопасности кораблевождения; практически полная зависимость пользователя от разработчиков программного обеспечения и, как следствие, – отсутствие концепции создания единого программного средства для работы с электронной картой в органах управления ВМС.

3. Наиболее «продвинутые» пользователи рвутся к возможности свободного доступа к основе цифровых морских карт – их базам данных – с целью использования последних по своему усмотрению при помощи собственных программных средств. В этом направлении при очевидной выгоде для отдельных пользователей возникают вопросы защиты интеллектуальной собственности, закрытия информации, разработки единых стандартов обмена данными и др.

Анализ вышеназванных направлений позволяет сделать вывод о необходимости обобщения всего положительного опыта с максимальным исключением недостатков.

Сегодня очевидно, что без картографических баз данных не существует и ГИС. Поэтому не случайно, прежде всего, гражданские специалисты по гидрометеорологии, картографии, судовождению, гидротехнике и др., а также ВМС ведущих морских держав пошли по линии создания специализированных ГИС, в которых значительную роль играет цифровая картография.

Если обобщить пожелания потенциальных потребителей цифровой навигационно-гидрографической и картографической информации, то результат можно сформулировать следующим образом: «Необходима морская ГИС».

Техническое определение ГИС как набора программных инструментов для ввода, хранения, манипулирования, анализа и отображения географической информации отражает историю развития ГИС как синтеза методов и средств, первоначально развивавшихся в системах автоматизированного проектирования, автоматизированного картографирования, цифровой обработки данных дистанционного зондирования и управления базами данных.

С другой стороны, ГИС – это образ мышления, способ принятия решения по проблеме, вся информация о которой соотносится с пространством и хранится централизованно. Отсюда возникают **вопросы разработки концепции создания и использования навигационно-гидрографических и картографических баз и банков данных.**

На последнем следует остановиться особо. Дело в том, что базы и банки данных позволяют создавать цифровые карты произвольных проекций и различного содержания на основе цифровых моделей картографируемой поверхности. Принятая в настоящее время некоторыми странами-членами Международной гидрографической организации технология создания цифровых карт как электронных эквивалентов существующих бумажных не ориентирована напрямую на пополнение баз и банков данных в общепринятом смысле, поэтому такую технологию нельзя признать перспективной, она, скорее всего, тупиковая, ибо в конце концов, когда все карты будут оцифрованы, возникнет все же задача создания специализированных гидрографических и картографических баз и банков данных. А поскольку все равно придется конвертировать созданные ныне наборы цифровых данных, не лучше ли это делать сразу?

В настоящее время развитие морских ГИС сдерживается, в первую очередь, неподготовленностью пользователей, а также ограниченностью информации, отсутствием стандартов ее сбора, организации и обмена и ведомственной разобщенностью разработчиков.

Задачи, которые решаются с использованием ГИС, можно объединить в несколько групп, основными из которых для органов управления ВМС являются оценочные, динамические и прогнозные [2].

Цель решения оценочных задач – получение количественных и качественных характеристик пространственно распределенных объектов. К числу подобных задач можно отнести следующие:

- пространственная визуализация описательных характеристик сил и объектов флота, особенно на этапе оценки обстановки;
- выбор объектов по пространственным характеристикам или отношениям (объекты РЭБ для района, РТСНО различной дальности действия, опасные станции по отношению сигнал/помеха и т. п.);
- пространственная визуализация результатов отбора объектов по описательным характеристикам (станции РНС свои и противника, зрительные средства навигационного оборудования, маячные здания и сооружения различного типа и т. п.).

Подобные характеристики иначе, как из картографических и гидрографических баз данных, не получить.

В ходе решения динамических задач исследуются пространственно-временные взаимосвязи процессов и явлений. В этом блоке задач главную роль играет выбор единой картографической основы, а также создание открытых программных средств для работы с цифровыми морскими картами, которые позволяли бы производить построение новых пространственных объектов с использованием пространственной и атрибутивной информации об исходных (рабочая зона радионавигационной системы, зона подавления РНС, зоны видимости-невидимости, зоны опасных в минном отношении глубин, зоны затопления и т. п.).

Для органов управления ВМС различного уровня, особенно в настоящее время, чрезвычайно актуально решение прогнозных задач, цель которых – выявление тенденций и темпов развития процессов. Поэтому на первый план выходят методы моделирования, и, в первую очередь, математико-картографического. Для эффективности последнего необходимо создавать базы и банки данных подводной, надводной, наземной, картографической и аэрокосмической информации с автоматизированными методами ее интерпретации и отображения. На основе анализа зависимостей, выполняемого средствами ГИС, можно разрабатывать математические модели развития исследуемых явлений. В этом направлении наиболее актуально получение произвольных количественных характеристик пространственных объектов, процессов и явлений (погодные условия по районам и точкам, вертикальное распределение скорости звука с глубиной, высота цели над уровнем моря и т. п.). Эти задачи пока что довольно слабо проработаны в научном плане.

Наряду с пользой от внедрения ГИС, ряд специалистов отмечает отрицательные последствия моды на них. Недостаточная подготовленность специалистов, а зачастую и простое невежество в картографии и геодезии при-

водят к неграмотному картосоставлению и примитивному оформлению результатов геоинформационного картографирования. В связи с этим очень жестко встают вопросы лицензирования данного вида деятельности и разработки единых форматов обмена цифровой картографической и навигационно-гидрографической информацией.

При наличии подготовленных пользователей и большого объема разработок в областях геоинформационных технологий и автоматизации процессов управления можно силами флота достичь качественно нового уровня информационного обеспечения военно-морской деятельности **в рамках интегрированной геоинформационной системы навигационно-гидрографического обеспечения (ИГИС НГО).**

Интегрированная ГИС совмещает в единой среде функциональные возможности ГИС, систем цифровой обработки информации и элементов автоматизированных информационно-управляющих систем.

В ходе создания интегрированной ГИС для органов управления ВМС необходимо решить, в первую очередь, следующий блок научных задач:

- разработка методологии создания и использования цифровых баз и банков данных навигационно-гидрографической информации;
- разработка методологии пространственного анализа и моделирования навигационно- гидрографической обстановки при управлении силами флота;
- разработка методологии моделирования системы навигационно-гидрографического обеспечения действий сил флота.

Одновременно с этим необходимо активизировать подготовку руководящего состава национальной гидрографической службы по следующим вопросам:

- источники и содержание исходной цифровой картографической информации;
- основы компьютерной графики;
- теоретические основы создания цифровых моделей картографируемых объектов и технология цифрования морских карт;
- основы автоматизированных картографических систем;
- методы формализации и преобразования исходной картографической информации;
- системы отображения электронных карт и информации;
- основы создания баз и банков данных цифровой картографической информации;
- общие положения о создании и использовании морских ГИС;
- методы выполнения исследований объектов и явлений по цифровым картам.

Только объединение усилий «ГИС-образованных» практиков с флотом и разработчиков ГИС-технологий поможет широкому использованию навигационно-гидрографической информации, накопленной в национальных гидрографических службах за многовековую историю изучения Мирового океана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Картографирование океанов // Картография. Вып. 3. Пер. с англ. Под ред. А. М. Берлянта. – М.: Прогресс, 1988. – 264 с.
2. Геоинформационные системы // Картография. Вып. 4.: Сб. перев. статей./ Сост. и ред. А. М. Берлянт и В. С. Тикунов. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1994. – 349 с.

S. P. Demin, Benrighi Brahim

Some aspects of the electronic charts employment in the marine integrated systems

The wordings that could be used to define the basic notions of the marine electronic cartography are suggested. The traditional ways of using the electronic charts in the Navy Command organizations are considered. It is shown that the creation and employment of specialized geoinformation systems is the most promising direction in the marine electronic cartography. The main content of the information training for the command personnel of the national Hydrographic Service is set forth.

ГРНТИ 89.29.65

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «КУРС» ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МОРСКИХ СУДОВ**

**А. С. СЕЛИВАНОВ,
В. И. РОГАЛЬСКИЙ,
Н. В. ДЕДОВ**

(ФГУП «РНИИ КП»),

Д. Б. ШТЕФАНОВ

(Департамент морской охраны ФПС РФ),

А. Г. ЗАХАРОВ

(НИИ ТЦ ФПС РФ)

В статье излагаются результаты использования космической системы «Курс» для определения местоположения морских судов. Даны основные тактико-технические характеристики системы, ее состав и принцип действия. Приведены характеристики выпускаемой в России аппаратуры потребителя для космической системы «Курс» и малой станции приема и обработки информации. Приводятся основные результаты демонстрационных испытаний, полученных в интересах Федеральной пограничной службы России в 2000–2001 гг.

Введение

Космическая система «Курс» предназначена для сбора метеорологической и экологической информации с неподвижных и движущихся платформ в любой точке Земного шара, а также для контроля местоположения движущихся объектов.

Первый искусственный спутник Земли (ИСЗ) системы «Курс» был запущен 5 июля 1995 года на круговую околополярную орбиту с космодрома «Плесецк». Орбита ИСЗ «Космос-2315» имеет высоту 1000 км и угол наклона к плоскости экватора $\sim 82^\circ$. В 1995 году были успешно завершены летные испытания ИСЗ, а в течение 1996-99 гг. система «Курс» обеспечивала демонстрационные испытания с участием целого ряда заинтересованных федеральных организаций, таких как Государственный таможенный комитет, Федеральная Пограничная Служба, Центрального конструкторского бюро гидрометеорологического приборостроения, ВНИИ «Природа», ГП «Морсвязьспутник».

С января 1997 г. система «Курс» находится в опытной эксплуатации. Данная система является модификацией российской космической системы КОСПАС, предназначенной для поиска и спасения терпящих бедствие судов и самолетов в составе международной системы КОС ПАС-SARSAT [1]. Последняя эффективно используется более 18 лет и имеет хорошо отработанную технологию обслуживания потребителей.

1. Состав системы и принцип действия

Система «Курс» (рис. 1) состоит из космической и наземной частей. В космическую часть входят ИСЗ с бортовой приемо-передающей аппаратурой. В настоящее время в системе используется один ИСЗ, в 2001 году планируется запуск второго, а в будущем возможно увеличение числа до четырех ИСЗ.

В наземную часть входят станции приема и обработки информации (СПОИ), региональные центры (РЦ), совмещенные со СПОИ, и аппаратура потребителя (АП).

АППАРАТУРА ПОТРЕБИТЕЛЯ (РАДИОМАЯКИ)

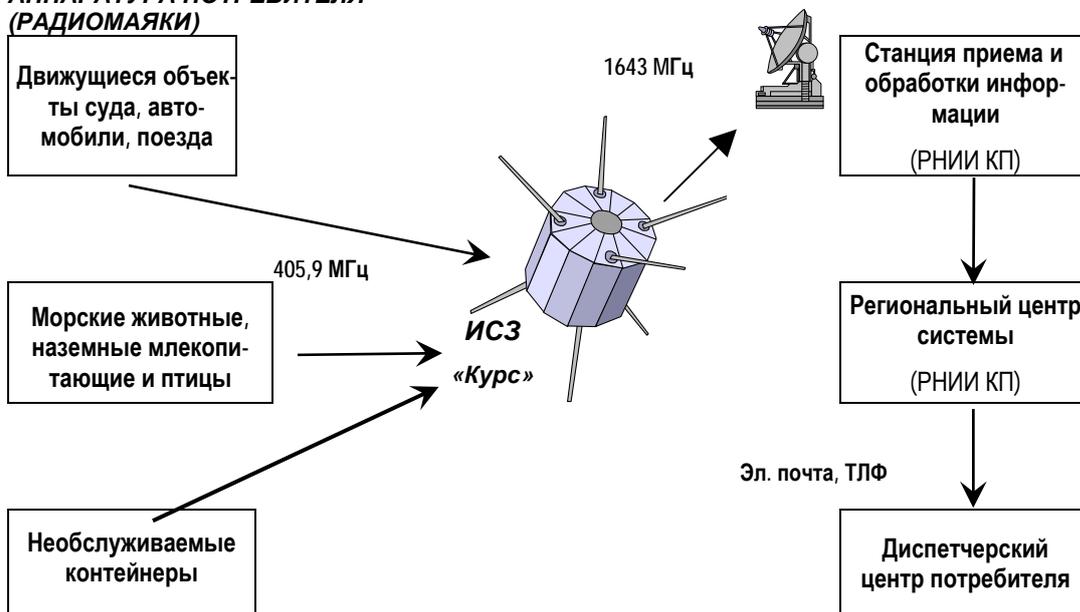


Рис. 1. Состав системы «Курс»

АП устанавливается на контролируемом объекте и представляет собой передающее электронное устройство, которое периодически излучает закодированный сигнал на частоте 405,9 МГц. Сигнал с АП принимается и запоминается на ИСЗ. В зоне совместной видимости СПОИ и ИСЗ информация со спутника на частоте 1,6 ГГц, передается на станцию приема и обработки информации. На СПОИ принятые данные обрабатываются, в результате чего определяются координаты АП, ее идентификационный номер и ТМ информация с датчиков, установленных на АП. Обработанные данные поступают в региональный центр, где имеется регулярно обновляемая база данных по всей обслуживаемой АП, ее координаты, а также массив данных от датчиков, установленных на АП. Получение информации потребителем из регионального центра осуществляется по стандартным каналам связи: телефон, телеграф, факс, электронная почта.

Принцип работы системы «Курс» следующий.

Бортовой приемник-процессор в течение сеанса связи АП с ИСЗ длительностью от 3 до 15 минут принимает от 4-х до 16-ти посылок от АП. Он выделяет цифровые данные из 4-х посылок, измеряет доплеровский сдвиг частоты для каждой посылки и обеспечивает привязку измеренных значений частоты к московскому времени. Для каждой принятой посылки цифровые данные, значения доплеровского сдвига и время его измерения записываются в бортовую память ИСЗ. Эти данные, принятые на СПОИ, совместно с известными эфемериды ИСЗ обеспечивают определение координат АП за каждый сеанс связи [2].

Бортовой приемник-процессор обеспечивает прием данных от АП со свободным доступом. При длительности посылки равной ~0,5 с и при периоде повторения один раз в 50 с трехканальный бортовой приемник-процессор с вероятностью 0,98 обеспечивает прием посылок от 200 объектов, одновременно работающих в зоне видимости ИСЗ. Для увеличения производительности в системе «Курс» используются 7 частотных литер несущей частоты. Предполагается, что если радиопередатчик АП будет работать сеансами, определяемыми программным устройством АП, то общая производительность системы составит 100 тысяч АП.

Основные технические характеристики системы «Курс» приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные технические характеристики системы

1. Количество сеансов связи АП с диспетчерским центром потребителя в сутки при одном ИСЗ (в зависимости от места работы АП по широте)	15 80° Ш 7 < 50° Ш 4 < 20° Ш
2. Количество ИСЗ в системе	1
3. Точность определения координат АП, км неподвижного движущихся с $V < 100$ км/ч - без знания траектории движения - со знанием трассы движения	1,0 10,0 3,0
4. Объем данных за сеанс связи, бит	144–240
5. Вероятность приема данных и определения координат - за один сеанс	0,99

Для проведения демонстрационных испытаний системы «Курс» было разработано несколько типов аппаратуры потребителя. Основой АП является радиомаяк (РМ), работающий на частоте 405,9 МГц. Имеются следующие типы РМ.

- Радиомаяк «МАРАН-М», предназначенный для установки на речных и морских судах. Работает от сети переменного тока ~220В/50 Гц (рис. 2., рис. 3). «МАРАН-М» является модернизацией радиомаяка «МАРАН» и выпускается на АО «Ярославский радиозавод». В составе радиомаяка имеется приемник глобальной навигационной системы GPS или ГЛОНАСС.

- Автономный контейнерный радиомаяк (АКРМ) для установки на необслуживаемых объектах, в частности на контейнерах, которые могут перевозиться автомобильным, железнодорожным, речным и морским транспортом. Имеет в своем составе литиевые батареи, а также работает от сети постоянного тока =15–18В. Выпускается на ФГУП НИИ КП.

- Малые радиомаяки РМ-П (птичий) и РМ-Д (дельфиний), предназначены для применения на объектах, для которых необходимы РМ с небольшим весом, длительным временем работы и без внешних источников электроэнергии. Они имеют соответственно вес 90 г и 300 г., минимальные размеры (60x40x30 мм и цилиндр длиной 240 мм и диаметром 30 мм), длительность работы до 9,5 месяцев от входящих в его состав литиевых батарей. Выпускаются ФГУП «РНИИ КП» [3].



Рис. 2. СРМ «МАРАН-М» №000с, установленный на ПСКР №708 (Балтийское море)

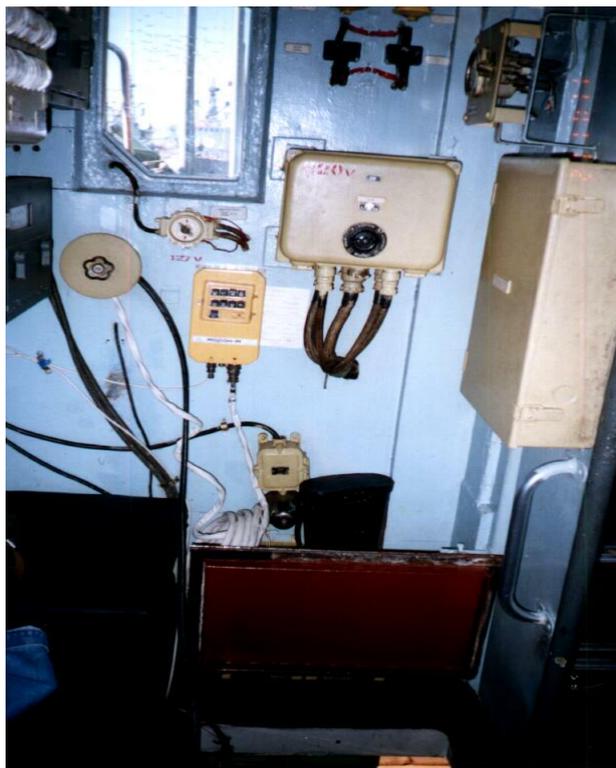


Рис. 3. Пульт управления и индикации СРМ «МАРАН-М» №000с, установленный на ПСКР №708 (Балтийское море)

Основные технические характеристики перечисленных радиомаяков приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные характеристики радиомаяков

Параметр/Тип РМ-405	МАРАН-М	АКРМ	РМ-П
Технические параметры:			
Выходная мощность, Вт	5–7	5	0,5
Индекс фазовой модуляции, рад	1,1		
Несущая частота (одна из 7 литер) в диапазоне, МГц	405.878-405.978		
Относительная нестабильность частоты ЗГ	термостатированный ЗГ		Не термостатированный ЗГ
Период повторения посылок, с	47,5–52,5	45–55	30–60
Режимы работы: излучает посылки/не излучает посылки, час Длительность посылки, мсек	6/6, 4/8, 24/0 440+/-4	24/0 440+/-4	по заранее рассчитанной программе 440+/-4

Параметр/Тип РМ-405	МАРАН-М	АКРМ	РМ-П
	Формирует сообщение с точными координатами (100 метров) от приемника ГЛОНАСС\GPS по программе 1 раз в час. Передает одновременно три посылки с точными координатами за последние три часа	Имеет два входа RS-232 для ввода любой телеметрической информации	
Возможность смены информации в посылке	Есть	Есть	нет
Размер передаваемого сообщения, бит	144	144	Неизменное, 48 бит
Эксплуатационные параметры:			
Ресурс работы, час	50 000	10 000	1000
Состав и размеры РМ, мм	пульт управления и индикации: 225x156x173, устройство формирования кадра с радиопередатчиком и антенной: 320x300x150	единый радиоблок с устройством формирования сообщения: 190x70x30, батареи питания: 190x70x30 штыревая антенна: высота 200 мм, диаметр отражателя 100 мм	единый радиоблок с батареями и антенной 60x40x30
Условия эксплуатации антенны и ВЧ блока: температура, °С давление, мм рт. ст.	-40 – +65 Атмосферное	-50 – +80 > 90	10 – +40 атмосферное ±100 мм
Ударостойкость антенны и ВЧ блока: одиночный удар, g многократные удары, g	100 10	100 15	1 0,3
Тип электропитания	-220 В/50Гц	=14 – 18 В	=9В
Общая масса РМ, кг	11,2	2,0	90 грамм
Потребляемая мощность РМ, Вт: в режиме излучения в режиме молчания	45 2	27 2	1,4 0,000015

Состав аппаратуры потребителя зависит от ее назначения и в максимальной комплектации состоит из радиопередающего устройства с выходной мощностью 0.5–10 Вт, электронного устройства, обеспечивающего сбор данных и формирование программы включения АП, антенны и источника питания. В ряде случаев для повышения точности определения координат на АП устанавливается приемник навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS с отдельной антенной.

Летные испытания ИСЗ подтвердили основные проектные характеристики системы «Курс». Важным результатом летных испытаний является об-

наружение практически незначительного уровня помех от земных источников в диапазоне частот 405,9 МГц на входе бортового приемника-процессора. Под воздействием помех число ложных посылок в памяти ИСЗ не превышает 30 за сутки. В процессе летных испытаний было установлено, что минимальная мощность радиомаяка со штыревой антенной, при которой система обеспечивает в течение сеанса связи достоверный прием сообщения и определение координат со среднеквадратичным значением круговой ошибки менее 1 км, составляет 0,4 Вт.

В демонстрационных испытаниях системы, которые проводились в 1996-2001 гг., принимали участие организации Минтранса, Росгидромета, Минэкономики и РАН (всего 10 организаций). Было реализовано 15 демонстрационных проектов с использованием всех типов радиомаяков, характеристики которых были приведены выше. Перечень демонстрационных проектов, сроки их проведения и район расположения РМ-405 приведены в табл. 3.

Таблица 3

Перечень применений системы «Курс» в 1995-2001 гг.

Дата	Тип объекта потребителя	Тип радиомаяка	Маршрут	Выходные данные потребителю	Центр потребителя
22.10-31.10.1995 г.	Ж. д. вагон	АКРМ СРМ	Москва – Курск– Москва	Координаты, цифровые данные	ВОСО МО РФ
24.07-05.08.1995 г.	Речное судно	РМ-МАРАН	Москва – С.Петер бург	Координаты судна	ГП «Морсвязь-спутник»
05.03-18.06.1996 г.	Экспедиционное морское судно	РМ-МАРАН	С.-Петербург –Антарктида – С.-Петербург	Координаты	НИИ АА, ЦНИИ МАШ
19.03-18.06.1996 г.	Автоматическая метеорологическая станция	РМ-БИМП	г. Обнинск Моск. обл	Цифровые данные, координаты	ЦКБ ГМП
23.05-01.06.1996 г.	Биосферный заповедник	СРМ	п. Эрзин, Тува	Цифровые данные, координаты	Институт леса РАН
12.06-15.06.1996 г.	Легковой автомобиль	АКРМ-«Курс», АТ-«Гонец», АГТ- G «Аргос»	Москва – Н. Новгород – Москва	Цифровые данные, координаты	НИИТП CLS Франция
30.04-01.05.1996 г.	Журавль-стерх	РМ-П	Окский Заповедник	Координаты	ВНИИ «Природа»
1997 г.	Дрейфующий морской буй	ЛОБАН	Черное море	Координаты	Морской гидрографический институт НАН Украины
1998 г.	Трейлер - автомобиль (VOLVO)	АКРМ	Москва – С.-Петербург	Координаты	Государственный таможенный комитет

Дата	Тип объекта потребителя	Тип радиомаяка	Маршрут	Выходные данные потребителю	Центр потребителя
03.08-11.01.1998 г.	Журавль-стерх	РМ-П	Салехард (Россия) – дельта Ганга (Индия)	Координаты	ВНИИ «Природа»
Лето 1998 г.	Судно «Выборг»	РМ МАРАН	Финский залив	Координаты	Федеральная пограничная служба России
Май - июль 1999 г.	Дельфин	РМ-М	Черное море	Координаты	ИПЭЭ им. А. Н. Северцова РАН
Февраль-август 1999 г.	Дрейфующий морской буй	ЛОБАН-М	Охотское море	Координаты	ГУП «САХАЛИНГЕОИНФОРМ»
Июль-по наст. время (2001 г.)	Пограничные сторожевые корабли ФПС России	МАРАН и МАРАН-М	Черное, Баренцево и Балтийское моря	Координаты	Федеральная пограничная служба России
Август – ноябрь 2001 г.	Дельфин, белуха	РМ-Д	Черное и Охотское моря	Координаты	ИПЭЭ им. А. Н. Северцова РАН

Система предоставляет услуги потребителям в двух основных ситуациях:

1. Объект бедствия подвижен, но не может определять свое местоположение. Система должна сама определить координаты объекта и передать в центр потребителя сообщение, номер объекта и его координаты. В качестве объектов в этом случае выступают большинство самолетов и судов, легковые и грузовые автомобили, а также крупные птицы и млекопитающие.

2. Объект стационарен, его местоположение известно, система должна передать в центр потребителя номер объекта и телеметрическую информацию о характере его состояния. К таким объектам можно отнести все промышленные объекты, атомные станции, нефте- и газопроводы, военные склады и т. п.

В 1998-2000 гг. система «Курс» участвовала в демонстрационных и войсковых испытаниях в интересах Федеральной пограничной службы РФ.

В июле-августе 1998 г. радиомаяк морского типа МАРАН был установлен на судне Федеральной пограничной службы проекта 11662П, который принимал участие в учениях (КСОУН -98) в Финском заливе. Система «Курс» обеспечивала контроль местоположения судна, имитировавшего судно-нарушитель территориальных вод. Точность определения координат судна составила 2,8 км (среднее квадратичное значение ошибки радиус вектора).

В июле-сентябре 2000 г. судовые радиомаяки «МАРАН» и «МАРАН-М» были установлены на суда ФПС в Черном, Баренцевом и Балтийском морях.

Для участия в испытаниях были подготовлены два серийных морских спутниковых радиомаяка типа МАРАН. Также в испытаниях были использованы вновь разработанные в 2000 г. морские спутниковые радиомаяки типа «МАРАН-М», имеющие в своем составе навигационный приемник

ГЛОНАСС\GPS, благодаря которому «МАРАН-М» передает в своем сообщении координаты местоположения объекта с точностью 100 м.

Сигналы этих РМ принимались приемником-процессором ИСЗ «Курс»-КОСПАС.

По наземному телефонному каналу связи со СПОИ-1 полученные данные передавались в ЗАО «Транснетсервис» (центр потребителя) для отображения навигационных данных на картографических средствах типа «Навигатор-100П» (рис. 1).

2. Результаты испытаний

Всего с июля по сентябрь 2000 г. было установлено два радиомаяка «МАРАН» и один «МАРАН-М».

11 июля 2000 года на ПСКР №665 во время его стоянки у причала в Цемесской бухте г. Новороссийска (с. ш. $44^{\circ} 43,64'$, в. д. $37^{\circ} 46,49'$) был установлен радиомаяк типа «МАРАН» №0001.

Второй «МАРАН» № 0008 был установлен 8 августа 2000 года на патрульный корабль «СКАТ» во время его стоянки в Кольском заливе у причала дивизиона транспортов снабжения в г. Мурманске (с. ш. $68^{\circ} 57,16'$, в. д. $33^{\circ} 01,67'$).

Третий «МАРАН-М» №000С был установлен 19 сентября 2000 г. на ПСКР №708 во время его стоянки во внутренней гавани г. Балтийска (с. ш. $54^{\circ} 38,92'$, в. д. $19^{\circ} 54,43'$).

На конец ноября 2000 года от трех РМ-405 было получено более 1500 определений координат, из которых примерно 30% – при движении судов.

По результатам испытаний средняя точность определения координат неподвижного судна составила 1,1 км на ходу при скорости 9–11 уз. СКО составило 3,5 км.

Трассы нахождения судов ФПС РФ, определенные системой «Курс» представлены на рис. 4 и рис. 5.

Основная рекомендация ФПС России к подсистеме «Курс» – увеличение в 2–3 раза числа определений местоположения в сутки, что требует наличия не менее 2-х космических аппаратов в системе.

В первой половине 2002 г. планируется запустить очередной ИСЗ КОСПАС-«Курс», на котором бортовой радиокомплекс может работать по выбору как в режиме КОСПАС, так и в режиме «Курс». В дальнейшем на всех ИСЗ, обеспечивающих функционирование системы КОСПАС в соответствии с международными обязательствами России, будет установлена аппаратура приема и обработки сигналов от РМ системы «Курс» для работы одновременно с аппаратурой приема и обработки сигналов системы КОСПАС. После запуска второго ИСЗ системы «Курс» с бортовым приемником-процессором второго поколения в 2002 г. существенно сократится время доставки и количество передаваемой информации потребителю увеличится до 240 бит.

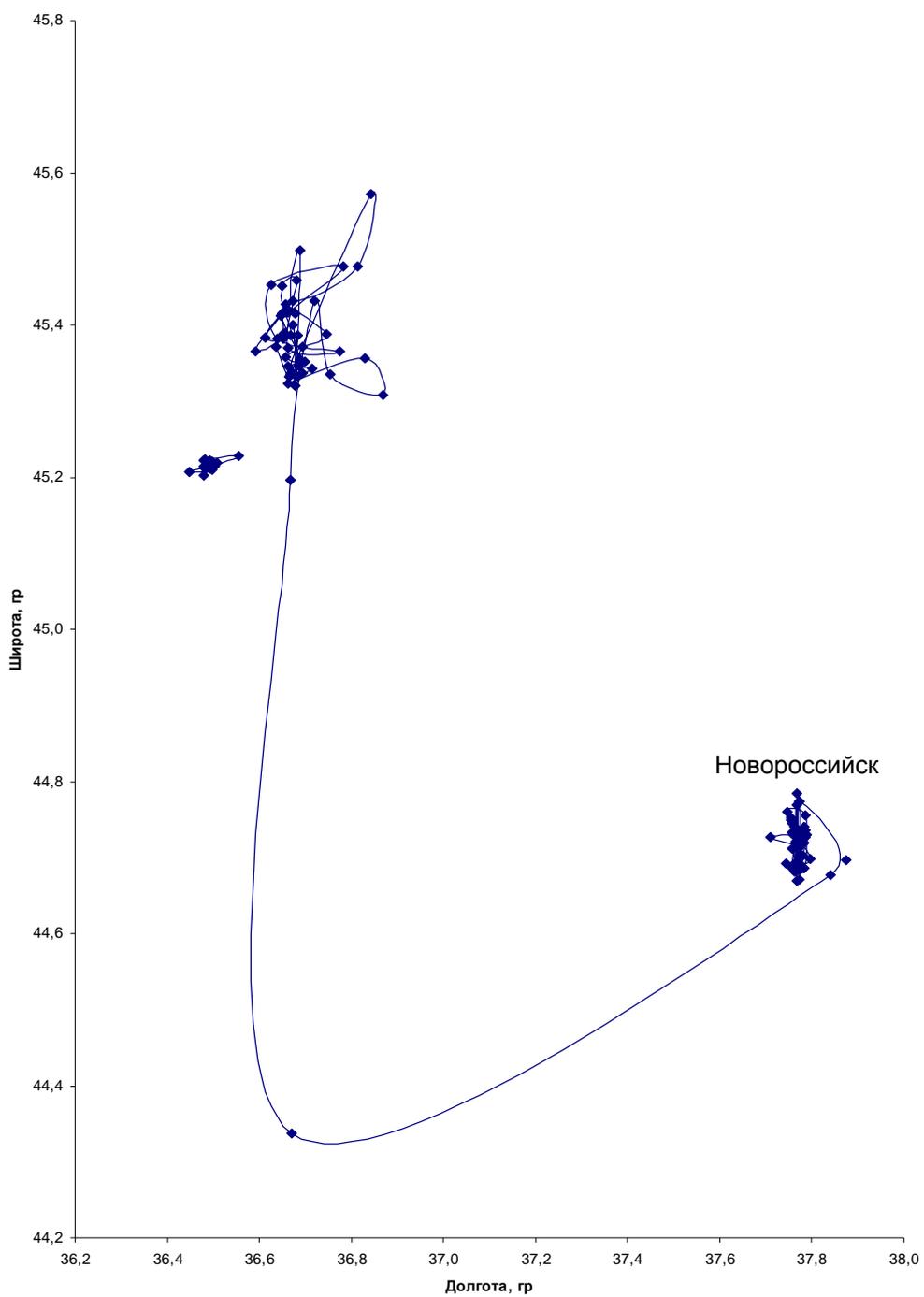
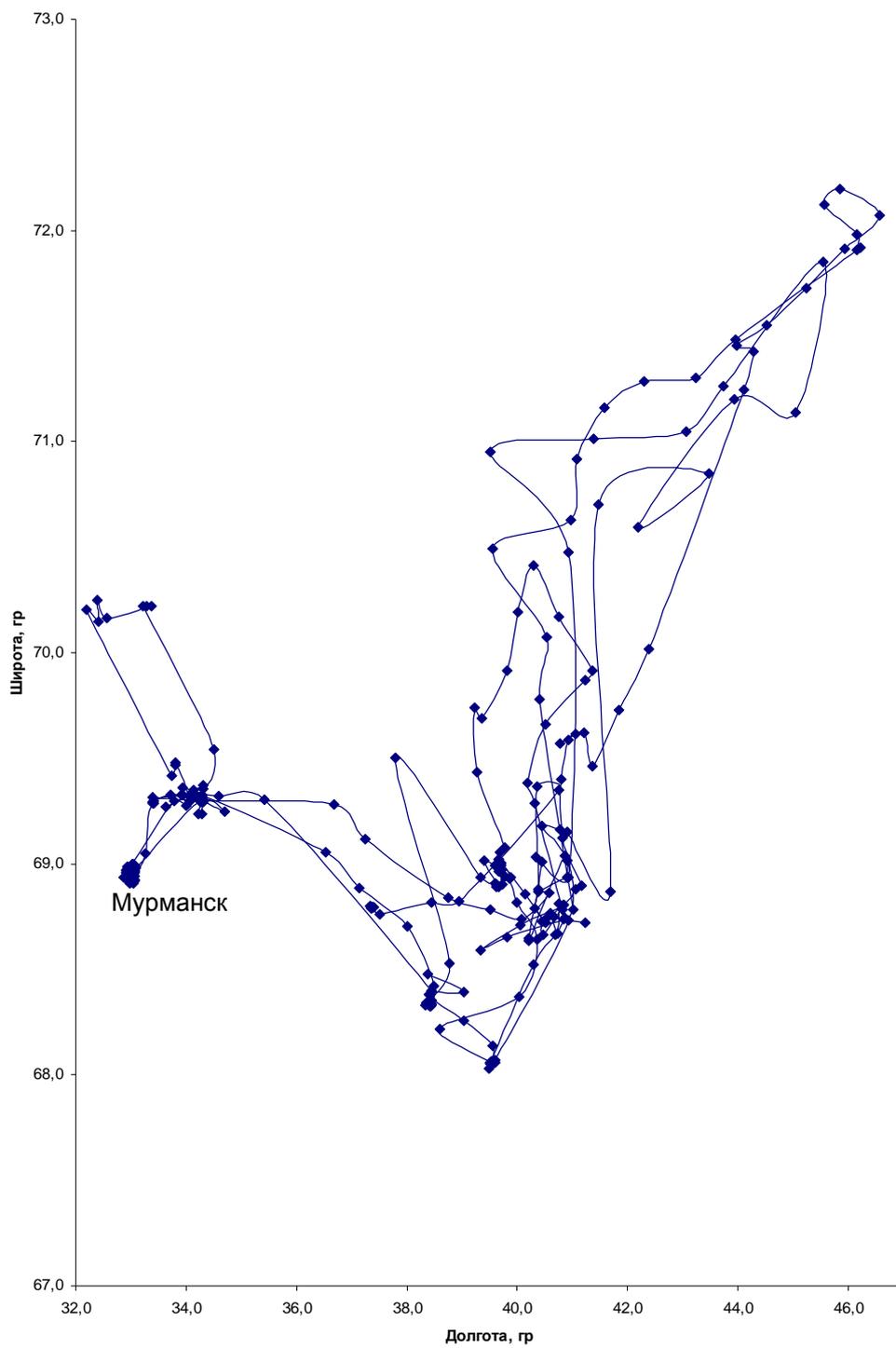


Рис. 4. Район нахождения ПСКРН№665 с СРМ «МАРАН» №0001. Черное и Азовское море



**Рис. 5. Район нахождения ПС «Скат» с СРМ «МАРАН» №0008.
Баренцево море**

В системе «Курс» предполагается как централизованное, так и децентрализованное получение данных с АП. В первом случае используются региональные центры приема, обработки и распределения данных. СПОИ, оснащенные аппаратурой, способной работать с ИСЗ системы «Курс», размещены в гг. Москве (рис. 6), Архангельске и Находке. На них установлена приемная антенна диаметра 1,3 м для приема сигнала с ИСЗ и аппаратура обработки информации.



Рис. 6. Антенна малой СПОИ системы «Курс» при испытаниях в 2001 г. в г. Москве

При децентрализованном распределении информации малогабаритные станции приема и обработки (МСПОИ) могут размещаться непосредственно у владельцев аппаратуры потребителя. Осенью 2001 г. завершены испытания малой станции приема данных с ИСЗ «Курс» массой ~8 кг, которую можно установить в любом месте, где есть источник питания ~220В/50 Гц. Приемная антенна МСПОИ (рис. 7) представляет собой спиральную антенну с приводом в радиопрозрачном колпаке и аппаратуру обработки данных размерами 400х200х200 мм в персональном компьютере.



Рис. 7. Приемная антенна МСПОИ и ПЭВМ обработки данных

Итак, говоря о перспективах использовании системы «Курс» в будущем, следует подчеркнуть главные ее преимущества:

- хорошо отработанная технология обслуживания морских потребителей, основанная на опыте работы системы КОСПАС;
- возможность передавать в посылке РМ «МАРАН-М» координаты, определенные навигационным приемником GPS/ГЛОНАСС, что позволяет улучшить точность определения местоположения движущихся морских объектов до 100 м;
- способность децентрализованной передачи информации с использованием малой станции приема, устанавливаемой непосредственно у владельцев АП;
- возможность передавать телеметрическую информацию размером 144 бит за один сеанс связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашов А. И., Зурабов Ю. Г., Пчеляков Л. С. и др. Международная космическая радиотехническая система обнаружения терпящих бедствие. Москва: Радио и связь, 1987. – 376 с.
2. Селиванов А. С., Рогальский В. И., Дедов Н. В. Космическая система сбора природоресурсных данных с наземных платформ и определения их местоположения («Курс») // Современные технологии автоматизации –1997. – № 3. – С. 36–41.
3. Селиванов А. С., Рогальский В. И., Дедов Н. В., Подъячев В. Г. Определение трассы перелета журавлей с помощью Космической системы КОСПАС-«Курс» // Space bulletin. – 1998. – № 2. – С. 12–17.

A. S. Selivanov, V. I. Rogalsky, N. V. Dedov, D. B. Shtefanov, A. G. Zaharov

Results of Employment of the «Kurs» Space System for Fixing the Position of the Marine Vessels

The results of employment of the «Kurs» space system for fixing the position of the marine vessels are presented.

The main tactical characteristics and specifications of the «Kurs» space system, its composition and principle of operation are set forth.

The characteristics of the user equipment for the «Kurs» space system and small station for information reception and processing are given. The principal results of the demonstrational tests, obtained in the interests of the Federal Border Service of Russia in 2000-2001 are presented.

THE NAVIGATIONAL AND HYDROGRAPHICAL PROVISION FOR SHIPS' SPECIAL TASKS: ITS STATE AND DEVELOPMENT TENDENCIES

**Z. KOPACZ,
W. MORGAS,
J. URBANSKI**

(The Institute of Navigation and Hydrography,
The Naval Academy, Gdynia)

There exist a lot of ship's tasks whose effective realization and even the possibility of realization demand to organise and conduct the navigational and hydrographical provision. These task are called the special ships' tasks or «navigational» ships' tasks.

The main principles of navigational and hydrographical provision of these tasks are presented. The types of ships tasks, but especially the ships' special tasks, are specified. The ships navigation process as the function of the type of the ships' tasks is discussed. The substance as well as the means and ways of the navigational and hydrographical provision of the ships' special tasks, as well as the development trends of this provision are also presented.

INTRODUCTION

There is a lot of ships' tasks, besides the ships' tasks, whose effective realization, or even the realization possibility, depends upon the navigational and hydrographical provision. We assume, according to the Webster's New Word Dictionary, that the term «provision» means «a preparatory arrangement of measures taken in advance for meeting some future needs». In this paper, the term «navigational and hydrographical provision», means «the carrying out of the set of navigational and hydrographical activities for creating and maintaining the necessary navigational and hydrographical conditions which enable the realization of ships' special tasks», i. e. such ships' tasks as «mine warfare tasks» and other similar ships' tasks. In this paper, there are discussed the ships' tasks which need such navigational and hydrographical provision. There are also discussed the means and ways of the navigational and hydrographical provision, as well as prospective changes of this provision.

In the not very distant past, the main reason for organizing and realizing the navigational and hydrographical provision was mainly, and almost exclusively, the insufficient positioning accuracy provided by the commonly available positioning systems. Therefore, it was necessary, for example for «mine sweeping» and in other similar cases, to ensure the higher positioning accuracy than that commonly available for ships at sea. This end was achieved thanks to additional navigational and hydrographical activities performed before and during realization of the ships' special tasks. These additional activities contained usually the creation of special additional local navigational infrastructure which ensured the higher positioning accuracy, as well as preparation, usually by the Hydrographical Office, the additional great-scale charts, with drawn position-lines nets, in order to increase the position-fixing frequency, i.e. in order to use properly and entirely the provided positioning accuracy. But now (2000), the problem of positioning has been considerable changed. The Differential Global Positioning Systems (DGPSs) are widely used. They ensure the accuracy of 3–8 m with 95% probability, i. e. with position accuracy expressed by the two distance root-mean-square errors (2 drms). This accuracy is sufficient for the realization of the most traditional ships' special tasks. However, besides the traditional ships' special tasks, there have arisen and are further arising the new ships'

special tasks. The permanently growing exploration and exploitation of the sea-bottom resources, as well as, being-in-progress, the process of transition of the naval warfare activities from the sea surface to the sea-subsurface, and to sea bottom, result in the permanent increasing the demand for organization and realization of the navigational and hydrographical provision of ships' special tasks. Therefore, now, there is needed not only the accuracy of 1–5 m (2 drms), and in many cases much more higher, but there are also needed the additional new kinds of underwater information, particularly, the hydrographical one.

The main reasons for organizing and realizing the navigational and hydrographical provision of ships' special tasks are:

- the huge demand for comprehensive underwater information, especially for sea-bottom information, including not only sea-bottom-sediment information but also information regarding hydroacoustical, hydromechanical, and other kinds of sea-bottom properties;
- the increased demand for precise conducting the ships along the planned tracks, or for maintaining by them the fixed positions, while performing their special tasks;
- the necessity to satisfy very high accuracy requirements for manned and unmanned underwater vessels and their activities.

In the last 20 years, the huge progress took place in the development of the electronic position-fixing systems, especially their differential variants; in the development of the echosounders and sonars; and in the automation and computerization of the ships' navigation systems and their integration with other ships systems, particularly, with ships' tasks realization systems.

The above-mentioned progress influenced also in very high degree the means and ways of navigational and hydrographical provision of ships' special tasks. Below, there are discussed the following issues of navigational and hydrographical provision of ships' special tasks:

- the types of ships' tasks and definition of ships' special tasks;
- the ship's navigation process as the function of the type of ships tasks;
- the substance and definition of the navigational and hydrographical provision of the ships' special tasks;
- the realization possibilities of the navigational and hydrographical provision of ships' special tasks;
- the development trends of navigational and hydrographical provision of ships' special tasks.

1. THE TYPES OF SHIPS TASKS AND THE DEFINITION OF SHIPS SPECIAL TASKS

Each ship, both combat and non-combat, is built, equipped and trained to fulfil one or several tasks. Many ships, such as transporting, fishing, hydrographic, etc. are one-purpose ships. Now, there are also developed the new kinds of one-purpose ships for new kinds of human activities at sea, particularly, for exploration and exploitation of the sea-bottom resources. However, the combat ships are, as a rule, the multi-purpose ships. This principle is being strengthened and deepened. The idea of building «the arsenal ships» and many similar events, corroborate this

principle. Besides the above ships, there are also developed and deployed the new and new kinds of manned and unmanned underwater vessels, chiefly for waging special warfare activities in coastal waters, in harbours, etc., and for technical supervising and maintaining the facilities of the sea-bottom-exploitation industries. The tasks of all ships can be divided into three following groups:

- transporting tasks;
- sea-surface tasks;
- underwater tasks.

The main criteria of such division of ships' tasks are the following:

- where the object of ship's tasks is situated;
- what kind of additional information is needed for realization of this kind of ship's tasks;
- what standard navigation subprocess should be modified to realize this kind of ships' tasks.

In the group of ships' transporting tasks the following tasks can be included:

- transport of goods and persons;
- sea-tourism;
- yachting and boating (rowing, sailing and cruising), and many other similar tasks.

This group of tasks is being characterized by the following facts:

- the object of ship's tasks is located on board of own ship;
- there is not needed any other additional environmental information, apart from information which is needed for safe and efficient conducting the ships at sea, i.e. for realization of the ships' standard navigation process;
- there is not needed any modification of ship's standard navigation subprocess (cf. Fig. 2).

In the group of the ships' sea-surface tasks the following tasks can be included:

- anti-air warfare tasks;
- anti-surface warfare tasks;
- strike warfare tasks;
- electronic warfare tasks;
- sea-logistic tasks;
- ensuring the «maritime safety» tasks (maintaining the operation of navigational infrastructure; operating the ships navigation assistance service; operating search and rescue service; operating the marine environment protection service, and others);
- maritime law enforcement tasks (interdiction of smuggling and drug trafficking, prevention of illegal immigration, enforcement of fishing control regulations, protection of off-shore resources, etc.).

This group of tasks is characterized by the following facts:

- the object of ships' tasks is located outside the ship, at the sea surface or above it;
- there is needed more comprehensive hydrometeorological information;
- there is needed the modification of the ship's standard navigation subprocess, i.e. «the ships maneuvering and handling subprocess» (cf. Fig.3).

In the group of the ships' underwater tasks the following can be included:

- anti-submarine warfare tasks;
- mine warfare tasks (mine laying and carrying out the mine countermeasures);
- special warfare tasks;
- the amphibious warfare tasks;
- hydrographic surveying;
- establishing the floating aids to navigation;
- oceanographic investigations;
- geophysical surveying;
- geotechnical investigation and well drilling;
- setting up the off-shore platform construction;
- pipe and cable laying;
- off-shore structures monitoring;
- dredging;
- searching and removing the underwater obstacles;
- underwater archeology searching, and many other tasks.

This kind of tasks can be characterized by the following facts:

- the objects of the ships' tasks are situated outside the ships and under the water;
- there is needed more exact and more comprehensive underwater information, i.e. oceanographic, hydrographic, and very often, the geophysical information;
- there is needed the modification of these ship's standard navigation sub-processes which enable the accurate conducting the ships along planned tracks, or maintaining them over fixed positions, while performing their special tasks (cf. Fig. 4).

However, the ships' underwater tasks are not homogenous. They can be divided into the main subgroups:

- the ships underwater tasks whose tasks' objects are situated below the sea-surface, but they are not durably connected with the fixed positions of the sea bottom;
- the ships' underwater tasks whose tasks' objects are situated under the sea-surface and they are constantly connected with the fixed positions of the sea bottom.

To the first subgroup of the ships' underwater tasks belong such tasks as:

- submarine warfare tasks;
- oceanographic investigation tasks;
- sea fishing tasks and other similar tasks.

The navigational and hydrographical provision of the above subgroup of the underwater ships' tasks is similar to the navigational and hydrographical provision of ships' sea-surface tasks, and, therefore, they are not subject of further considerations.

To the second subgroup of the ships underwater tasks belong all other underwater tasks, i. e.:

- mine warfare tasks (mine laying, mine sweeping, mine hunting, mine demolishing);
- special warfare tasks;

- amphibious warfare tasks;
- hydrographic surveying;
- establishing the floating aids to navigation;
- geophysical surveying;
- geotechnical investigation and well drilling;
- off-shore platform constructing;
- pipe and cable laying;
- dredging;
- searching and removing the underwater obstacles;
- underwater-archeology searching and others.

Only the second subgroup of the ships underwater tasks are considered as the ship's special tasks and so they are understood in this article.

2. THE SHIP'S NAVIGATION PROCESS AS THE FUNCTION OF THE TYPE OF THE SHIPS TASKS

The ship can be considered as a super system composed of four systems each of which realizes the proper ship's process, i. e. (Fig. 1) [1]:

- ship's command and control process;
- ship's propulsion and energy supplying process;
- ship's navigation process;
- ship's tasks realization process.

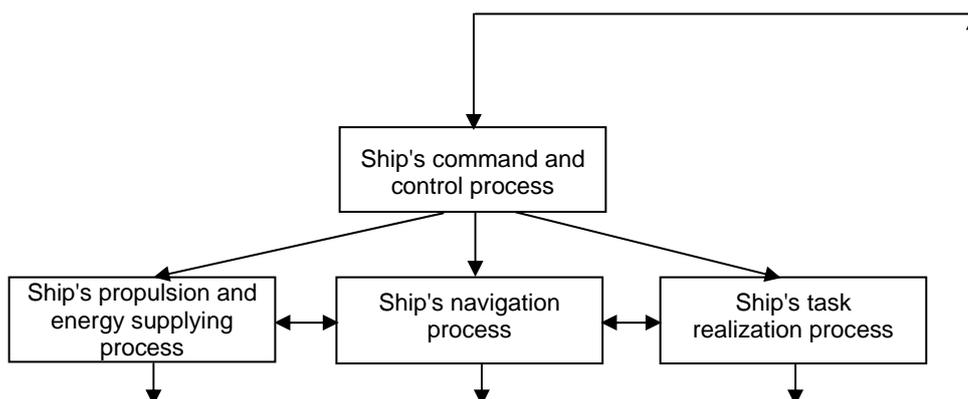


Fig. 1. The ship's navigation process as the constituting part of the ship's assignment process

It is obvious that the ship's navigation process must be adapted to the types of ship's tasks.

In the Table 1, there are shown the main features of the ship's navigation process, being the function of the type of ships' tasks.

Table 1

The main features of ship's navigation process as a function of the type of the ships' tasks

Kind of ships' tasks	Ships' transporting tasks	Ships' sea-surface tasks	Ships' special tasks
Main features of ship's navigation process			
Name of ship's navigation process	Ship's standard navigation process	Ship's expanded navigation process	Ship's special navigation process
Main objective of ship's navigation process	Safe and efficient conducting the ship from one place to another	Safe and efficient conducting the ship from one place to another and facilitating realization of her sea-surface tasks	Safe and efficient conducting the ship from one place to another and enabling realization of her special tasks
Main modification of the ship's navigation process	No modification of the standard ship's navigation process	Modification of subprocess: inf = information acquisition, ... etc., man=maneuvering and handling the ship,	Further modification of the subprocess: inf = information, etc. and modification of subprocess; pln = voyage planning, etc. pos = ship's positioning
Number of figure illustrating the ship's navigation process	Fig. 2	Fig. 3	Fig. 4

In Fig. 2 the ship's standard navigation process and its subprocesses are shown.

In Fig. 3 the ship's expanded navigation process is shown, i. e. the modified ship's standard navigation process for realization of the ships' sea-surface tasks.

In Fig. 4 the ship's standard navigation process adapted for realization of the ship's special tasks is shown.

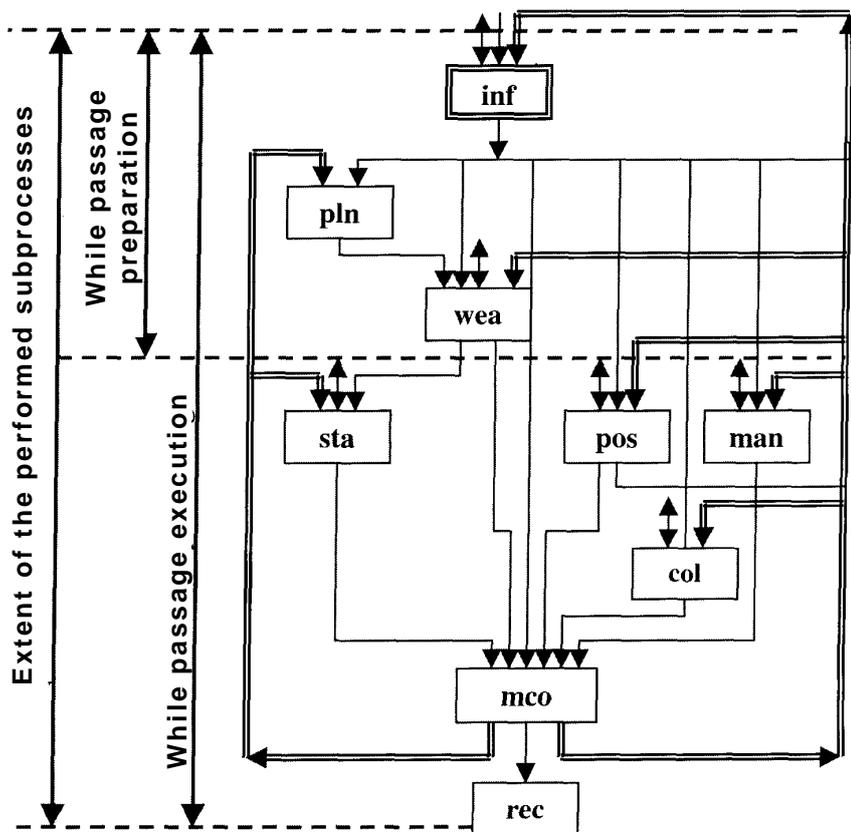


Fig. 2. The (standard) ship's navigation process and its subprocesses

inf name of the ship's navigation subprocess (the names of the subprocesses are given in the text);

 → received and own information;

 ↔ ship's measurements and observation;

 ⇒ feedback and control information

 inf – information acquisition and storing;

 pln – voyage planning;

 wea – weather-damage minimizing;

 sta – stabilizing ship's course or track;

 pos – ship's positioning;

 man – ship's maneuvering and handling;

 col – collision avoidance;

 mco – monitoring and controlling ship's navigation process;

 rec – ship-voyage-data recording

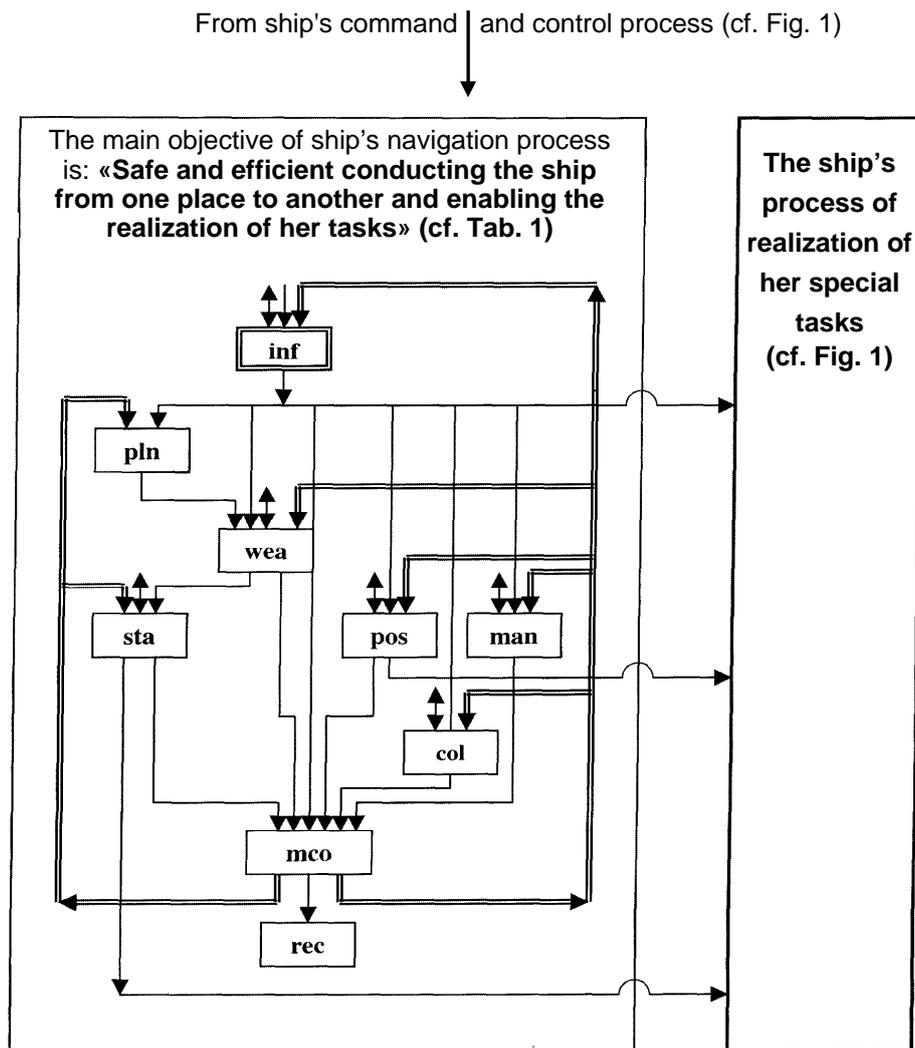


Fig. 3. The ship's navigation process adapted for realization of ship's sea-surface tasks (cf. also Fig. 2)

pos standard navigation subprocess;
 inf modified navigation subprocess;

 ↔ measurements and observations

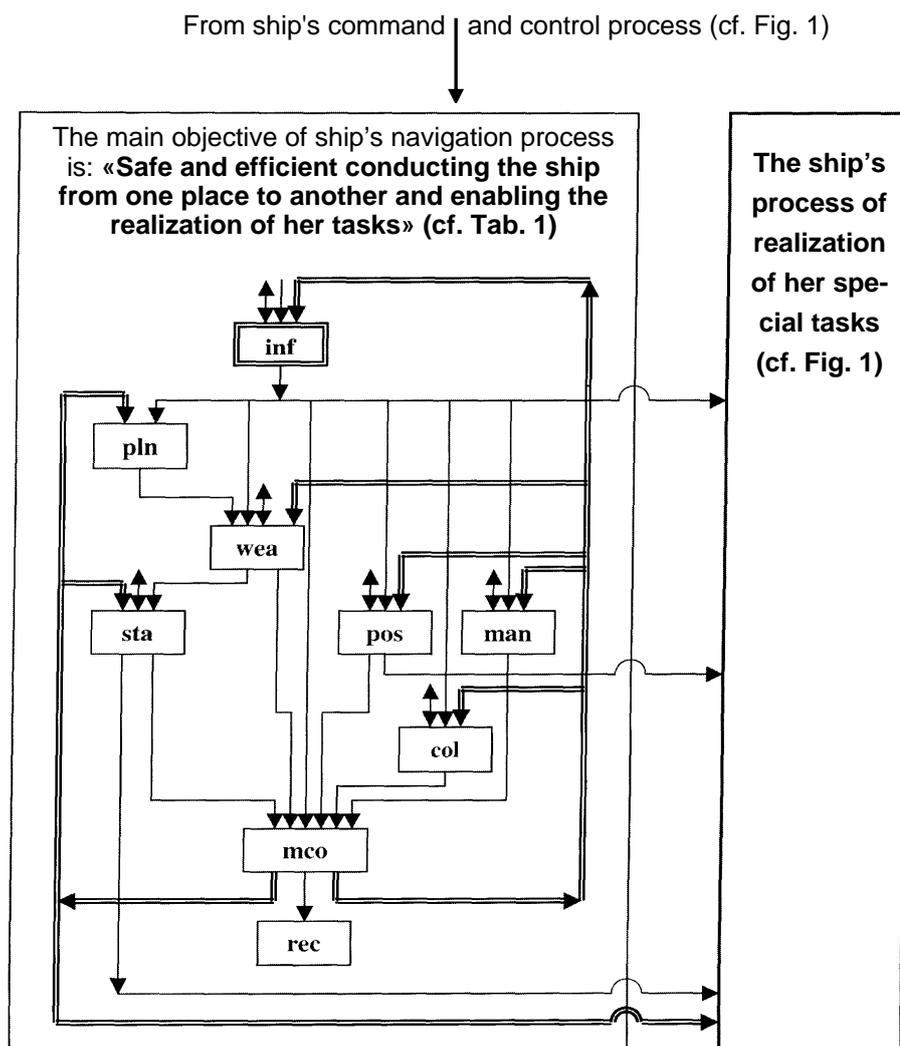


Fig. 4. The ship's navigation process adapted for realization of ship's special tasks

pos – standard navigation subprocess; **man** – modified navigation subprocess, to perform ship's sea-surface tasks; **pln** – modified navigation subprocess to perform ship's special tasks; **inf** – modified navigation subprocesses to perform ship's sea-surface tasks and special tasks; \leftrightarrow measurements and observations

3. THE SUBSTANCE OF THE NAVIGATIONAL AND HYDROGRAPHICAL PROVISION OF THE SHIPS' SPECIAL TASKS

Before defining the purpose, objectives and substance of the navigational and hydrographical activities constituting the navigational and hydrographical provision of ships special tasks, several remarks should be made to confine the subject of the further considerations:

- the activities of the navigational and hydrographical provision of ship's special tasks do not include the activities whose objective is only «the safe and ef-

efficient conducting the ship at sea from one place to another» i. e. the activities which comprise the standard navigation process, but only these additional activities which enable and ensure the realization of ship's special tasks (cf. Fig.2 and Fig. 4);

- the ship's navigation process of the ships carrying on their special tasks is being realized now by means of the special navigation systems, i.e. by the systems which realize the ship's special navigation process, at it is shown in Fig. 4 [1];

- the main objective of the activities constituting the navigational and hydrographical provision of ships special tasks is to create and maintain such additional conditions which make possible for the ships to perform their special tasks.

The additional navigational and hydrographical activities which should be done to enable the ships to perform their special tasks comprise two kinds of activities:

- the first kinds of navigational and hydrographical activities constitute the activities whose main objective is to supply the ships with additional underwater information, particularly, with the additional hydrographical information necessary for carrying out their special tasks. The most suited presentation form of such information are the charts (paper and digital), usually in very great scale, presenting the needed kinds and form of presentation of sea-bottom information of the areas where the special tasks are going to be performed.

- the second kinds of additional navigational and hydrographical activities constitute the activities whose main objective is to increase the ships positioning accuracy to the necessary level for ensuring the realization of the ship's special tasks. These activities comprise usually the establishing the additional aids to navigation, including special electronic position-fixing systems.

However, the above remarks call for additional explanations:

- the today's navigational activities constituting the navigational and hydrographical provision of ships special tasks are composed of the activities which almost do not belong to the standard ship's navigation process. They create only the necessary conditions outside the ships, i. e. they create the additional sources of the underwater information, particularly, the sources of the hydrographical information. They also create the additional elements of the navigational infrastructure, which enable the ships to be conducted along the planned tracks with needed accuracy, or to be maintained in the fixed positions. It should also be mentioned that in the not very distant past, i. e. even when the electronic position-fixing systems were not yet fully automated, it was necessary to provide many additional procedures to ship's navigation process (prepare special plotting sheets, plot manually the planned ship's track, etc).

Taking into account the above considerations, the main objectives of the navigational and hydrographical provision of the ships' special tasks can be defined as follows:

«The main objective of the navigational and hydrographical provision of the ships' special tasks is to create and maintain the necessary additional navigational and hydrographical conditions which enable the ships to perform their special tasks». The main substance of the navigational and hydrographical provision of the ships' special tasks constitute the activities belonging to two main kinds of navigational activities, i. e.:

- the activities dealing with gathering and supplying the ships with additional kinds of hydrographic information necessary for realization of the ships special tasks;
- the activities dealing with improving the local navigational infrastructure to ensure the conditions for conducting the ships along planned tracks or maintaining them in the fixed positions with the required accuracy.

4. THE REALIZATION POSSIBILITIES OF THE NAVIGATIONAL AND HYDROGRAPHICAL PROVISION OF SHIP'S SPECIAL TASKS

It can be assumed as a dogma that the realization of the ships' special tasks needs the preparation and carrying on the navigational and hydrographical provision of the ships' special tasks (cf. section 2 and Fig.4).

The second dogma is that the navigational and hydrographical provision of ships special tasks comprise always the following activities of the navigational support:

- supplying the ships with the proper additional hydrographic information, particularly, with bathymetric data, which include also the hydroacoustical and hydromechanical properties of bottom-sediments strata;
- establishing the additional proper electronic position-fixing systems ensuring the required positioning accuracy for ships carrying on their special tasks;
- fitting the ships with the proper additional shipborne navigational systems enabling the ships to be conducted along the planned tracks or maintained at the fixed positions with required accuracy, and enabling proper cooperation with ships special tasks realization systems (cf. Fig. 1 and Fig. 4). Although the navigational and hydrographical provision of ships special tasks always comprises all the above activities, there is a lot of differences in preparation and realization even of similar ships special tasks.

These differences depend upon many reasons, but mainly on:

- the kind of the realized ships' special tasks, i.e. technology of carrying on this kind of special tasks (dredging, pipe laying, mine sweeping, mine hunting, etc.);
- location of the areas where this kind of special tasks is to be performed;
- the experience regarding the realization of navigational and hydrographical provision of this kind of special tasks (whether this special task is realized for the first time or it is a common special task).

However, the most important factor influencing the quality of preparation and realization of navigational and hydrographical provision is the possibility of procuring and therefore, having for disposal the modern means of the navigational and hydrographical provision of ship's special tasks. The degree of the up-to-dateness of being to disposal of the technical equipment and systems of navigational and hydrographical provision is the main factor deciding upon the navigational activities to be performed while preparation and realization's phases of the navigational and hydrographical provision of ships' special tasks. The range of the possible solutions is really very broad (e. g. paper charts, and plotting sheets or ECDIS). For sea bottom examination and, therefore, for supplying the ships, realizing special tasks, such as pipe laying, dredging, searching the wrecks, etc. with the necessary hydrographical information, a lot of various types of sea-bottom-examination systems can be used. The technological progress in this area is tremendous, especially dur-

ing the last 20 years. The following types of echosounders and sonars are most representative [2]:

- monochromatic single beam echosounders;
- monochromatic multibeam echosounders;
- side-scan sonars and side-looking sonars (towfish sonars);
- search sonars;
- mixed echosounders (single beam echosounder and side-looking echosounder);
- two and more frequency echosounders;
- parametric echosounders;
- «chirp» sonars and others.

For example, there is a broad variety of multi-beam echosounders. They can incorporate from 2 to 180 beams which are transmitted from one or two transducer arrays. The angular coverage sectors, i.e. the beam sector, are contained within the sector range from about 60° to 160°. The sounding systems provide high precision mapping with 100 percent coverage. The width of swath can reach 8 depths. They allow also 3-D presentation. These systems are now most modern. But they are yet very expensive. However, they are expected to be commonly used in several years. The horizontal scanning sonars (search sonars) are now highly accurate survey tools. They can easily locate even 2-inch wire at 40 m distance. For investigation and classification of sea-bottom sediments, there are applied two and more frequency echosounders, «chirp» sonars and others. For the navigational and hydrographical provision of ships' special tasks, various electronic position fixing systems are used. In Table 2, the marine surveying accuracy requirements for several ships' special tasks are shown.

Table 2

Marine Surveying Accuracy Requirements for Several Kinds of Ship's Special Tasks

Kind of ship's special tasks	Accuracy (2 drms)
Charting	
- harbours and wharves	1–2 m
- roadsteads and anchorages	5–10 m
- coastal waters	10–25 m
Sea Floor Mapping EEZ (200 N.M.)	66 m
Establishing navigational aids in restricted waters	3 m
Defining territorial boundary (12 N.M.)	10m
3-D seismic survey	10m
Pipe laying	2–20 m
Site survey recovery and reentry	10–20m
Construction works	1–2 m
Dredging	2–10 m
Mine hunting	2–5 m
Future 3-D seismic survey	25cm
Offshore structure monitoring (static)	cm-level

In Table 3, there are shown the available levels of accuracy for navigational and hydrographical provision of ships' special tasks and adequate land and space-based electronic position-fixing systems.

Table 3

The Available Accuracies for Navigational and Hydrographical Provision of Ship's Special Tasks and Adequate Electronic Position Fixing Systems [3, 4, 5, 6]

Level of available accuracies (2 drms)	Kinds of Electronic Position-Fixing Systems	Range, (NM)	Remarks
5–25 m	2 MHz Phase Comparison Systems (Radist, Hyperfix, etc.)	100–180	
5–10 m	Differential Global Positioning Systems	150–200	
1–5 m	Microwave Direct Range Systems (Trisponder, Syledis, Artemis, etc.) European Geostationary Overlay System (EGNOS) Modified GPS System	horizontal (20–25) regional global	by 2003 by 2008
	GALILEO System	global	by 2009
0,5–1m	Microwave Phase Comparison Systems (Tellurometer, etc.), and Laser Systems	horizontal	
cm-level	After implementing the technology using the GPS Differential Carrier Phase Techniques		The search and tests proved the possibility of centimeter level real-time positioning

The data presented in this section corroborate the truth that there exists now a wide variety of means for carrying on the navigational and hydrographical provision of ship's special tasks, particularly for navigational support of special tasks performed by the combat ships.

5. THE DEVELOPMENT TRENDS OF THE NAVIGATIONAL AND HYDROGRAPHICAL PROVISION OF SHIPS SPECIAL TASKS

The development trends of naval warfare activities, as well as development of the other kinds of human activities at sea indicate explicitly that more and more human activities are performed under the sea surface, in the vicinity of the bottom, on sea bottom, in bottom sediments, and even beneath the sea bottom. There are also more and more manned and unmanned underwater vessels not only for special warfare activities and mine warfare activities but also for new and new kinds of underwater industrial activities, such as assembling, supervising, and maintaining the operation of the underwater exploitation infrastructure, etc. The above mentioned situation results in coming into being the new or the higher requirements for the means of navigational and hydrographical provision of ships special task's, but especially for:

- higher and higher positioning accuracy,

- new kinds of bathymetric and geophysical information including the information regarding the hydroacoustical and hydromechanical properties of sea-bottom sediments,
- further perfection of navigation systems of ships realizing the special tasks. It is obvious that the permanent development of science and technology in our «information age» will be able to satisfy all the new and higher requirements for navigational and hydrographical provision of ships' special tasks. Below, there are presented the most probable development trends of the navigational support of ships' special tasks.

The first trend consists in the development of the ships organic possibilities of permanent carrying on the navigational and hydrographical provision of ships' special tasks by the ships themselves. Almost all combat ships are getting more and more multi-purpose ships. For example, each combat ship should be also able, in the near future, to carry on some mine countermeasures activities (e. g. mine avoiding, mine hunting, mine demolishing). Therefore, the combat ships are getting also to be so equipped that they will be able to carry on permanently their special tasks. The above possibility is of most importance for all mine-warfare ships. The ensuring the organic possibilities of carrying on the navigational and hydrographical provision of ships' special tasks by the ships themselves means that the following requirements must be fulfilled:

- there must be available the space and/or coastal electronic position-fixing systems ensuring permanently the required positioning accuracy;
- the ships must be permanently supplied with the necessary underwater information [7];
- the ships navigation systems, being the constituting parts of the integrated ship's operation control systems, should realize the navigation process proper for ships performing the special tasks (cf. Fig. 4).

It is obvious that the organic possibilities of navigational support of ships' special tasks will be also developed by the one-purpose ships realizing the navigational activities belonging to the navigational and hydrographical provision activities (hydrographic and geophysic survey, establishing and maintaining floating aids to navigation, and others).

The second trend of the navigational and hydrographical provision of ships special tasks consists in the development of dedicated means and tools of navigational and hydrographical provision of ships' special tasks. Special integrated navigational and hydrographical provision services are created and maintained. They comprise, besides the classical navigational and hydrographical services, also the geophysical and geodesical services. They are composed of special built and equipped ships and underwater vessels and also own coastal electronic position-fixing systems. This trend regards mainly the marine industries exploring the resources, building the infrastructure and exploiting crude oil, gas and other sea-bottom deposits [8]. It means that the big sea-bottom resource-exploitation companies create their own services of navigational and hydrographical provision of the activities of these companies. These services comprise mainly the means of navigation, of hydrogeodesic service. It is worth to emphasize here that more and more geodesic methods are becoming gradually the navigational methods. It is the result

of that the real-time positioning methods are approaching the accuracies comparable with the accuracies of geodesic methods (cf. Table 3). However, besides the two above mentioned development trends of the navigational and hydrographical provision some ships' special tasks will remain outside the two main development trends. Moreover, there are coming into being the new ships' special tasks. Therefore, the classical methods of navigational and hydrographical provision, organised and maintained, when and where necessary, by the navigational and hydrographical services of the navies or other maritime institutions, will be further maintained and perfected. Nevertheless, the old means and tools of the navigational and hydrographical provision will be permanently changed, i. e. replaced by the more and more new means and tools of the navigational and hydrographical provision of ships' special tasks.

When preparing this article the data of the following works have also been used: [9–14].

REFERENCES

1. Kopacz Z., Morgas W., Urbanski J. The ship's navigation system and its integration with other ship's system into integrated ship's operation control system // *Zeszyty Naukowe AMW* – 1999. – Nr 1.
2. Szulc D., Urbanski J. The growing demand for more accurate information of sea bottom for naval ships // *Zeszyty Naukowe AMW*. – 1998. – Nr 1.
3. Global Navigation Satellite Systems. Proceedings of 2nd European Symposium, Toulouse, 1998.
4. Kopacz Z., Urbanski J. The use of electronic position-fixing systems in hydrography (in Polish). Handbook, part A and B. AMW, Gdynia, 1989.
5. Kopacz Z., Morgas W., Urbanski J. The Maritime Navigation Safety System // *Zeszyty Naukowe AMW*. – 1999. – Nr 3.
6. Wilcock M. W. Precise Positioning Systems for Mine Countermeasures // *The Journal of Navigation*. – 1989. – No 3.
7. Grabiec D., Urbanski J. The naval ship's environmental information system, its objectives and properties // *Zeszyty Naukowe AMW*. – 1997. – Nr 4.
8. Green R. Navigation and Survey Techniques for the Development of North Sea Satellite Hydrocarbon Fields // *The Journal of Navigation*. – 1993. – No 1.
9. Felski A., Urbanski J. Satellite Systems for Positioning and Ensuring the Safety of Navigation (in Polish). Handbook. AMW, Gdynia, 1997.
10. Kopacz Z., Morgas W., Urbanski J. The process of creation of bathymetric information in the terms of the set theory // *The International Hydrographic Review*. – 1998. – No. 1.
11. Kopacz Z., Urbanski J. The navigation at the beginning of the 21-st century // *Geodezja i Kartografia*. – 1998. Vol. XLVIII. – Issue 1-2.
12. Lapula D., Barker R., Liiu Z. High-Rate Positioning Using Differential Carrier Phase // *Navigation*. – 1996. – No 3.
13. Szulc D., Urbanski J. The hydrographic methods and systems of sea bottom classification with special emphasis of navies needs // *Zeszyty Naukowe AMW*. – 1998. – Nr 2.
14. Urbanski J., Holec M. The ship's navigation process in the terms of the set theory // *Archives of Transport*. – 1998. – Vol. 10. – Issue 1-2.

**НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ
ЗАДАЧ КОРАБЛЕЙ: ЕГО СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ****З. КОПАЧ,
В. МОРГАСЬ,
Ю. УРБАНЬСКИ**(Институт навигации и гидрографии.
Военно-морская академия, г. Гдыня)

В статье изложены основные принципы навигационно-гидрографического обеспечения специальных задач кораблей. Определяются типы задач кораблей, в частности – специальные задачи. Обсуждается навигационный процесс как функция типа задач кораблей. Изложена также сущность навигационно-гидрографического обеспечения специальных задач кораблей и тенденции его развития.

ВВЕДЕНИЕ

Существует множество корабельных задач, эффективность решения которых или даже возможность их реализации зависит от навигационно-гидрографического обеспечения (НГО). В соответствии со словарем Webster's New Word Dictionary под термином «обеспечение» условимся понимать «подготовительные мероприятия, проводимые заблаговременно для удовлетворения каких-либо будущих требований». В статье термин «навигационно-гидрографическое обеспечение» означает «выполнение различных видов навигационной и гидрографической деятельности для создания и поддержания необходимых навигационных и гидрографических условий, которые дают возможность выполнять специальные задачи кораблей». К последним относятся такие задачи, как минная война и аналогичные ей.

В предлагаемой статье обсуждаются задачи, для которых требуется именно такое НГО, а также средства, способы и перспективы его развития.

В недавнем прошлом необходимость НГО была обусловлена в основном недостаточной точностью определения координат места кораблей при использовании общедоступных систем. Так, например, для «траления мин» и в других аналогичных случаях нужно было обеспечить более высокую точность определения их местоположения. Эта цель достигалась за счет дополнительной гидрографической и навигационной деятельности, которая осуществлялась до и во время выполнения кораблями специальных задач, и обычно включала создание специальной дополнительной локальной навигационной инфраструктуры и подготовку Гидрографической службой крупномасштабных карт с нанесенной сеткой изолиний. Эти мероприятия позволяли увеличить частоту определения координат места и таким образом полностью реализовать потенциальную точность определения местоположения. Однако в настоящее время данная проблема значительно усложнилась. Широкое распространение получили дифференциальные подсистемы глобальной системы определения местоположения, которые обеспечивают точность определения места порядка 3–8 м с вероятностью 0,95, достаточной для выполнения наиболее традиционных задач кораблей. Вместе с последними появились и продолжают возникать новые специальные задачи кораблей. Постоянно

ный рост исследований, связанных с освоением ресурсов дна океана, а также процесс перехода ведения войны с поверхности под воду и на дно приводят к ужесточению требований по организации и реализации НГО специальных задач. Сейчас требуется точность определения места не более 1–5 м (с $P=0,95$), а во многих случаях и выше. Появилась необходимость в дополнительных видах информации о подводной обстановке, в частности, гидрографической.

Итак, главными причинами организации и реализации НГО специальных задач являются:

- огромная потребность в исчерпывающей подводной информации, особенно в сведениях о морском дне (о донных отложениях, а также о гидроакустических, гидромеханических и других его свойствах);
- возросшая потребность в точном кораблевождении по запланированным маршрутам или в удержании корабля в заданном положении;
- необходимость удовлетворения жестких требований к точности места обитаемых и необитаемых подводных аппаратов.

За последние 20 лет достигнуты огромные успехи в разработке:

- электронных систем определения местоположения, особенно их дифференциальных вариантов;
- эхолотов и гидролокаторов;
- в автоматизации и компьютеризации бортовых навигационных систем и интегрировании их с другим корабельным оборудованием.

Этот прогресс в значительной степени повлиял на средства и методы НГО решения специальных задач. Ниже обсуждаются следующие вопросы НГО:

- типы задач, решаемых кораблями, и определение их специальных задач;
- навигационный корабельный процесс как функция от его специальных задач;
- сущность и определение НГО решения специальных задач;
- возможности НГО решения специальных задач;
- тенденции развития НГО решения специальных задач.

1. ТИПЫ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫХ КОРАБЛЯМИ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ КОРАБЛЕЙ

Каждый боевой и не боевой корабль строится, оборудуется и готовится для выполнения одной или нескольких задач. Многие суда, например, транспортные, рыболовные, гидрографические, являются одноцелевыми. В настоящее время также созданы одноцелевые суда для новых видов деятельности человека на море, в частности, для исследования и освоения ресурсов дна океана. Боевые же корабли, как правило, являются многоцелевыми. Этот принцип в последнее время усиливается, что подтверждает идея строительства «кораблей-арсеналов» и т. п. Кроме вышеупомянутых кораблей разрабатываются и вводятся в строй все новые и новые виды обитаемых и необитаемых подводных аппаратов, главным образом для ведения специальных боевых действий в прибрежных водах, гаванях и т. д., а также для техниче-

ского контроля и обслуживания промышленных средств освоения ресурсов дна океана.

Все корабельные задачи можно разделить на три группы:

- транспортные;
- надводные;
- подводные.

Основными критериями такого деления задач являются следующие:

- где находится объект воздействия корабля;
- какая дополнительная информация необходима для реализации этого вида боевых задач;
- какой стандартный навигационный подпроцесс нужно модифицировать для реализации этого вида корабельных задач.

В группу транспортных корабельных задач можно включить следующие:

- транспортировка грузов и людей;
- морской туризм;
- плавание на яхтах и лодках (гребля, плавание под парусом и крейсерство) и многие другие аналогичные задачи.

Эта группа задач характеризуется следующими факторами:

- объект задач находится на борту собственного корабля;
- не требуется никакой другой дополнительной информации об окружающей среде, кроме той что необходима для безопасного и эффективного кораблевождения на море, т. е. для реализации стандартного навигационного подпроцесса;
- не требуется никакой модификации стандартного подпроцесса навигации корабля (рис. 2).

К группе надводных можно отнести задачи:

- противовоздушной обороны (ПВО);
- борьбы с группировками надводных кораблей;
- нанесения ударов;
- радиоэлектронной борьбы (РЭБ);
- тылового обеспечения на море;
- обеспечения «безопасности на море» (поддержание функционирования навигационной инфраструктуры; эксплуатация службы навигационной помощи кораблям; эксплуатация поисково-спасательной службы; эксплуатация службы защиты морской среды и др.);
- обеспечения соблюдения морского права (борьба с контрабандой и торговлей наркотиками, предотвращение нелегальной иммиграции, контроль за рыболовством, защита ресурсов на шельфе и др.).

Для этой группы задач характерно следующее:

- объект задач находится вне корабля, на поверхности моря или над ней;
- требуется более подробная гидрометеорологическая информация;
- требуется модификация стандартного навигационного подпроцесса кораблей, т. е. «подпроцесса маневрирования и управления» (рис. 3).

К группе подводных можно отнести следующие корабельные задачи:

- противолодочная война;

- минная война (постановка мин и минное противодействие);
- особые виды боевых действий;
- амфибийно-десантные операции;
- гидрографические и океанографические исследования;
- установка плавучих средств навигационного оборудования;
- геофизическая съемка;
- геотехнические исследования и бурение скважин;
- установка конструкций платформ на шельфе;
- прокладка трубопроводов и кабелей;
- мониторинг сооружений на шельфе;
- дноуглубительные работы;
- поиск и удаление подводных препятствий;
- подводные археологические изыскания и многие другие.

Этот вид задач можно охарактеризовать следующими факторами:

- объекты задач находятся под водой вне корабля;
- требуется более точная и более подробная информация о подводной среде, т.е. океанографическая, гидрографическая и очень часто – геофизическая;

• требуется модификация стандартных навигационных подпроцессов корабля, которые дают возможность с высокой точностью осуществлять плавание по заданным маршрутам или удерживать его в определенном месте в течение выполнения им специальных задач (рис. 4).

Однако подводные задачи кораблей не однородны. Их можно разделить на две основные подгруппы:

- подводные задачи, объекты которых находятся под водой, но не закреплены на дне в определенном месте;
- подводные задачи, объекты которых находятся под водой и закреплены на дне в определенном месте.

К первой относятся:

- задачи подводной войны;
- задачи океанографических исследований;
- задачи морского рыболовства и т. п.

НГО данной подгруппы подводных задач аналогично НГО корабельных надводных задач и поэтому отдельно рассматриваться не будет.

Ко второй подгруппе относятся все остальные:

- задачи минной войны (постановка, траление, поиск, уничтожение мин);
- задачи специальных операций;
- задачи амфибийно-десантных операций;
- гидрографические исследования;
- установка плавучих средств навигационного оборудования;
- геофизическая съемка;
- геотехнические исследования и бурение скважин;
- установка конструкций платформ на шельфе;
- прокладка трубопроводов и кабелей;
- дноуглубительные работы;

- поиск и удаление подводных препятствий;
- подводные археологические изыскания и др.

Заметим, что только вторая подгруппа подводных задач рассматривается как подгруппа специальных задач, и этот термин употребляется именно в таком смысле.

2. НАВИГАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС КАК ФУНКЦИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Корабль можно рассматривать как суперсистему, состоящую из четырех подсистем, каждая из которых реализует собственный процесс (рис. 1) [1], а именно:

- процесс командования и управления кораблем;
- процесс обеспечения движения и снабжения электроэнергией;
- процесс навигационный;
- процесс решения корабельных задач.

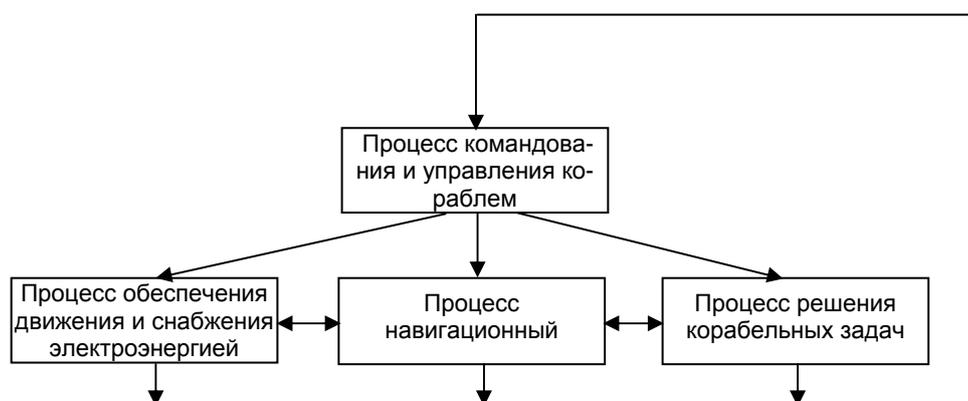


Рис.1. Навигационный процесс как составная часть процесса управления кораблем

Ясно, что навигационный процесс должен быть приспособлен к типам корабельных задач.

В табл. 1 показаны основные особенности навигационного процесса в зависимости от типа задач, решаемых кораблем.

Таблица 1

Основные особенности навигационного процесса в зависимости от типа решаемых кораблем задач

№ п/п	Тип корабельных задач	Транспортные корабельные задачи.	Надводные корабельные задачи	Специальные корабельные задачи
	Основные особенности навигационного процесса корабля			
1.	Название навигационного процесса	Стандартный навигационный процесс	Расширенный навигационный процесс	Особый навигационный процесс
2.	Основная задача навигационного процесса	Безопасное и эффективное плавание корабля из одного места в другое	Безопасное и эффективное плавание корабля из одного места в другое и содействие решению его задач на поверхности моря	Безопасное и эффективное плавание корабля из одного места в другое и создание предпосылок для реализации его специальных задач
3.	Основная модификация навигационного процесса	Отсутствие модификации стандартного навигационного процесса	Модификация подпроцесса: inf = получение информации, и т. д., man = маневрирование и управление кораблем	Дальнейшая модификация подпроцесса: inf = информация и т. д. и модификация подпроцесса; pln = планирование плавания и т. д.; pos = определение местоположение корабля
4.	Номер рисунка, иллюстрирующего навигационный процесс	Рис. 2	Рис. 3	Рис. 4

На рис. 2 показан стандартный навигационный процесс и его подпроцессы.

На рис. 3 показан расширенный навигационный процесс, т. е. модифицированный стандартный навигационный процесс для реализации надводных корабельных задач.

На рис. 4 показан стандартный навигационный процесс, адаптированный для реализации специальных задач.

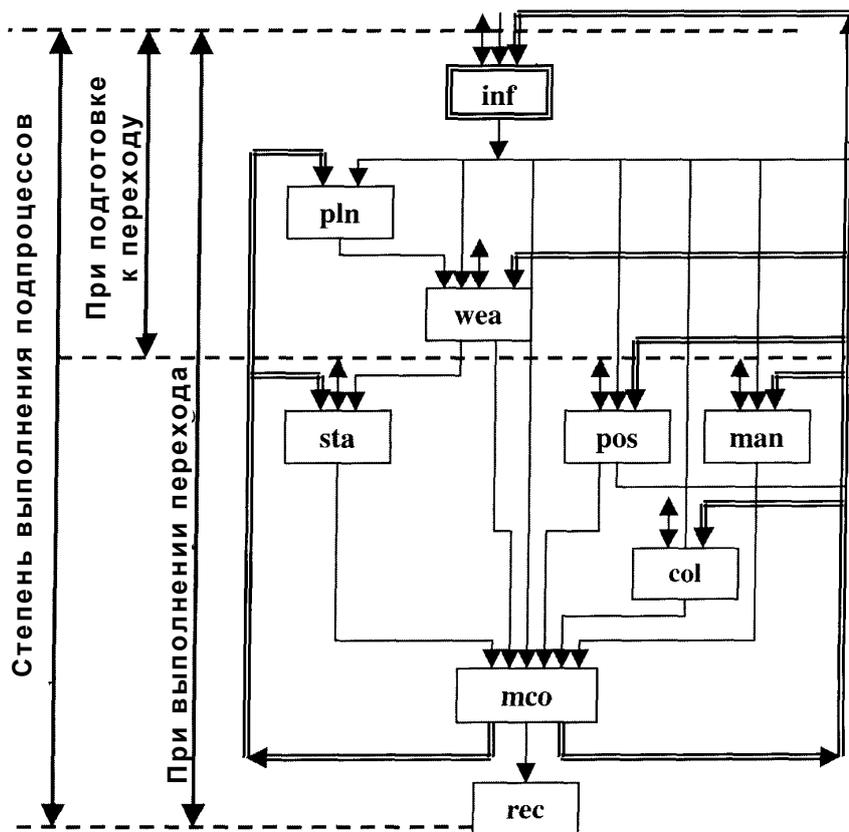


Рис. 2. Стандартный навигационный процесс корабля и его подпроцессы

inf название навигационного процесса корабля (названия подпроцессов даны в тексте); \rightarrow принимаемая и собственная информация; \leftrightarrow измерения и наблюдения на корабле; \Rightarrow обратная связь и информация по управлению;
 inf – получение и хранение информации; pln – планирование перехода; wea – сведение к минимуму повреждений за счет погодных условий; sta – стабилизация курса или пути корабля; pos – определение местоположения корабля; man – маневрирование и управление кораблем; col – избежание столкновений; mco – мониторинг и управление навигационным процессом корабля; rec – регистрация данных о переходе корабля

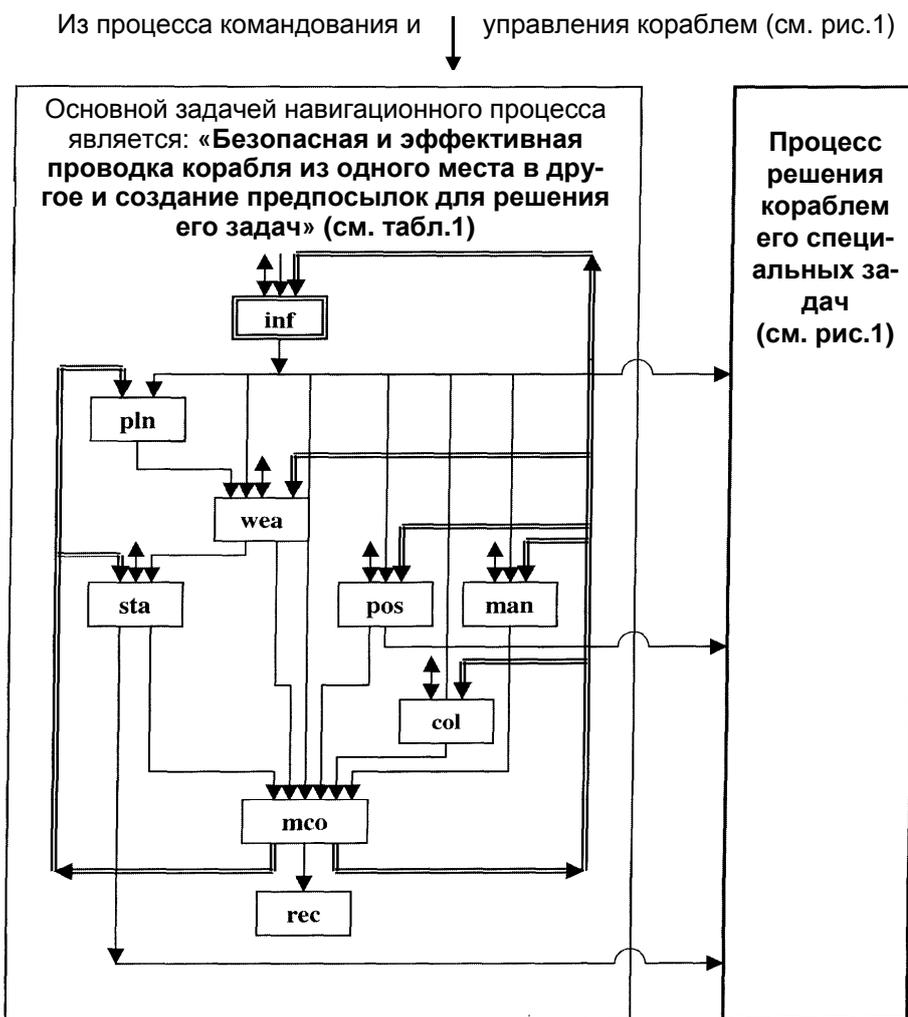


Рис. 3. Навигационный процесс, адаптированный для реализации процесса командования и управления кораблем (см. также рис. 2)

pos стандартный навигационный подпроцесс; inf модифицированный навигационный подпроцесс; \longleftrightarrow измерения и наблюдения.

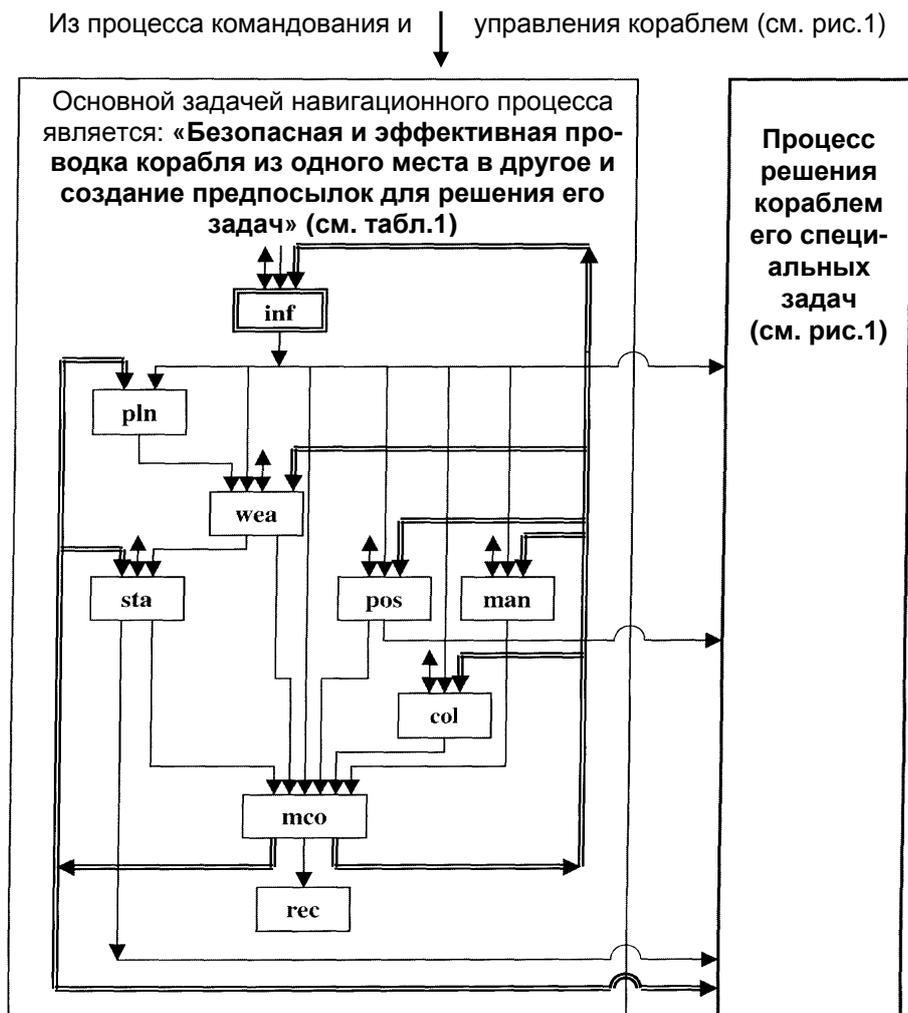


Рис. 4. Навигационный корабельный процесс, адаптированный для решения специальных задач

pos – стандартный навигационный подпроцесс; man – навигационный подпроцесс, модифицированный для выполнения надводных задач корабля; pln – навигационный подпроцесс, модифицированный для выполнения специальных задач; inf – навигационный подпроцесс, модифицированный для решения надводных и специальных корабельных задач

3. СУЩНОСТЬ НГО РЕШЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Прежде чем определить цель, задачи и сущность НГО решения специальных корабельных задач, следует сделать несколько замечаний, чтобы ограничить предмет дальнейшего рассмотрения:

- НГО решения специальных задач не включает в себя те виды деятельности, задачей которых является «безопасная и эффективная проводка корабля из одной точки в другую», т. е. тех, которые входят в состав стандартного навигационного процесса (см. рис. 2, 4);

- навигационный процесс кораблей, выполняющий специальные задачи, реализуется при помощи специальных навигационных систем, как это показано на рис. 4 [1];

- главной задачей НГО специальных задач является создание и поддержание дополнительных благоприятных условий для их решения.

Эти дополнительные условия включают два вида навигационно-гидрографической деятельности.

Первый вид имеет основной задачей обеспечение кораблей дополнительной подводной информацией, необходимой для решения их специальных задач. Наиболее подходящей формой отображения такой информации являются бумажные и цифровые карты (как правило, очень крупного масштаба), обеспечивающие необходимый вид и форму отображения данных о дне того района моря, где они будут выполняться.

Основной задачей второго вида является повышение точности определения местоположения кораблей до уровня, необходимого для обеспечения решения кораблями специальных задач. Эти виды деятельности обычно включают в себя установку дополнительных средств навигационного оборудования, в том числе и специальные радиоэлектронные системы определения местоположения.

Эти замечания нуждаются в дополнительных пояснениях.

Современное НГО решения специальных корабельных задач включает виды деятельности, которые почти не относятся к стандартному навигационному процессу. Они лишь создают необходимые условия за пределами корабля, т. е. дополнительные источники подводной информации, в частности гидрографической. Они также создают дополнительные элементы навигационной инфраструктуры, которые дают возможность вести корабли по запланированным маршрутам с необходимой точностью или удерживать их в определенном месте. Следует упомянуть, что в недавнем прошлом, когда радиоэлектронные системы определения местоположения еще не были полностью автоматизированы, существовала необходимость предусматривать множество дополнительных процедур для навигационного корабельного процесса (подготовить специальные прокладочные планшеты, вручную проложить планируемый путь корабля и т. п.).

Если принять во внимание приведенные выше соображения, то суть НГО в этом случае можно определить следующим образом: «Основная задача НГО решения кораблями специальных задач состоит в создании и поддержании необходимых дополнительных навигационных и гидрографических условий, которые дают возможность кораблям их успешно реализовать». Таким образом, сущность НГО решения специальных задач кораблями сводится к двум видам деятельности, а именно:

- к сбору и обеспечению кораблей дополнительной гидрографической информацией;

- к совершенствованию локальной навигационной инфраструктуры в интересах создания благоприятных условий для проводки кораблей по запланированным маршрутам или удержания их в определенном месте с требуемой точностью.

4. ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НГО СПЕЦИАЛЬНЫХ Корабельных ЗАДАЧ

Можно считать общепризнанным, что для решения специальных задач необходима соответствующая подготовка и НГО действий кораблей (см. Раздел 2 и рис. 4).

Бесспорно также, что НГО решения специальных корабельных задач включает следующие виды деятельности:

- снабжение кораблей дополнительной гидрографической информацией, в частности батиметрическими данными, включающими гидроакустические и гидромеханические свойства слоев донных отложений;
- установку дополнительных радиоэлектронных систем, обеспечивающих требуемую точность определения местоположения кораблей;
- оснащение кораблей дополнительными бортовыми навигационными системами, позволяющими осуществлять проводку кораблей по заданным маршрутам или удерживать их в заданном месте с требуемой точностью и обеспечивать должное взаимодействие с системами реализации специальных задач (рис.1, 4).

Хотя НГО рассматриваемых корабельных задач всегда включает в себя все упомянутые выше виды деятельности, существуют значительные различия в подготовке и реализации даже аналогичных специальных задач. Эти различия зависят от многих причин, но главными являются следующие:

- вид решаемых специальных задач, т. е. технология их выполнения (дноуглубительные работы, прокладка трубопровода, траление мин, поиск мин и т. д.);
- местоположение районов, в которых должен выполняться данный вид специальных задач;
- наличие опыта проведения НГО данного вида специальных задач (выполняются ли эти задачи впервые или они являются обычным делом).

Однако наиболее важным фактором, влияющим на качество подготовки и реализации НГО, является возможность получения и, следовательно, наличия современных средств для решения специальных задач. Степень современности находящихся в распоряжении средств и технического оборудования – главное, что определяет навигационную деятельность, которую нужно осуществить на этапах подготовки и выполнения НГО действий кораблей. Диапазон возможных решений очень широк (например, бумажные карты и прокладочные планшеты или система отображения электронных карт и информации).

Для обследования дна моря и, следовательно, для снабжения кораблей необходимой гидрографической информацией можно использовать различные системы. За последние 20 лет достигнут огромный технологический прогресс в этой области. Наиболее характерными являются следующие типы эхолотов и гидролокаторов [2]:

- монохроматические однолучевые эхолоты;
- монохроматические многолучевые эхолоты;
- гидролокаторы бокового обзора и гидролокаторы с буксируемой антенной;
- поисковые гидролокаторы;

- комбинированные эхолоты (однолучевой эхолот и эхолот бокового обзора);
- двух- и многочастотные эхолоты;
- параметрические эхолоты и др.

Различные многолучевые эхолоты (от 2 до 180 лучей), например, способны производить картографирование с высокой точностью и 100%-ым охватом обследуемой площади. При этом ширина полосы захвата может достигать величины, равной 8 глубинам места съемки. Они также дают возможность получать трехмерное изображение. В настоящее время эти системы являются наиболее совершенными, хотя и самыми дорогостоящими. Тем не менее, ожидается, что через несколько лет они будут использоваться повсеместно. Гидролокаторы с горизонтальным сканированием (поисковые гидролокаторы) также являются сейчас высокоточным исследовательским средством. Они легко могут обнаружить проволоку толщиной 2 дюйма на расстоянии до 40 метров. Для исследования и классификации донных отложений применяются двух- и многочастотные эхолоты и др.

В интересах НГО решения специальных задач используются различные радиоэлектронные системы определения местоположения. В табл. 2 показаны требования к точности гидрографических работ для некоторых специальных задач.

Таблица 2

Требования к точности гидрографических работ для некоторых видов специальных задач

№ пп	Вид специальных задач	Требования к точности определения места (P=0,95)
1.	Картографирование: - гавани и пирсы; - рейды и якорные стоянки; - прибрежные воды	1–2 м 5–10 м 1–25 м
2.	Картографирование дна в исключительной экономической зоне (200 морских миль)	66 м
3.	Установка СНО в узкостях	3 м
4.	Определение территориальных границ (12 морских миль)	10 м
5.	Трехмерная сейсмическая съемка	10 м
6.	Прокладка трубопроводов	2–20 м
7.	Восстановление места съемки и его использование	10–20 м
8.	Строительные работы	1–2 м
9.	Дноуглубительные работы	2–10 м
10.	Поиск мин	2–5 м
11.	Будущая сейсмическая съемка	25 см
12.	Мониторинг сооружений на шельфе (в статике)	на уровне см

В табл. 3 приведены достижимые уровни точности для НГО специальных задач и соответствующие им радиоэлектронные системы определения местоположения наземного и космического базирования.

Таблица 3

Достижимые уровни точности для НГО специальных задач и соответствующие им радиоэлектронные системы определения местоположения [3, 4, 5, 6]

№пп	Достижимая точность определения места (P=0,95)	Радиоэлектронные системы определения местоположения	Дальность действия, мили	Примечание
1.	5–25 м	Фазовые системы с частотой излучения 2 МГц (Radist, Hyper-fix и др.)	100–180	
2.	5–10 м	Дифференциальные подсистемы глобальных спутниковых систем	150–200	
3.	1–5 м	СВЧ-системы ближнего действия (Triponder, Syledis, Artemis и др.) Европейская геостационарная спутниковая навигационная широкозонная система Модифицированная система GPS Спутниковая навигационная система ГАЛИЛЕО	20–25 региональная глобальная глобальная	К 2003 г.
				К 2008 г.
				К 2009 г.
4.	0,5–1 м	СВЧ-фазовые системы (Tellurometer и т.п.)	в пределах горизонтальной дальности видимости	
5.	на уровне см	После внедрения технологии с использованием измерения фазы несущей в DGPS		Доказана возможность определения места в реальном времени на уровне см

Представленные в этом разделе данные подтверждают то, что в настоящее время существуют разнообразные средства НГО решения специальных задач, в том числе и навигационного обеспечения действий боевых кораблей.

5. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НГО РЕШЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Тенденции развития способов ведения боевых действий, а также других видов деятельности человека на море ясно показывают, что последняя все чаще осуществляется под водой, на дне, в донных отложениях и даже в областях, лежащих ниже дна моря. Постоянно возрастает число обитаемых и необитаемых подводных аппаратов, которые применяются не только для специальных видов военных действий и минной войны, но и новых видов подводной промышленной деятельности, например, монтажа, наблюдения и поддержания работы подводной эксплуатационной инфраструктуры и т. д.

Такая ситуация приводит к появлению новых или более жестких требований к средствам НГО, а именно:

- более высокой точности определения координат места объекта;
- изучению новых видов батиметрических и гидромеханических свойств донных отложений;
- дальнейшему совершенствованию корабельных навигационных систем.

Возможность реализации НГО самими кораблями означает необходимость выполнения следующих требований:

- наличие космических и береговых радионавигационных систем, способных обеспечить заданную точность определения координат места в любой момент времени;
- возможность постоянного получения кораблями информации о подводной среде [7];
- являясь составной частью комплексной системы управления кораблем и оружием, навигационное вооружение должно осуществлять навигационный процесс в интересах решения специальных задач (см. рис. 4).

Очевидно, что возможности НГО специальных задач будут также развиваться и у одноцелевых кораблей (гидрографические исследования и геофизическая съемка, установка и обслуживание плавучих СНО и др.).

Вторая тенденция НГО решения специальных задач заключается в необходимости разработки специализированных корабельных средств. Они создаются и обслуживаются специальными комплексными подразделениями Гидрографической службы. Помимо навигационных и гидрографических подразделений, в их состав входят также геофизические и геодезические подразделения, которые имеют собственные суда и подводные аппараты специальной постройки, оборудованные приемоиндикаторами космических и наземных радионавигационных систем.

Эта тенденция в основном относится к морским отраслям промышленности, занимающимся разведкой ресурсов, строительством инфраструктуры и эксплуатацией месторождений нефти и газа и других месторождений полезных ископаемых на дне [8]. Последнее означает, что крупные компании по эксплуатации морских ресурсов создают свои собственные службы НГО, которые включают в себя главным образом гидрогеодезические средства. Следует подчеркнуть, что все большее и большее число геодезических методов постепенно становятся и методами навигационными. Это обусловлено тем, что методы определения координат места в реальном времени приближаются к точности, сравнимой с точностью геодезических методов (см. табл. 3).

Однако, кроме двух вышеупомянутых тенденций развития НГО, некоторые специальные задачи остаются за их рамками. Кроме того, появляются и новые специальные задачи. Поэтому классические методы НГО, используемые навигационными и гидрографическими службами ВМС или другими морскими учреждениями продолжают свое развитие. В связи с этим старые средства НГО будут постоянно заменяться все более совершенными образцами.

При подготовке статьи использованы также данные из работ [9–14].

ЛИТЕРАТУРА (см. с. 72)

Перевод Г. В. Трибуц

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

ГРНТИ 78.21.39.17; 50.33.33

КРАТКИЙ ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ (ПО МАТЕРИАЛАМ РОССИЙСКОЙ ЗОНЫ ИНТЕРНЕТ)

В. Г. ДМИТРИЕВ

(Арктический и Антарктический НИИ)

В статье приводится краткий обзор примеров разработок и применения современных компьютерных технологий – географических информационных систем (ГИС) в области гидрографии. Примеры сгруппированы по принципу общности сферы применения ГИС. Представленные материалы свидетельствуют о широте спектра применения гидрографических ГИС, а также позволяют выявить некоторые общие проблемы в области геоинформационных технологий применительно к гидрографии.

Обзор составлен по публикациям российской зоны Интернет и охватывает период со второй половины 90-х годов XX столетия. Каждый пример содержит ссылку на соответствующий URL. Обзор предназначен для специалистов в области ГИС и гидрографии.

Введение

По мере развития морской деятельности и создания новых технических систем влияние гидрографических условий не только не уменьшается, а в ряде случаев и возрастает. Гидрографическая информация составляет неотъемлемую часть исходных данных, на основе которых принимаются решения при планировании различных видов деятельности на океанских, морских и других акваториях и при управлении ими.

Традиционно данные описания водных объектов и их отдельных частей представляли собой карты и справочные пособия (в виде текстов, таблиц, графиков, рисунков и т. п.). Однако в современных условиях компьютерные технологии открыли совершенно новые возможности оперирования с геоданными. В последнее время широкое распространение получили электронные (цифровые) карты как компьютерные аналоги обычных карт на бумажных носителях. Вместе с тем адекватное использование информации о среде в процессах обоснования и принятия решений накладывает определенные требования к виду и формам гидрографических данных.

В настоящее время одним из наиболее эффективных средств усвоения гидрографической информации выступают географические информационные системы (ГИС).

ГИС не являются компьютерными системами для составления карт, хотя они и способны создавать карты в разных масштабах, проекциях и с разнообразной раскраской. В первую очередь, ГИС – это аналитический инструмент, главное преимущество которого состоит в его способности определять пространственные связи между объектами карты.

ГИС связывают пространственные данные с географической информацией о каждом отдельном объекте карты. Эта информация запоминается как совокупность свойств или характеристик объекта, представляемого графически в базе данных. Иначе говоря, ГИС не хранит карт и изображений, а хранит базу данных. Понятие базы данных является центральным для ГИС и главным отличием ГИС от простой графической или компьютерной картографической системы, которая может лишь выдать графический материал.

ГИС может пользоваться хранимыми в ней свойствами объектов для расчетов новой информации, например, в простейшем случае, вычислять длину или площадь тех или иных объектов (а также их отношения), выполнять статистический анализ и другие действия. Открытость программного аппарата современных ГИС позволяет создавать специализированные приложения для обработки пространственных данных с целью решения конкретных задач.

Дополнительно следует отметить, что электронные цифровые карты (например, навигационные карты) предназначены, как правило, для решения четко ограниченного круга задач, в связи с чем вводятся определенные ограничения на доступ к программной среде, реализующей карту. В частности, такие карты не позволяют решать новые задачи, подключать произвольные информационные ресурсы и т. п.

Следовательно, использование электронных цифровых карт в интересах обеспечения разнообразных видов деятельности на акваториях весьма ограничено, поскольку эти продукты весьма специализированы. Целям и задачам широкого круга потребителей гидрографических данных соответствуют ГИС, создание которых представляет собой разработку специальных баз данных, при этом топографическая основа является лишь фоновую характеристику.

ГИС – это современная компьютерная технология для картирования и анализа объектов реального мира и событий [1]. Она объединяет такие традиционные операции работы с базами данных, как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта.

Это отличает ГИС от других информационных систем и обеспечивает уникальные возможности для ее применения в широком спектре задач, связанных с анализом и прогнозом явлений и событий окружающего мира.

Технология ГИС предоставляет соответствующий современности, более эффективный, удобный и быстрый подход к анализу и решению различных задач. В настоящее время ГИС – это многомиллионная индустрия, в которую вовлечены сотни тысяч людей во всем мире. ГИС изучают в школах, колледжах и университетах (см., например, [2]).

Самостоятельный коммерческий интерес представляют отдельные компоненты ГИС, в первую очередь, – картографические наборы вне программ-

ных оболочек ГИС, что возможно благодаря стандартизации форматов и средств их конвертации [3]. В Америке и Западной Европе производство и распространение картографических наборов данных с различной степенью подробности стало мощной ветвью ГИС-технологий. Они распространяются государственными организациями, картографическими агентствами и частными фирмами. Стоимость данных, которые можно широко тиражировать, варьируя тематический подбор, оказывается вполне доступной. В ГИС общего назначения эти файлы образуют как бы отдельный слой родственных объектов, подобно слоям «Населенные пункты», «Рельеф», «Гидрография», «Растительность» и т. д.

Следует особо отметить, что в последнее время активно развивается интеграция ГИС в Интернет. Публикация геоинформационных систем в сети Интернет кардинально расширяет число потенциальных пользователей. Опыт интеграции ГИС и картографирования с www-технологиями демонстрируется, например, на сервере Информационно-аналитического центра Администрации г. Санкт-Петербурга (геоинформационные пакеты нефтяных месторождений [4]), Центра геоинформационных исследований Русского географического общества [5], на обзорном сайте [6] и др. Среди различных ГИС, доступных в Интернет, в гидрографическом аспекте интерес представляют материалы Хатфилдского Морского научного центра (США) [7]. Отечественная океанологическая ГИС по океанографии и климатологии дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана представлена на сервере ТОИ ДВО РАН [8].

Это направление планируется реализовывать и при создании Единой системы информации об обстановке в Мировом океане в рамках федеральной целевой программы «Мировой океан». По проектам общего технологического содержания этой программы осуществляется разработка технологии обеспечения пользователей обобщенной и специализированной информацией об обстановке в Мировом океане и проведена практическая проверка различных информационных технологий (ГИС ArcView, MapObjects, FrontPage и др.) для создания электронных режимно-справочных пособий.

В тематических проектах разработаны элементы таких пособий по ледовым условиям и опасным гидрометеорологическим явлениям на трассах Северного морского пути, по биологическим ресурсам Мирового океана, морскому транспорту, морской геологии, гармоническим постоянным Баренцева и Охотского морей с применением ГИС и СУБД (система управления реляционными базами данных) технологий.

Ниже приводятся примеры применения ГИС в областях деятельности, непосредственно связанных с использованием гидрографических данных. Специфика гидрографических ГИС и их главное отличие от традиционных ГИС заключается в том, что они основываются на данных, представленных, как правило, только выборками. Поэтому для таких систем существенное значение приобретают методы математической статистики, аппроксимации и т. д. Обзор составлен преимущественно по материалам отечественных работ.

ГИС в задачах общего информационного обеспечения

«Геофизическая изученность РФ»

В рамках совместного проекта между Главным научно-исследовательским и информационно-вычислительным центром (ГлавНИВЦ), Всероссийским институтом геофизических методов разведки (ВНИИГеофизики) Министерства природных ресурсов Российской Федерации (МПР РФ) и институтом ТОО «Геонефтегаз» создана ГИС «Геофизическая изученность России» [9].

Система включает данные по геофизической изученности Российской Федерации в масштабе 1:5 000 000 (полученные до 1991 г.), связанные с векторными общегеографическими картами РФ. Она предназначена для использования научными работниками, управляющими, лицами, осуществляющими планирование, и разработчиками в качестве справочного инструмента и как основа для широкого спектра прикладных систем. С помощью встроенного программного ГИС-обеспечения (ArcView Data Publisher) пользователи могут просматривать и анализировать данные, а также строить адаптированные карты для специальных прикладных задач.

ГИС представлена в форме проекта ArcView и входит в Государственный банк цифровой геологической информации.

Материалы данной ГИС используются, в частности, и в рамках проектов ВНИИГМИ-МЦД подпрограммы 10 «Создание единой системы информации об обстановке в Мировом океане» ФЦП «Мировой океан» [10].

«Природные ресурсы России»

ГИС «Природные ресурсы России» [11] создана в результате выполнения совместного проекта между ГлавНИВЦ МПР РФ и Геологической службой США (USGS). Дополнительная техническая поддержка была оказана российской частной компанией ГИСпроект. Выполнение проекта финансировалось Агентством международного развития США и МПР РФ.

Данная ГИС включает представленные в масштабе 1:2 500 000 данные по геологии, а также по энергетическим и минеральным ресурсам Российской Федерации, связанные с цифровыми (векторными и растровыми) общегеографическими картами. Атрибутивные данные по месторождениям полезных ископаемых, нефтяным и газовым бассейнам включены в ГИС в качестве присоединенных dbf и info файлов.

Месторождения полезных ископаемых дна Мирового океана

Создание ГИС применительно к морским месторождениям твердых полезных ископаемых (ТПИ) на основе систематизации и корректировки графических и информационных геологических материалов по месторождениям ТПИ дна Мирового океана выполнено ГУП «НИПИокеангеофизика» (1999 г.) [12].

В рамках проекта подготовлены комплекты глобальных и локальных карт ТПИ и созданы соответствующие им базы данных на ПЭВМ. В соответствии с разработанным генеральным вариантом структуры геологического обеспечения ГИС осуществлены послойная оцифровка карт и организация их

средствами пакета MapInfo в виде графической базы данных, структурированной в единую ГИС с информационной базой данных по месторождениям ТПИ дна Мирового океана. С использованием созданного окончательного варианта ГИС, включающей 28 слоев графической и 30561 записей информационной баз данных, выполнена оценка прогнозных ресурсов.

Освоение минерально-сырьевых ресурсов шельфа Российской Арктики

В результате геологического картирования шельфов в акваториях Баренцева и Карского морей на основе комплексного анализа всей накопленной геолого-геофизической информации Морской арктической геологоразведочной экспедицией [13] с помощью ГИС-технологии решаются задачи оценки основных черт тектонического строения, распространения, состава и генезиса четвертичных отложений и гранулометрических типов донных осадков. На основании этих данных проводится оценка факторов, определяющих закономерности размещения этих полезных ископаемых и прогнозных ресурсов нефти и газа.

ГИС-технологии применяются на всех стадиях картосоставления – от создания банков первичных данных до построения авторских макетов и цифровых моделей геологических карт.

ГИС-технологии и информационное освещение морских акваторий

В настоящее время ГИС уже начали применяться для работы с данными по морской природной среде. Примером могут служить отдельные разработки, выполняемые в Центре океанографических данных ВНИИГМИ-МЦД в рамках создания Единой системы информации об обстановке в Мировом океане. В первую очередь, это создание на основе ГИС ArcView возможностей подключения специально разработанных программных средств (так называемых аналитических модулей), реализующих ту или иную модель морских природных процессов, и отображение результатов работы этих аналитических модулей на цифровой электронной карте

Другим примером применения ГИС в океанографии может служить разработанная в ГОИН электронная база данных гармонических постоянных приливов. Одной из задач этой системы является отображение характера прилива в пунктах наблюдений. Визуализация распределения характера прилива на географической карте на основе цветовой кодировки является эффективным инструментом при анализе специалистом-океанологом приливных явлений в некотором бассейне.

В Норвегии фирмой OCEANOR (Oceanographic Company of Norway ASA) разработана специализированная океанографическая ГИС – OceanInfo. Эта ГИС выполняет разнообразные виды расчетов и включает большое число процедур визуализации.

Проект «Геоинформационная технология Баренц-региона»

С марта 1998 г. выполняется многосторонний проект «Геоинформационная технология Баренц-региона (ГИТ-Баренц)» [14]. В его реализации уча-

ствуют картографические службы Финляндии, Швеции, Норвегии и Федеральная служба геодезии и картографии России (ГосГИСцентр).

В Баренц-регион входят четыре российских региона (Мурманская и Архангельская области, Республика Карелия, Ненецкий автономный округ), финские провинции Лапландия и Оулу, шведские – Норрботтен и Вастерботтен и три норвежские – Финнмарк, Нордланд и Тромсё.

Всего предполагается три этапа проекта:

- создание базы данных и печатных карт на Баренц-регион;
- создание тематического электронного и печатного атласа;
- включение электронных карт и атласа в региональную Интернет-инфраструктуру.

В качестве исходных материалов были использованы национальные базы данных масштаба 1:250 000 для Норвегии, Швеции, Финляндии и масштаба 1:1 000 000 для России.

Океанография и климатология морей Тихого океана

Лаборатория комплексного анализа океанологических данных ТОИ ДВО РАН [15] разработала, опубликовала и поддерживает серию ГИС дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана. Основные слои содержат данные о рельефе дна, береговой линии, о маршрутах судов, о глубинах, климате и др.

ГИС охватывают Тихий океан, Берингово, Охотское, Японское, Желтое, Восточно-Китайское, Филиппинское, Южно-Китайское моря и Море Сулавеси в различных масштабах (от 1:100 000 до 1:65 000 000). Диапазон глубин составляет 0–5000 м. Атрибутивные базы содержат ежедневные данные за период 1950–2001 гг.

В основные направления исследований Группы развития географических баз данных ТОИ ДВО РАН [16] входят следующие: освоение технологии разработки и сопровождения больших географических баз данных; разработка методов пространственного анализа географической информации; разработка экспертно-информационных и экспертно-имитационных систем как инструмента планирования вариантов природопользования; конструирование приложений мобильных пользовательских систем анализа географической информации; технология представления интерактивного сервиса ГИС в корпоративных (Интранет) и глобальных (Интернет) сетях, открывающая свободный доступ к средствам анализа пространственной информации и т. п.

Изучение динамики береговой зоны Каспийского моря

Кафедра картографии и геоинформатики географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова занимается изучением динамики береговой зоны района дельты реки Куры и побережья Акчагыльского залива по разновременным снимкам [17]. В первую очередь была изучена динамика береговой линии на основе снимков, отображавших разные периоды трансгрессивно-регрессивных изменений. В задачи исследований входило также изучение динамики ландшафтов.

Данная работа выполнялась в лаборатории аэрокосмических методов на технической базе ООО «ДАТА+», предоставившей оборудование и про-

граммное обеспечение. Картографирование дельтовой области реки Куры и территории к югу от неё, лежащей в пределах Акчагыльского залива, выполнено по материалам разновременной космической съёмки. В качестве координатной основы была использована топографическая карта масштаба 1:100 000.

Средства ArcView позволили определить тип замещения одних объектов другими при объединении разновременных карт, составленных в едином масштабе, на единой картографической основе и с использованием взаимосвязанной легенды.

ГИС для подготовки геологической карты Баренцева и Карского морей

Программный продукт ArcView GIS был внедрен Морской арктической геологоразведочной экспедицией в начале 1998 г. в технологический цикл подготовки к изданию листов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 [18].

Изданные комплекты цифровых карт на континентальный шельф России не только систематизируют все сведения о геологическом строении и полезных ископаемых большого участка акватории Баренцева и Карского морей, но и имеют методическое значение для разработки требований к цифровым моделям геологических карт акваторий масштаба 1:1 000 000 и к составу баз данных. Все объекты тематических слоев карт сопровождаются атрибутивной картографической информацией.

ArcView служит ядром картографической информационно-поисковой системы, которая, используя возможности других ГИС-продуктов и стандартных программ, обеспечивает интерактивный доступ к широкому спектру материалов, необходимых для создания цифровых моделей геологических карт: топографической и геофизической основам, тематическим картам, библиотекам условных знаков, первичным растровым образам, табличным и текстовым данным.

ГИС «Черное море»

В большинстве случаев ГИС создаются на основе обширных банков и баз данных цифровой информации, куда, кроме картографических материалов, включаются данные многолетних непосредственных наблюдений, статистические сведения, данные дистанционного зондирования. Примером может служить ГИС «Черное море», созданная на основе международного сотрудничества стран Черноморского бассейна [19].

Для централизованного принятия мер по защите Черного моря страны региона обратились за поддержкой в Глобальный фонд сохранения окружающей среды, основанный Всемирным банком в 1991 году в соответствии с Программой ООН по окружающей среде. В результате была сформирована и начала осуществляться трехлетняя Программа по спасению Черного моря – BSEP (Black Sea Environmental Programme), нацеленная на решение трех главных задач:

- создание и укрепление региональных механизмов воздействия на экосистему Черного моря;

- разработку и проведение политики и программы помощи, контроля и спасения окружающей среды;
- привлечение инвестиций в экологические программы.

Координационная группа Программы, в состав которой вошли эксперты из каждой черноморской страны, уделила особое внимание формированию геоинформационной системы по природным ресурсам и состоянию среды Черноморского бассейна. Создание такой ГИС реализовано в МГУ на кафедре картографии и геоинформатики.

ГИС выполняет функции моделирования и информирования об объекте, поддерживает научно-исследовательские работы в пределах акватории и прилегающей части Черноморского бассейна, обеспечивает распространение информации среди всех заинтересованных пользователей и принятие решений по природоохранным и защитным мерам, направленным на спасение уникальной экологической геосистемы.

В состав тематических электронных карт включены поля солёности, плотности и температуры вод для каждого месяца и сезона года по 20 стандартным горизонтам.

ГИС «Чёрное море» может служить примером системы с элементами анимации. Серия карт для Чёрного моря позволяет проследить вариации среднемесячных температур морской воды на протяжении года, а также даёт возможность интерполировать значения температуры воды на любую заданную дату.

ГИС и морские границы

Канадская компания Universal Systems, разработчик ГИС CARIS, являющийся лидером среди морских информационных систем, объявила в октябре 1999 г. о выходе продукта CARIS LOTS (Law Of The Sea) [20]. Это первое в мире приложение, специально разработанное для организаций, сталкивающихся в своей работе с проблемами определения морских границ.

Способность CARIS LOTS определять границы территориальных вод – фундаментальный фактор для юридической защиты деятельности в океане и на его дне. Данные для системы могут быть введены в ГИС из других геоинформационных систем и общедоступных наборов данных, таких как батиметрические карты IHO's GEBCO, карты World Data Center и др.

По данным Universal Systems, внимание к продукту уже проявили не только правительства государств, имеющих территориальные воды, но и компании, добывающие морские ресурсы, юридические организации, занимающиеся проблемами границ и территориальных и имущественных споров, учебные заведения и организации, работающие в области природопользования.

Сейсмическое зондирование

Специалистами Института физики Земли РАН и Научно-инженерного центра «Синапс» выполняется обработка и интерпретация на базе современных информационных технологий сейсмических записей высокого качества от мощных подводных взрывов, полученных при глубинном сейсмическом зондировании (ГСЗ) в важнейших регионах морей и океанов (Каспийское, Охот-

ское, Японское, Баренцево, Берингово моря, Курило-Камчатская зона Тихого океана, Северная и Южная Атлантика) [21].

Разработка направлена на создание Сейсмологической информационной системы (СИС), ориентированной на работу с данными ГСЗ на основе использования СУБД, ГИС и пакетов прикладных программ рабочих станций типа SUN.

Геолого-геофизическая изученность Азово-Черноморского бассейна

Центр морских геолого-геофизических данных – Мировой центр данных (ЦМГД-МЦД) (г. Геленджик) является специализированным информационно-компьютерным центром «Мировой океан» государственного банка цифровой геологической информации. Центр занимается лицензированием и проведением тендеров на шельфе Российской Федерации, подготовкой аналитических обзоров по проблемам недропользования на шельфе России [22, 23]. Информационный фонд ЦМГД-МЦД включает в себя:

- цифровые морские геолого-геофизические базы данных;
- автоматизированные цифровые архивы и каталоги;
- информационно-поисковые системы, ГИС-проекты;
- цифровые модели карт;
- информационные пакеты по лицензионным участкам на шельфе России;
- морские специализированные геологические фонды по геологораз-

ведочным работам.

Базовыми программными средствами ЦМГД-МЦД являются программные продукты ESRI ArcView 3.1, PC ArcInfo 3.5.1, ArcInfo 7.0.2. С использованием программных средств среди прочих проектов разработана и введена в промышленную эксплуатацию, ГИС «Геолого-геофизическая изученность Российского сектора Азово-Черноморского бассейна».

ГИС нефтегазового комплекса

ГИС для создания геологических моделей

Одним из основных направлений деятельности Сибирского Научно-Аналитического Центра (СибНАЦ), основанного в 1997 г., является работа с компаниями нефтегазового комплекса по созданию геологических моделей, подсчету запасов, моделированию разработки месторождений, выполнению экологических проектов и других исследований [24].

В этих работах используется широкий набор программно-технических средств от ведущих мировых производителей. Специализированные программные комплексы используются как для геолого-геофизического моделирования (StratWork, SeisWork и Tigress), так и для моделирования и разработки месторождений (Eclipse и Tigress). Для создания и выпуска картографической продукции, моделирования рельефа местности и других видов информационной поддержки выполняемых проектов применяется программное обеспечение компании ESRI.

Для выполнения этих задач было выбрано следующее программное обеспечение:

- Easy Trace, PC ArcInfo (оцифровка картографической информации);
- PC ArcInfo (редактирование пространственной информации);
- ArcView GIS, ArcInfo, ArcExplorer (просмотр и вывод твердых копий).

Хранение пространственных данных реализуется в покрытиях ArcInfo, предполагается переход на хранение данных в формате SDE. Табличные данные (атрибутивная информация) хранятся в dBase, Oracle.

Важно отметить, что одним из основных направлений работ СибНАЦ является создание геологических и гидродинамических моделей. Таким образом, система работы с региональной информацией позволяет специалистам СибНАЦ получить гибкий доступ к комплексу структурированных данных и инструментальных средств, что помогает эффективно решать текущие производственные задачи.

Компьютерные технологии обработки геолого-геофизических данных

В области морских геофизических работ на основе современных компьютерных технологий к настоящему времени создана достаточно надежная геолого-геофизическая база данных, являющаяся основой для дальнейшего целенаправленного планирования нефтегазопроисловых работ, а также для проведения лицензионных раундов.

В докладах по новым компьютерным технологиям комплексной обработки данных и банкам геолого-геофизических данных на Всероссийском съезде геологов 2-7 октября 2000 г. в г. Санкт-Петербурге [25] были отражены результаты работ по созданию автоматизированных систем комплексной интерпретации геолого-геофизических данных и их применению для решения широкого круга геологических, прогнозных, поисковых и эксплуатационных задач. Большой научный и практический интерес представляет компьютерная технология комплексной интерпретации геофизических данных на основе ГИС INTEGRO, разработанная во ВНИИгеоинформсистем.

Мониторинг состояния газопровода «Голубой поток»

Ядром системы мониторинга газопровода «Голубой поток» будет являться комплексная геоинформационная система «Голубой поток – Море» [26]. Эта ГИС должна обеспечивать оперативное формирование и использование информационной модели морского участка газопровода как единой, хорошо управляемой, легко доступной базы всех существующих данных по газопроводу, окружающей среде и истории его эксплуатации.

В этой ГИС будут храниться, обрабатываться и анализироваться все первичные данные, получаемые в ходе эксплуатации газопровода (результаты внешних обследований, данные внутритрубной диагностики, оперативная информация). В процессе обработки будет учитываться фоновая и историческая информация о газопроводе, полученная на предшествующих этапах проекта.

Конечным результатом этого анализа должны быть текущая оценка и прогноз технического состояния газопровода, рекомендации, необходимые для определения оптимальных и предельных режимов перекачки газа, планы

и проекты технического обслуживания трубопровода и его повторной диагностики.

Моделирование месторождений

Моделирование месторождений на ЭВМ было начато РГУ Нефти и газа им. И. М. Губкина в 1983 г., что стало естественным продолжением работ по изучению геологического строения месторождений по данным ГИС.

Появление нового поколения компьютеров и рабочих станций, интегрированных систем моделирования в основном западного производства вывело работы по моделированию месторождений на уровень рядовых инженерных задач. На кафедре ГИС РГУ Нефти и газа им. И. М. Губкина с 1992 г. применяется одна из таких систем производства фирмы SSI – WorkBench. Работы по построению моделей вошли в учебный процесс и программы переподготовки специалистов отрасли [27].

ГИС морских транспортных систем

Моделирование морских транспортных систем

Широкое применение ГИС-технология получила для имитационного моделирования функционирования морских транспортных систем.

В ААНИИ (Росгидромет) [28] в качестве исходной информации для моделирования, наряду со структурой и техническими параметрами арктических морских транспортных систем, объемами и характеристиками подлежащих перевозке грузов (с учетом временной изменчивости этих параметров) используются данные по природным условиям на предполагаемых маршрутах плавания.

Данные о ледяном покрове разделяются на отдельные слои, каждый объект в слое связан с атрибутивными данными, характеризующими свойства этого объекта, что позволяет устанавливать связь между пространственными свойствами объекта и его характеристиками. Одним из ключевых элементов имитационной модели служат модели движения судов во льдах.

Функциональные модули обеспечивают интерактивное картирование ледовой обстановки на основе анализа спутниковых изображений различных спектральных диапазонов и разрешения с последующим конвертированием данных в формат ГИС ArcView.

В настоящее время в ААНИИ созданы необходимые программные модули для формирования и обновления электронных ледовых карт. Успешные тестовые испытания этой технологии были проведены во время рейса ледокола «Капитан Драницын» и танкера «Уйку» при поддержке ледокола «Россия» по маршруту Мурманск – Обская губа – Мурманск в апреле-мае 1998 г. и в ходе последующего анализа данных в рамках международного проекта ARCDEV (Arctic Demonstration and Exploratory Voyage).

Система предприятий морского транспорта Санкт-Петербурга

Другим примером применения ГИС в морских транспортных системах может служить предложение ООО «Морской экспресс» совместно с партнера-

ми комплексных решений по реорганизации информационных систем предприятий морского транспорта Санкт-Петербурга и Северо-Запада России [29].

Система поддержки органов управления Новороссийского Морского торгового порта

Инженерно-компьютерной фирмой SOLVER, созданной в октябре 1993 г., на основе ГИС-технологий разработана комплексная система поддержки принятия решений органов управления Новороссийского Морского торгового порта [30].

Система предназначена для информационного обеспечения деятельности органов управления портом, информационной поддержки деятельности служб порта и информатизации систем жизнедеятельности порта.

К областям применения ГИС порта относятся:

- планирование и управление;
- оперативный контроль деятельности служб порта;
- анализ вариантов развития событий;
- разработка программ и планов развития порта;
- координация деятельности служб порта;
- моделирование ситуаций (стихийные бедствия, пожары и т. п.).

Главные направления работы фирмы связаны с распространением передовых компьютерных технологий.

ГИС в области фундаментальных исследований

Разработки ГИС и баз данных в различных отраслях науки в период с конца 90-х гг. активно поддерживаются Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ) [31]. Выполняемые разработки преимущественно носят оригинальный характер, не имеют прямых аналогов и предоставляют исследователям и разработчикам новые информационные ресурсы, а также методы и средства для их поддержания, доступа к ним и их обработки. Их отличительной особенностью являются попытки решения задач с мультимедийной информацией, успешный выбор и реализация способов визуализации, а также возможность доступа к информации по каналам связи.

Среди работ, выполненных в рамках программ РФФИ, следует отметить проект «Создание гидроинформационной системы и баз данных об особо опасных загрязнениях морского дна для оценки экологического состояния морских акваторий» (НИКТИБТС), в котором выполнено представление информационных ресурсов, включающих около 15000 потенциальных источников загрязнений.

(Окончание в следующем номере журнала)

ИСТОЧНИКИ (URL)

1. http://www.dataplus.ru/win/All_Gis/100_GIS/gis.htm
2. <http://giserver.icc.ru/library/geodisk2001/contents/egeg/074.htm>
3. <http://www.osp.ru/pcworld/1998/08/94.htm>
4. <http://www.iac.spb.ru>
5. <http://www.centergis.spb.ru>
6. http://cnit.pgu.serpukhov.su/win/map_www.htm
7. <http://www.pmel.noaa.gov/vents/coax/coax.html>
8. <http://www.gis.poi.dvo.ru>

9. http://www.dataplus.ru/WIN/ARCREV/Number_14/4_GIS.htm
10. <http://www.gbdgi.ru/esimo/esimo2001.html>
11. http://www.dataplus.ru/WIN/ARCREV/Number_14/5_Resurs.htm
12. http://library.mephi.ru/br_sr/sr99/sr10_05/0007.htm
13. <http://www.mage.ru/rus/shelf.html>
14. http://www.dataplus.ru/win/All_Gis/12KartGd/Barenc.htm
15. <http://gis.poi.dvo.ru/ocean>
16. http://www.fegi.ru/PGI/L_MPS/G_gbd.htm
17. http://www.dataplus.ru/win/All_Gis/13Ecolog/17Bech.htm
18. http://www.dataplus.ru/win/All_Gis/12KartGd/AVKart.htm
19. <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/775.html>
20. <http://www.pcweek.ru/news>
21. <http://bach.synapse.ru/koi/products/dss/intro.htm>
22. <http://www.vvsu.ru/cts/gis/mirrdta/>
23. <http://www.dataplus.ru/WIN/Tezis/Gelendgik.htm>
24. http://www.dataplus.ru/win/All_Gis/12KartGd/Sibir.htm
25. http://www.geophysic.ru/vestnik/issue11_2000/art1_11_2000.asp
26. http://www-geology.univer.kharkov.ua/ryk_rus.htm
27. http://www.gubkin.ru/kaf_gis_res5.html
28. http://www.dataplus.ru/WIN/ARCREV/Number_13/7_Arctica.htm
29. <http://catalog.online.ru>
30. http://www.solver.ru/gis_press/1251/home.htm
31. http://intra.rfbr.ru/pub/vestnik/V4_98/1_24.htm

V. G. Dmitriyev

Brief Review of Employment of Geoinformation Technologies in Hydrographic Aspects (based on the materials of the Russian zone of the Internet)

Examples of developments and employment of the modern computer technologies – geographic information systems (GIS) in the area of hydrography – are briefly reviewed. The examples are grouped according to the principle of community of the GIS application sphere. The presented materials show the width of the spectrum in which the hydrographic GIS are used. They also allow to reveal some general problems in the area of geoinformation technologies as applied to hydrography.

The review has been compiled using the publications of the Russian zone of the Internet and covers the period beginning from the second half of the 90s of the XX century. Each example has a reference to the corresponding URL.

The review is intended for the specialists in the field of GIS and hydrography.

**О НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ОСНОВАХ ЦИФРОВОЙ
КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЕСИМО**

ЧАСТЬ I

В. Г. ДМИТРИЕВ

(Арктический и Антарктический НИИ),

А. Б. ОПАРИН,

А. М. АБРАМОВ

(ГНИНГИ МО РФ)

Статья посвящена обзору общих сфер применения геоинформационных технологий и современного состояния нормативно-правовых основ деятельности в области цифровой картографической информации в интересах обеспечения функционирования модуля картографической и описательной информации Единой общегосударственной системы информации об обстановке в Мировом океане. В частности, рассмотрены основные нормативные акты федерального уровня, регламентирующие картографическую деятельность.

Введение

Проблемы Мирового океана затрагивают интересы многих министерств, ведомств и организаций, которые в течение многих десятилетий проводят сбор различных океанологических данных. Информационные ресурсы о Мировом океане служат базой для решения разнообразных научно-технических, экономических, политических и военных задач.

Для решения задач повышения эффективности управления деятельностью по изучению и использованию ресурсов Мирового океана и контроля его состояния необходима консолидация информационных ресурсов, распределенных в настоящее время по различным ведомствам.

Один из путей решения этой проблемы – создание в рамках Единой общегосударственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) (10-ая подпрограмма федеральной целевой программы «Мировой океан») [1] современной системы подготовки и актуализации морской информации о состоянии различных районов Мирового океана на основе геоинформационных технологий.

Реализация этой системы видится в построении модуля навигации искусственных сооружений и обеспечения геоданными (МНИСиОГ) ЕСИМО в качестве подсистемы ЕСИМО, осуществляющей подготовку и распространение фонда в цифровом (электронном) виде топографической, батиметрической, навигационной и другой тематической информации в интересах реализации функций других модулей ЕСИМО.

Основными задачами МНИСиОГ являются:

- разработка и реализация мер по осуществлению единой технической политики и регулированию цифровой (электронной) картографической деятельности в рамках ЕСИМО;
- обеспечение организаций-исполнителей ЕСИМО, органов государственной власти, местного самоуправления, юридических лиц и граждан карто-

графическими материалами и данными, достоверной информацией об обстановке в Мировом океане в цифровой (электронной) форме;

- создание и ведение банков цифровых, электронных карт и данных об обстановке в Мировом океане;

- координация работ организаций-исполнителей ЕСИМО по развитию научной, производственной и опытно-экспериментальной базы, разработке и внедрению в производство новой техники и технологии в области геодезии и картографии;

- развитие международного сотрудничества в области цифровой (электронной) картографической деятельности в рамках ЕСИМО.

В связи с тем, что деятельность ЕСИМО носит межведомственный характер, необходима эффективная нормативно-правовая основа взаимодействия организаций-исполнителей и потребителей ее продукции, т. к. система действующих в настоящее время нормативно-правовых актов в области цифровой картографии и геоинформационных систем в известной мере еще далека от полноты, а целый ряд документов, необходимых для организации эффективного управления ЕСИМО (в том числе и МНИСиОГ), отсутствует.

В статье приводятся краткий обзор общих сфер применения геоинформационных технологий и анализ современного состояния нормативно-правовых основ деятельности в области цифровой картографической информации в интересах обеспечения функционирования ЕСИМО.

Геоинформационные технологии

В мировой практике накоплен значительный опыт семантического и синтаксического согласования разнородных научных данных о природных объектах на основе современных информационных технологий – географических информационных систем (ГИС), распределенных баз данных и знаний и т. п.

Пространственная географическая информация играет важную роль при поддержке принятия политических, экономических, экологических решений, при реализации долгосрочных проектов и программ. Обеспечение органов управления актуальной, достоверной и комплексной информацией в настоящее время наиболее эффективно осуществляется с помощью ГИС. Эти системы дают возможность всесторонне исследовать, оценивать и обосновывать управленческие решения на основе совместного использования информации, представленной в картографическом, числовом и вербальном виде.

Технологии функционирования геоинформационных систем позволяют осуществлять сбор, хранение, увязку, обработку и пространственное распределение данных в цифровой форме и намного превосходят возможности обычных картографических систем. В самой концепции ГИС заложены широкие возможности сбора, интеграции и анализа любых распределенных в пространстве и/или привязанных к конкретному месту данных.

Главным условием эффективности практического применения любой ГИС-технологии и ее средств выступает их системное интегрирование в информационно-технологическую среду пользователей, т. е. в среду объектно-ориентированных баз данных и проблемных задач системы управления.

Интеграция различных видов предметной пространственно распределенной информации о территориальных ресурсах и объединение их с карто-

графическими данными осуществляется на основе современных информационных технологий, включающих технологии управления локальными и распределенными базами данных, технологии создания и ведения гипертекстовых баз данных и т. п.

Хотя мировая история цифровой картографии насчитывает уже несколько десятков лет (первые работы в этой области относятся к началу 60-х годов), в России официальный статус этот вид деятельности получил в начале 90-х годов с принятием ряда нормативных документов и организацией геоинформационных центров в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Новосибирске, Иркутске и Хабаровске [2].

Геоинформационные системы как программно-технические комплексы средств, позволяющих решать прикладные задачи с помощью цифровых карт, равно как и сами цифровые карты, сегодня чрезвычайно широко распространены. Разработкой программ и созданием цифровых карт только в России занимаются сотни организаций, в мире же их насчитывается значительно больше.

К сфере использования ГИС относятся: автоматизация расчетов при проектировании путей сообщения, линий связи, промышленных предприятий и иной застройки; моделирование развития природных и антропогенных процессов; определение последствий чрезвычайных ситуаций и планирование устранения их последствий и т. п., не говоря уже о военных приложениях, которые и послужили в свое время толчком к развитию новой технологии картографирования.

ГИС позволяют сопрягать в удобной для пользователя форме (например, в интерактивном режиме) на единой топографической основе разнородную информацию (включая табличные данные, тексты, рисунки, графики и т. п.), которая может храниться в распределенных базах данных. При этом обеспечивается точная привязка, систематизация, отбор и интеграция всей поступающей и хранимой информации, комплексность и наглядность информации для принятия решений, возможность динамического моделирования процессов и явлений и автоматизированного решения задач, связанных с анализом особенности территории, причем все эти функции могут осуществляться в реальном масштабе времени.

Сферы применения геоинформационных систем

Благодаря своим богатым ресурсам морские прибрежные области во всем мире исторически являются наиболее населенными и эксплуатируемыми районами. В настоящее время для успешного социально-экономического и устойчивого экологического развития страны и регионов решающее значение приобретает интеграция природоведческих наук с современной управленческой практикой.

Информация о Мировом океане представляет собой платформу для реализации экономико-правового механизма гармонизации (в условиях рыночного хозяйства) многочисленных противоречивых интересов прибрежных природопользователей. Такой подход позволяет самым эффективным образом трансформировать высокий уровень развития морских наук и хорошую

изученность прибрежной зоны непосредственно в социально-экономические достижения прибрежных регионов.

Так, анализ публикаций по методологии использования ГИС позволяет в первом приближении выделить следующие общие сферы применения геоинформационных систем (см., например, [3], а также [4] и др.):

В области оценки социально-политического состояния:

- сбор и обработка информации по анализу общественного мнения;
- оперативная оценка текущей социально-экономической и политической ситуации, анализ и прогноз уровня социально-политической напряженности в разрезе территорий и различных социальных групп;
- информация о партиях, движениях, отдельных политических лидерах, уровень поддержки по территориям.

В области оценки социально-экономического состояния:

- анализ учетно-статистической информации для управления комплексным развитием территории на основе обобщенных показателей социально-экономического развития;
- подготовка интегральных данных по административно-территориальным образованиям (общая характеристика территорий, выборные и исполнительные органы, структура имущественных показателей, характеристика инфраструктуры);
- учет распределения населения по территориям, миграционные процессы, социальная защита, трудоустройство и занятость населения, уровень жизни населения;
- поддержка процессов разработки планов и прогноз социально-экономического развития территории на основе планов экономической реформы, а также сведений о порядке и механизме ценообразования, финансирования промышленности и социальной среды и т. п.;
- поддержка и управление процессами приватизации, информационное обеспечение по учету и разграничению собственности, подготовка данных по оценке и управлению государственной собственностью.

В области оценки состояния экономики и финансов:

- подготовка бюджетов в отдельных административно-территориальных образованиях и их исполнение, контроль движения финансов, финансовые показатели области;
- анализ эффективности местной налоговой политики, взаимодействие налоговых служб по налогообложению физических и юридических лиц в соответствии с действующим законодательством;
- формирование обобщенных внутренних потребностей и предложений по экспорту и импорту продукции, поиск и подбор партнеров-потребителей и производителей, определение видов и объемов ввозимой и вывозимой продукции и согласование ценовой политики по ее реализации;
- информационное обеспечение инвестиционных проектов, взаимодействие банковских систем при решении вопросов кредитования, взаимодействие товарных, фондовых бирж, торговых домов для обеспечения территории материальными ресурсами;

- анализ уровня монополизма и динамики его изменения, формирование мероприятий по ценовой политике, качеству продукции, товаров и услуг, экологическому состоянию объектов и т. д.

В области оценки состояния экологии, природных ресурсов и природопользования:

- ведение земельного кадастра;
- кадастр природных ресурсов (лесное хозяйство, водное хозяйство и гидротехнические сооружения, полезные ископаемые);
- ведение реестра собственности;
- анализ ресурсов по их видам, темпам потребления и уровням переработки;
- определение и распределение квот на использование территориальных ресурсов и поиск выгодных партнеров по их реализации, развитие хозяйственной инфраструктуры области;
- создание и ведение базы экологического состояния территории (физическое, химическое, биологическое загрязнение атмосферы, почвы, подпочвы, поверхностных и подземных вод с учетом источников, масштабов и повторяемости), создание системы постов наблюдения;
- мониторинг по охране окружающей среды, прогнозирование и оценка последствий принимаемых решений;
- анализ влияния среды обитания на состояние здоровья населения, разработка программ улучшения среды обитания;
- обеспечение деятельности системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях, в том числе создание базы данных потенциально опасных объектов природного и техногенного характера, оценка и прогнозирование возможного возникновения и последствий чрезвычайных ситуаций.

В области оценки состояния транспорта и связи:

- сбор и обработка информации для оценки состояния и развития транспорта, подготовка данных для развития транспортной сети на территории области, формирование и контроль выполнения программ развития транспорта;
- сбор и обработка информации для оценки состояния систем связи, формирование и контроль выполнения программ развития связи.

В области оценки состояния коммунального хозяйства и строительства:

- сбор и обработка информации для оценки состояния коммунального хозяйства территории, подготовка данных по формированию программ развития коммунального хозяйства;
- анализ состояния жилищного фонда и инженерных систем жизнеобеспечения населения, информационная поддержка строительного комплекса, формирование программ развития строительного комплекса.

В области оценки состояния сельского хозяйства:

- поддержка и управление в сфере агропромышленного комплекса;
- поддержка и управление процессами использования земельных ресурсов;
- прогноз и анализ производства сельскохозяйственной продукции;

- оценка эффективности капиталовложений в сельское хозяйство;
- оценка состояния потребительского рынка.

В области оценки состояния здравоохранения, образования и культуры:

- анализ состояния здоровья населения по территориям, состояния системы здравоохранения, подготовка данных для развития здравоохранения;
- анализ состояния административно-территориального образования;
- учет культурных ценностей, развитие информационной системы обеспечения привлекательности для инвестиций и туризма.

В области оценки состояния общественного порядка и безопасности:

- анализ криминогенной обстановки в целом и в отдельных административно-территориальных образованиях;
- информационная поддержка правоохранительных органов, в том числе создание картографических баз данных (транспортные сети, системы регулирования транспортных потоков, охраняемые объекты и т. д.), базы данных по населению, системы связи управления внутренних дел;
- состояние мобилизационного резерва.

Понятно, что перечисленные разделы не исчерпывают всего многообразия сферы применения ГИС и приводятся здесь лишь в качестве примера. Предпосылками реализации перечисленных направлений использования ГИС являются [4]:

- формирование единого информационного пространства территории,
- проработка нормативно-правовой базы по взаимодействию органов государственной власти, органов местного самоуправления, предприятий и организаций различных форм собственности, коммерческих структур по вопросам создания геоинформационной системы,
- формирование цифровых карт территорий различного масштаба, объединение усилий научных и творческих коллективов, коммерческих и государственных структур в создании и внедрении геоинформационных технологий;
- создание центров сопровождения и поддержки геоинформационных систем.

Информационные услуги

Первые предприятия, которые начали активно заниматься в России разработкой и внедрением геоинформационных технологий («Трисофт», «Дата +» и Центр ГИС Института географии РАН), появились в 1992 г. С 1993 года в нашей стране интенсивно ведется работа по переводу традиционных карт в электронный вид. На первых этапах для ряда территорий России Роскартографией были изготовлены карты масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000, в последующем были созданы карты более крупных масштабов (1:25 000 и 1:50 000), а также цифровые карты крупных городов и промышленных центров.

Бурное развитие числа организаций, занимающихся производством цифровых карт, инициировало создание в 1995 г. «ГИС-Ассоциации», которая

объединила специалистов высших учебных заведений, научно-исследовательских, научно-производственных, инженерных, проектно-конструкторских, информационных и других организаций, занятых в области разработки и применения геоинформационных технологий. В настоящее время в Ассоциацию входит около 600 членов.

Основные направления деятельности Ассоциации включают:

- издание и поддержку издания специальных публикаций (журнал «Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации», ГИС-ежегодник, учебники, словарь по геоинформатике, ведение тематических рубрик и отдельные публикации в средствах массовой информации);
- проведение специальных выставок, конференций, семинаров, организацию совместного участия разработчиков систем в крупнейших российских и международных выставках, конференциях, семинарах;
- организацию работы центра по консалтингу и анализу развития программно-аппаратных средств и маркетинговым исследованиям;
- разработку рекомендаций по стандартизации обмена географическими данными и совершенствованию нормативно-правовой базы;
- содействие в подготовке и трудоустройстве специалистов;
- представительство интересов членов Ассоциации в органах государственного управления и на международном уровне;
- работу по совершенствованию нормативно-правовой базы геоинформатики в России и странах СНГ.

С 1994 года выходит периодическое издание «ГИС-обозрение».

В настоящее время вопросами разработки ГИС занимается ряд министерств и ведомств, многие органы управления субъектов Российской Федерации, администрации местного самоуправления, многочисленные коммерческие структуры.

В перечень услуг, предоставляемых организациями-производителями ГИС-продуктов потребителям, входят, как правило, следующие: инсталляции программного обеспечения и поставки оборудования для использования цифровых карт; изготовление цифровых моделей пространственных объектов, цифровых карт, планов и баз данных; создание ГИС различного уровня и систем картографического обеспечения систем контроля/управления на базе ГИС; разработка и создание информационных систем по различным направлениям; организация производственных центров по цифровой картографии и цифровой обработке аэрофотоснимков; создание систем проектирования инженерных сооружений; обучение и консалтинг, оперативная поддержка пользователей и систем; проведение предпроектных исследований и реализация проектов «под ключ»; разработка Web-сайтов с размещением карт и реализацией информационных запросов и др.

В состав информационных услуг обычно входят такие мероприятия, как:

- освоение технологии разработки и сопровождения больших географических баз данных;
- разработка методов пространственного анализа географической информации;

- разработка экспертно-информационных/экспертно-имитационных систем как инструмента планирования вариантов управления распределенными объектами;
- конструирование мобильных пользовательских систем анализа географической информации с помощью программных средств быстрой разработки приложений;
- технология представления интерактивного сервиса ГИС в корпоративных глобальных сетях;
- технология интеграции в корпоративные средства разработки ГИС, открывающей доступ к средствам анализа пространственной информации пользователям сети.

В этот же период в интересах обеспечения цифровой картографической продукцией центральных органов государственной власти, а также других заказчиков, нуждающихся в цифровой картографической информации, силами Государственного научно-внедренческого центра геоинформационных систем и технологий (Госгисцентра) создается Центральный фонд цифровых топографических карт и планов Роскартографии.

Центральный фонд осуществляет методическое руководство деятельностью фондов в региональных геоинформационных центрах.

В настоящее время Госгисцентр приступил к реализации в форматах ArcInfo (ESRI) цифровой информации открытого использования из Фонда цифровых топографических карт и планов Роскартографии, цифровые топографические карты которого по покрываемой территории и составу информации полностью соответствует аналогичному номенклатурному листу традиционной топографической карты [5].

Основу хранимой в Фонде информации составляют топографические карты масштабов 1:1 000 000 (всего 144 номенклатурных листа) и 1:200 000 (3495 номенклатурных листов) на всю территорию России. Цифровые карты более крупных масштабов (1:25 000, 1:50 000, 1:100 000) изготавливаются лишь на отдельные территории. Среди цифровых планов городов масштабов 1:10 000 и 1:25 000 в первую очередь создаются планы населенных пунктов, в которых размещены опасные производства.

Цифровая информация хранится в обменном рабочем формате Роскартографии. Для удобства использования цифровых карт и планов при создании различных геоинформационных систем осуществляется их конвертация в наиболее распространенные отечественные и зарубежные форматы данных, в первую очередь в ArcInfo. Помимо использования отечественных классификаторов, Госгисцентр конвертирует цифровую информацию в формат ArcInfo в соответствии с требованиями международных стандартов группы ISO. Правом на распространение своих цифровых карт, технической документации и прочих материалов обладает ООО «Дата +».

По содержанию цифровая информация подразделяется на следующие основные слои:

- рельеф суши;
- гидрография и гидротехнические сооружения;
- населенные пункты;

- промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты;
- дорожная сеть и дорожные сооружения;
- растительный покров и грунты;
- границы, подписи и другие элементы содержания.

Изображение объектов и их элементов на цифровых топографических картах и планах осуществляется с учетом общепринятых символов, условных знаков и классификаторов, описанных в инструкциях и наставлениях Роскартографии, Военно-топографического управления, других министерств и ведомств.

Потребители цифровых данных могут получать только те слои или группы объектов, которые им требуются, а также на любую территорию могут заказывать информацию как в виде отдельных листов, так и собранную в единый массив.

Многообразие видов цифровой картографической продукции и их владельцев обусловило необходимость разработки баз метаданных о российских владельцах продукции цифровой картографии. Примером такой базы может служить Интернет-метабаза данных для Российской части региона Баренцева моря (Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Апатиты, Мурманская область, <http://www.dataplus.ru/WIN/Tezis/Koshkin.htm>).

Структура нормативно-правового обеспечения

В силу ряда объективных и субъективных причин геоинформационные технологии не получили должного распространения в органах государственной власти. Отчасти это связано с тем, что законодательная и нормативно-техническая база организации и проведения этих работ все еще не разработана.

В аспекте проблем информационного взаимодействия в рамках ЕСИМО ситуация усугубляется устареванием документов, определяющих регламент управления данными.

Совокупность существующих правовых актов в сфере цифровой картографии включает нормативные документы федерального уровня, непосредственно регламентирующие картографическую деятельность в целом, и документы, косвенно влияющие на правовые отношения в области цифровой картографии (законодательство в смежных областях).

На федеральном уровне нормативно-правовое обеспечение цифровых картографических работ представлено Законом о геодезии и картографии [6], Положением о Федеральной службе геодезии и картографии России [7], Положением о Федеральном картографо-геодезическом фонде [8], Положением о государственном геодезическом надзоре за геодезической и картографической деятельностью [9], Положением о лицензировании топографо-геодезической и картографической деятельности в российской федерации [10], Положением о системе сертификации геодезической, топографической и картографической продукции [11] и Развернутым перечнем сведений, подлежащих засекречиванию по системе Федеральной службы геодезии и картографии России [12] (см. также [13]).

Как известно, общие правовые основы деятельности в области геодезии и картографии устанавливает **Закон о геодезии и картографии** (далее – За-

кон), который определяет основные понятия и регулирует основные правовые отношения в области геодезической и картографической деятельности, при этом приоритет устанавливается за правилами, закрепленными международными договорами Российской Федерации.

В Законе разграничиваются геодезические и картографические работы федерального и специального (отраслевого) назначения. Интересно отметить, что создание и ведение географических информационных систем федерального и регионального назначения относятся к геодезическим и картографическим работам федерального назначения. Также к работам федерального назначения относится создание морских карт.

Закон устанавливает субъекты и объекты правовых отношений в области геодезической и картографической деятельности, определяет статус нормативно-технических документов, отдавая преимущественные права федеральному органу исполнительной власти по геодезии и картографии (Роскартография).

В Законе определен порядок метрологического обеспечения и финансирования геодезической и картографической деятельности, порядок возмещения вреда, причиненного в результате геодезической и картографической деятельности, а также отражены вопросы авторского права и собственности на геодезическую и картографическую продукцию, указан порядок передачи информации об объектах местности, порядок охраны пунктов государственных геодезических сетей и установлена ответственность за нарушение законодательства Российской Федерации о геодезической и картографической деятельности.

Особое внимание уделено картографо-геодезическим фондам Российской Федерации, в которые граждане и юридические лица обязаны безвозмездно передавать один экземпляр копий созданных ими геодезических и картографических материалов.

Согласно Закону геодезическая и картографическая деятельность подлежит лицензированию, которое осуществляет Роскартография в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Государственный геодезический надзор за геодезической и картографической деятельностью осуществляется федеральным органом исполнительной власти по геодезии и картографии и его территориальными органами.

Геодезическая и картографическая деятельность в целях обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации осуществляется федеральным органом исполнительной власти по обороне и федеральным органом исполнительной власти по геодезии и картографии.

В качестве одной из своих основных задач [7] **Роскартография** разрабатывает и реализует меры по осуществлению единой технической политики и регулированию геодезической и картографической деятельности, а также координирует работы по развитию научной, производственной и опытно-экспериментальной базы, разработке и внедрению в производство новой техники и технологии в области геодезии и картографии.

В соответствии с основными задачами **геодезического надзора** [9] органы государственного надзора (Роскартография и ее территориальные органы), в частности,

- контролируют соблюдение установленного порядка выполнения картографических работ, в том числе их метрологического обеспечения и требований государственных стандартов, а также учета, хранения, размножения и использования материалов и данных, полученных в результате проведения этих работ;

- осуществляют надзор за соблюдением установленного порядка составления и издания карт, планов, атласов и другой продукции, содержащей картографические материалы или имеющей картографическую основу;

- ведут учет завершенных геодезических и картографических работ, собирают сведения о геодезической и картографической изученности территории Российской Федерации и обеспечивают в установленном порядке эти сведениями организации и граждан;

- ведут реестр организаций, осуществляющих геодезическую и картографическую деятельность, реализацию результатов этой деятельности и космических съемок, создание информационных фондов и банков геодезических и картографических материалов и данных;

- осуществляют надзор за единым информационным обеспечением создания цифровых и электронных карт и банков таких карт;

- выдают в установленном порядке лицензии на осуществление геодезической и картографической деятельности, формируют и ведут реестры лицензий;

- формируют и ведут государственный реестр ведомственных картографо-геодезических фондов.

Федеральный картографо-геодезический фонд находится в ведении Роскартографии и является составной частью государственного картографо-геодезического фонда Российской Федерации. Он является совокупностью данных, имеющих общегосударственное, межотраслевое значение, полученных в результате осуществления геодезической и картографической деятельности, представленных в графической, цифровой, фотографической и иных формах и подлежащих постоянному или длительному хранению.

Как уже отмечалось, согласно Положению [8] организации независимо от их организационно-правовой формы и граждане, осуществляющие геодезическую и картографическую деятельность в соответствии с законодательством Российской Федерации о геодезии и картографии, безвозмездно передают в фонд оригиналы или копии полученных материалов и данных, подлежащих включению в фонд, а материалы и данные фонда предоставляются пользователям на договорной основе. В частности, в состав фонда входят материалы и данные по созданию геоинформационных систем федерального и регионального назначения.

Создание федеральных и региональных фондов морской картографии и банков цифровых данных (в том числе и для систем отображения морских электронных карт) входит в обязанности ГУНиО МО РФ [14].

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 1994 г. № 1418 «О лицензировании отдельных видов деятельности» **лицензированию** подлежит производство топографо-геодезических и картографических работ (в том числе создание цифровых,

электронных карт и геоинформационных систем). При этом работы, выполняемые организациями Министерства обороны Российской Федерации в интересах обороны страны, лицензированию не подлежат.

Согласно Положению [10], лицензирование топографо-геодезических и картографических работ осуществляют органы Роскартографии.

Лицензии на производство работ федерального значения, к которым, как было отмечено выше, относятся и работы по созданию морских карт, выдаются только организациям Роскартографии и Министерства обороны Российской Федерации.

Система **сертификации** [11] геодезической, топографической и картографической продукции создана Роскартографией для организации и проведения работ по обязательной и добровольной сертификации различных видов продукции, в которые входит и цифровая картографическая продукция. Основное назначение системы сертификации:

- проверка и подтверждение соответствия продукции установленным требованиям;
- содействие потребителям в выборе продукции высокого качества;
- повышение конкурентоспособности продукции;
- поддержка репутации производителя и повышение доверия к реализуемой продукции, имеющей знак соответствия;
- защита интересов государства и его граждан от недобросовестных предприятий и организаций, производящих картографическую продукцию.

Номенклатуру геодезической, топографической и картографической продукции, подлежащей обязательной сертификации, определяет Госстандарт России или другие федеральные органы исполнительной власти в соответствии с законодательными актами Российской Федерации.

Добровольной сертификации могут подвергаться любые виды геодезической, топографической и картографической продукции, не отнесенные к продукции, подлежащей обязательной сертификации. Проведение добровольной сертификации не заменяет проведение обязательной сертификации, если таковая предусмотрена для данного вида продукции

Защита картографической информации регламентируется целым рядом общих и специализированных нормативных актов. Помимо упомянутых документов [12, 13], к ним относится ПИСЬМО Государственного таможенного комитета РФ от 11 августа 1997 года № 01-15/15278 «О контроле за перемещением картографических, топографических, аэрокосмических, геодезических и гравиметрических материалов», а также общегосударственные нормативно-правовые акты по соблюдению сохранения государственной тайны и обеспечению информационной безопасности страны.

К нормативным актам **в смежных областях** следует, в первую очередь, отнести Закон об информации, информатизации и защите информации, Гражданский кодекс, Закон о внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации, а также Положения о Государственном комитете Российской Федерации по стандартизации и метрологии, о Государственном комитете Российской Федерации по статистике, о Мини-

стерстве Российской Федерации по связи и информатизации, о Министерстве обороны Российской Федерации и т. д.

(Окончание в следующем номере журнала)

ЛИТЕРАТУРА

1. Подпрограмма «Создание Единой системы информации об обстановке в Мировом океане // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Федеральная целевая программ «Мировой океан». – М.: – 1997. – 50 с.
2. Рогачев А.В. О разработке отраслевых стандартов Роскартографии в области цифровой картографии // «Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации», №1(18) 1999 г. //http://www.geomarket.ru//1763.html
3. Дмитриев В.Г. Примерная классификация (рубрикация) информационных ресурсов Администрации муниципального образования (для муниципального образования типа района области) // Вестник «Международная академия». – № 11. – СПб: МАИСУ. – 1999. С. 1–26.
4. Концепция географической информационной системы для органов государственной власти Пермской области на 1999–2001 гг. // http://www.perm.ru/gis/conc02.htm
5. Плешков В., Шустов Д., Ястребов А. Цифровые карты Роскартографии в форматах ARC/INFO // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. – № 9. – 1999. //http://www.detaplus.ru/WIN/ARCREV/Number_9/2_map.htm
6. Федеральный закон о геодезии и картографии. Принят Государственной Думой 22 ноября 1995 г. //http://www.consultant.ru
7. Положение о Федеральной службе геодезии и картографии России. Утверждено Постановлением Правительства РФ от 8 сентября 1999 г. № 1021. //http://www.consultant.ru
8. Положение о Федеральном картографо-геодезическом фонде. Утверждено Постановлением Правительства РФ от 8 сентября 2000 г. № 669. //http://www.consultant.ru
9. Положение о государственном геодезическом надзоре за геодезической и картографической деятельностью. Утверждено постановлением Правительства РФ от 28 марта 2000 г. № 273. //http://www.consultant.ru
10. Положение о лицензировании топографо-геодезической и картографической деятельности в РФ. Утверждено постановлением Правительства РФ от 26 августа 1995 г. № 847. //http://www.consultant.ru
11. Положение о системе сертификации геодезической, топографической и картографической продукции. Утверждено приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 4 августа 2000 г. № 99-пр. //http://www.consultant.ru
12. Развернутый перечень сведений, подлежащих засекречиванию по системе федеральной службы геодезии и картографии России. Письмо «О контроле за перемещением картографических, топографических, аэрокосмических, геодезических и гравиметрических материалов» Государственного таможенного комитета РФ от 11 августа 1997 г. № 01-15/15278. Приложение 2. //http://www.consultant.ru
13. Перечень элементов содержания топографических карт и планов городов, не подлежащих показу на картах открытого пользования. Утвержден Роскартографией 06.03.95 г. //http://www.consultant.ru
14. Положение о Главном управлении навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации // Введено Приказом Главкомандующего ВМФ № 180 от 15 мая 1998 г.

V. G. Dmitriyev, A. B. Oparin, A. M. Abramov

On the Normative-Legal Principles of Digital Cartographic Activities in the Unified System of Information on the World Ocean State. Part I

The article is devoted to the review of the general application spheres of geoinformation technologies and the present-day state of the normative-legal principles of activities in the area of digital cartographic information intended to provide the operation of the cartographic and descriptive information module of the Unified State System of Information on the World Ocean State. In particular, the main normative acts at the federal level regulating the cartographic activities are considered.

**О НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРЕХОДА К ЕДИНОЙ ОБЩЕЗЕМЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ
КООРДИНАТ В МОРСКОЙ НАВИГАЦИИ****В. С. БОЛДЫРЕВ**

(ЦНИИМФ),

О. Г. ЕМЕЛЬЯНОВ

(ЗАО Транзас Марин)

В статье обсуждается необходимость издания морских навигационных карт во всемирной системе координат WGS 84.

Исторически сложилось так, что по мере развития геодезии и накопления знаний о форме и размерах Земли каждая развитая страна самостоятельно выбирала собственную систему географических координат, необходимую для создания плановой опоры съёмочных работ и издания топографических карт. В качестве математической фигуры аппроксимирующей поверхность нашей планеты, выбирался эллипсоид вращения, поверхность которого наилучшим образом совпадала с поверхностью Земли по всей территории данного государства. Положение центра эллипсоида и его ориентация закреплялись одним или несколькими пунктами геодезической сети наивысшего класса точности, принятыми в качестве исходных. Координаты исходных пунктов определялись астрономическими способами и методами триангуляции передавались на следующие точки. Созданная в стране геодезическая сеть служила основой для топографических съёмок и выполнения изыскательских и других работ, требующих взаимной увязки элементов различных сооружений (мостов, железных и автомобильных дорог, плотин и т. п.).

Этот же принцип используется и при издании морских навигационных карт. Низкая точность определения места на море (напомним, что ЗДЕСЬ величины погрешностей астрономических определений места имеют порядок километров, радиотехнических и визуальных способов – сотен метров) до последнего времени не требовала точной привязки друг к другу многочисленных местных, или, как их ещё называют, референцных, систем координат морских карт. Такие рекомендации учебников навигации, как: «переход на другую карту следует производить по пеленгу и дистанции до навигационного знака, показанного на обеих картах, а не по координатам счислимой точки», вполне позволяли исключать влияние разных систем координат морских карт. В 70-е годы были введены в эксплуатацию спутниковые навигационные системы (СНС) первого поколения «ТРАНЗИТ» (США) и «ЦИКАДА» (СССР), рабочая зона которых охватывала весь Земной шар. Обе эти системы функционировали в геоцентрических системах координат: WGS 72 и аналогичной отечественной – ПЗ 85 (Параметры Земли). Точность места, полученного по этим системам, уже позволяла почувствовать разницу между координатами карты, составленной в местной системе, и координатами, вырабатываемыми приемоиндикатором СНС.

В первой половине 80-х годов Комитет по Безопасности на Море ИМО, по предложению Международной Гидрографической Организации, распространил Циркулярное письмо, в котором обратил внимание стран-участниц на

необходимость указания на морских навигационных картах названия системы координат карты и значений поправок для перехода ко всемирной системе координат. Следует заметить, что в этот период началась опытная, но при этом широкомасштабная эксплуатация среднеорбитной спутниковой навигационной системы непрерывного действия GPS (США), обеспечивающей автоматическое определение места с погрешностью не более 100 м. ($P = 0,95$). В дальнейшем так называемый дифференциальный режим работы системы позволил повысить точность места в зоне действия береговой контрольной станции до 10 м ($P = 0,95$). В мае 2000 года США объявили об отмене «режима ограниченного доступа (SA)». Указанное решение дало возможность получения места с точностью порядка 5–8 м во всех акваториях Мирового Океана.

В декабре 2000 года Комитет по Безопасности на Море ИМО принял новую редакцию Главы 5 «Навигационная безопасность мореплавания» Международной Конвенции СОЛАС 74. Правило 19 этой Главы устанавливает, что в качестве эквивалентной замены выполнения предварительной и исполнительной прокладок на морских навигационных картах на всех судах могут быть использованы «Электронные картографические навигационные информационные системы» (ECDIS). Требования к картографическим цифровым базам данных таких систем указываются в документах S 52 и S 57 Международной Гидрографической Организации. Правила проведения испытаний систем ECDIS, включая и проверки баз цифровых картографических данных, изложены в Стандарте Международной Электротехнической Комиссии 61174/Ed.2 «Электронные картографические навигационные информационные системы. Правила производства испытаний и оценки полученных результатов». Во всех перечисленных документах указывается, что электронные навигационные карты должны быть построены во всемирной системе координат WGS 84 (уточненная система координат, заменившая систему WGS 72).

В Правиле 19 новой редакции Главы 5 Конвенции СОЛАС 74 сказано, что в качестве дублирующего средства ECDIS признается и комплект откорректированных традиционных (бумажных) навигационных карт.

Как уже отмечалось, эти карты могут быть изданы и в местных системах координат. Следовательно, при переходе на резервное средство ведения прокладки, нужно помнить и о возможном изменении системы координат.

Уже упоминавшаяся новая редакция Главы 5 Конвенции СОЛАС–74 вводит с 1 июля 2002 года требование обязательного оборудования большой группы судов новым видом навигационных средств устройствами «Автоматического опознавания» (Automatic Identification Systems AIS). В Резолюции, определяющей требования к характеристикам такой аппаратуры указывается, что свои координаты, обязательно полученные по дифференциальному режиму работы GPS, эти устройства должны транслировать в системе координат WGS 84.

Постановлением Правительства Российской Федерации № 568 от 28 июля 2000 года с 1 июля 2002 года в нашей стране вводится новая система координат «СК 95». Эта система предназначена для выполнения картографических и геодезических работ. Она должна будет заменить действующую у нас более полувека систему координат «СК 42». Ввод в действие новой координатной системы в еще большей степени увеличит разнообразие систем ко-

ординат отечественных морских навигационных карт. В самом деле, спутниковая навигационная система GPS, уже в настоящее время являющаяся основным средством обеспечения мореплавания, работает в системе координат WGS 84. Российская система «ГЛОНАСС» функционирует в геоцентрической системе «ПЗ 90». Электронные карты, предназначенные в основном для совместного использования со спутниковой навигационной системой GPS, создаются во всемирной системе координат WGS 84. И только традиционные морские навигационные карты продолжают издаваться в локальных референциальных системах. Разумеется, такие системы лучше, чем глобальные, аппроксимируют ограниченные участки поверхности суши с прилегающими к ним акваториями морей. Однако одновременно создаются и определенные неудобства для навигационной практики, связанные с необходимостью постоянно следить за идентичностью систем координат. Современная вычислительная техника позволяет автоматизировать этот процесс, но потенциальная причина возможных ошибок все равно остается.

При принятии решения о переходе ко всемирной системе координат морских навигационных карт в первую очередь следует оценить потерю точности отображения обстановки на плоскости в пределах стандартного листа карты. Очевидно, что погрешности взаимного положения объектов карты будут возрастать по мере увеличения расстояния между этими объектами. Но для морской навигации такие дистанции обычно ограничены. По нашей оценке, ухудшение точности относительного положения объектов, показанных на стандартном листе навигационной карты, вполне уложится в границы предельной точности масштабов путевых карт. На частных картах и планах в силу ограниченной площади участков отображения эти различия будут еще меньше.

Другим спорным положением может быть то, что топографические и морские карты одной страны будут построены на разных плановых основах. В области обычной навигационной практики морских транспортных судов отмеченное обстоятельство значения иметь не будет, так как здесь необходимость совместного применения морских и топографических карт никогда не возникает. Кроме того, упомянутые виды карт все равно трудно совместимы, поскольку издаются в разных картографических проекциях (Гаусса и Меркатора).

Морские навигационные карты традиционно создавались на общем принципе: изображение берега и рельефа дна «привязывалось» к сетке координат, в которой показано положение опорных пунктов, используемых для определения места. В настоящее время основными средствами непрерывного контроля места стали спутниковые высокоточные навигационные системы. Следовательно, и все виды навигационных карт должны быть в той же системе координат, в которой работают упомянутые средства определения места, то есть в геоцентрической всемирной системе координат WGS 84. Электронная картография сделала этот шаг, очередь – за традиционными картами.

V. S. Boldyrev, O. G. Emelyanov

On the Necessity to Move on to the Unified Earth Co-ordinate System in Marine Navigation

The necessity to publish the navigation charts based on the World Coordinate System – WGS-84 – is discussed.

ГРНТИ 73.34.37

КОРРЕЛАТНЫЙ АНАЛОГ ФИЛЬТРА КАЛМАНА

**В. О. ДМИТРИЕВ,
Г. В. МАКАРОВ**

(ГМА им. адм. С. О. Макарова)

Рассмотрен вопрос об обработке навигационных измерений. Даны краткие сведения о традиционном фильтре Калмана. Предлагается новый математический аппарат последовательной фильтрации, основанный на коррелятном способе обобщенного метода наименьших квадратов. Предлагаемый и традиционный алгоритмы проиллюстрированы примером. Показано, что коррелятный аналог дает ряд преимуществ по сравнению с традиционным фильтром Калмана.

Предложенный Рудольфом Калманом в 1960 году алгоритм цифровой фильтрации получил широкое распространение в различных отраслях науки и техники, в том числе для решения навигационных задач при использовании разнородных навигационных систем. Однако практическое применение фильтра Калмана, несмотря на простоту алгоритма, требует особого внимания к построению математических моделей обрабатываемых процессов, а также к длине разрядной сетки вычислительных устройств, особенно в плохо обусловленных задачах. С учетом этих требований впоследствии было разработано и опробовано множество вариантов применения алгоритма Калмана при решении задач навигации, гидрографии, геодезии, геофизики, океанографии, гидродинамики и многих других областей знания.

Описание работы алгоритма

Алгоритм фильтра Калмана в реальном времени строит оптимальную оценку состояния системы, основываясь на измерениях физических величин, связывающих искомый вектор состояния с исходными данными (координатами навигационных ориентиров).

Для выбора одного из возможных путей оценки искомого вектора состояния необходимо задать критерий оптимальности. Как правило, в навигации, гидрографии и других смежных отраслях критерий оптимальности строится на принципе метода наименьших квадратов (МНК), а в качестве метрики выбирается средняя квадратическая ошибка (СКО).

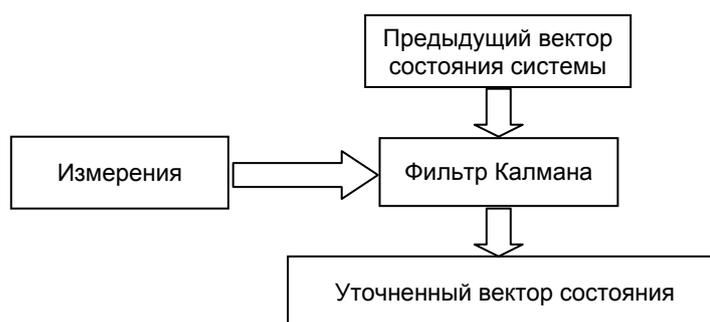


Рис. 1. Схема работы традиционного фильтра Калмана

Рис. 1 иллюстрирует работу алгоритма фильтра Калмана в отдельном цикле. На каждом новом цикле алгоритма начальными условиями служат оценка состояния системы и величина, характеризующая ее погрешность. Совокупность измерений, отнесенных к каждому из моментов времени, определяет вектор измерений. Алгоритм последовательно обрабатывает вновь поступающие измерения, учитывая при этом вычисленные в предшествующем цикле значения компонент вектора состояния. На следующем этапе с помощью обрабатываемых на данном цикле измерений уточняются начальные условия [1].

С точки зрения теории математической обработки измерений, алгоритм фильтра Калмана основан на последовательной рекуррентной форме параметрического способа обобщенного метода наименьших квадратов (ОМНК).

В классической линейной дискретной постановке математический аппарат фильтра Калмана описывается следующим выражением [2]:

$$X_{i+1} = X_i + (K_{X_i}^{-1} + B^T K_{U_{i+1}}^{-1} B)^{-1} B^T K_{U_{i+1}}^{-1} W_{i+1}, \quad (1)$$

$$K_{X_{i+1}} = (K_{X_i}^{-1} + B^T K_{U_{i+1}}^{-1} B),$$

где

X_i – вектор координат предыдущей точки;

K_{X_i} – ковариационная матрица предыдущей точки;

$K_{U_{i+1}}$ – ковариационная матрица поступивших измерений (если измерение одно, то $K_{U_{i+1}} = m_{U_{i+1}}^2$);

B – матрица коэффициентов параметрических уравнений поступивших измерений;

X_{i+1} – вектор уравненных искомых координат точки;

$K_{X_{i+1}}$ – ковариационная матрица уравненной точки;

$W_{i+1} = L_{i+1} - BX_i$ – вектор свободных членов параметрических уравнений поправок в измерения.

В изложенной постановке в алгоритме фильтра Калмана приходится использовать процедуру обращения матрицы K_{X_i} , порядок которой равен ко-

личеству определяемых величин, то есть числу, определяющему длину вектора состояния системы.

Ниже будет показано, что описанная фильтрация может быть реализована и на основе коррелятного способа ОМНК и что коррелятный аналог фильтра Калмана имеет определенные преимущества перед параметрической формой фильтра Калмана.

Как известно из теории математической обработки измерений, каждое избыточное измерение обуславливает появление одного условного уравнения. Коррелятный способ выгоден в тех случаях, когда число избыточных измерений меньше порядка вектора состояния (числа определяемых величин). Рекуррентная природа фильтра Калмана означает совместную обработку поступившего измерения с прогнозной оценкой вектора состояния на момент времени поступления этого измерения. Другими словами, на каждом цикле обработки избыточность решаемой задачи равна единице.

В качестве условного уравнения, пригодного для любых сочетаний измеренных навигационных параметров и для сочетаний счислимых координат и навигационных параметров, можно предложить следующее уравнение [3]:

$$\omega_{ijk} = n_i \sin(\tau_k - \tau_j) + n_j \sin(\tau_i - \tau_k) + n_k \sin(\tau_j - \tau_i), \quad (2)$$

где

n – переносы линий положения;

τ – азимуты градиентов параметров (переносов линий положения);

ω – невязка условного уравнения.

В уравнении (2) невязка численно равна определителю системы трех уравнений линий положения, представленных в нормальной форме:

$$\begin{aligned} \cos \tau_1 \cdot \delta\varphi + \sin \tau_1 \cdot \delta\omega - n_1 &= 0 \\ \cos \tau_2 \cdot \delta\varphi + \sin \tau_2 \cdot \delta\omega - n_2 &= 0 \\ \cos \tau_3 \cdot \delta\varphi + \sin \tau_3 \cdot \delta\omega - n_3 &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\delta\varphi$, $\delta\omega = \delta\lambda \cos \varphi_{сч}$ – искомые поправки к счислимым координатам.

Под счислимыми координатами будем понимать в терминах фильтра Калмана спрогнозированную оценку вектора состояния на момент полученного измерения.

Из аналитической геометрии известно, что условием пересечения трех прямых в одной точке является равенство определителя системы трех уравнений нулю:

$$\det A = \begin{vmatrix} \cos \tau_1 & \sin \tau_1 & -n_1 \\ \cos \tau_2 & \sin \tau_2 & -n_2 \\ \cos \tau_3 & \sin \tau_3 & -n_3 \end{vmatrix} = n_1 \sin(\tau_3 - \tau_2) + n_2 \sin(\tau_1 - \tau_3) + n_3 \sin(\tau_2 - \tau_1) = 0.$$

На каждом шаге с поступлением измерения в обработку посылаются счислимые координаты места судна и результаты измерения навигационного параметра.

Счисляемое место (счисляемую широту и счисляемую долготу) можно трактовать как точку пересечения двух линий положения: счисляемой параллели и счисляемого меридиана (рис. 2).

Отметим, что значение невязки не зависит от выбранной точки линейризации функции описываемого навигационного параметра, поэтому целесообразно в качестве точки линейризации выбирать числимое место. В этом случае

- переносы числимых параллели и меридиана будут равны нулю:

$$n_{\varphi_c} = 0, \quad n_{\omega_c} = 0;$$

- азимуты градиентов числимых широты и долготы соответственно равны:

$$\tau_{\varphi_c} = 0^\circ,$$

$$\tau_{\omega_c} = 90^\circ.$$

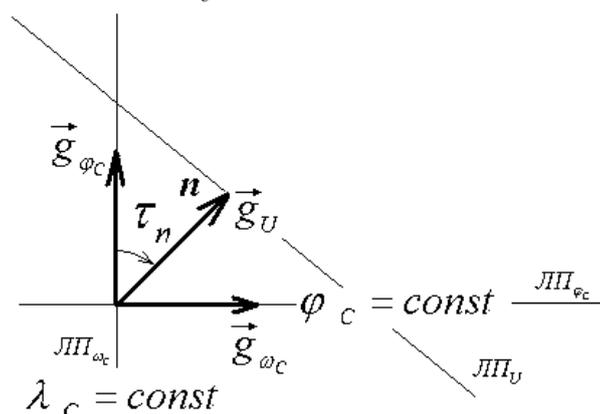


Рис. 2. Линии положения

Перейдем к описанию коррелятного аналога фильтра Калмана или, другими словами, коррелятного способа рекуррентного оценивания обобщенным методом наименьших квадратов (ОМНК).

Не нарушая строгости, заменим равномасштабную систему координат φ, ω на прямоугольную X, Y .

Таким образом, принимая за точку линейризации числимые координаты, получим три линии положения с элементами:

- линия положения числимой абсциссы
- линия положения числимой ординаты
- линия положения навигационного параметра

$$n_{\varphi_c} = 0, \quad \tau_{\varphi_c} = 0^\circ;$$

$$n_{\omega_c} = 0, \quad \tau_{\omega_c} = 90^\circ;$$

$$n_U = \frac{U_{\text{ИЗМ.}} - U_C}{g_U}, \quad \tau_U = \text{arctg} \frac{b}{a},$$

где $U = f(x, y)$ – функция, описывающая навигационный параметр;

$$a = \frac{\partial f}{\partial x_c}; \quad b = \frac{\partial f}{\partial y_c} \text{ – частные производные от функции, описывающей навигационный параметр.}$$

Подставляя элементы линий положения в условное уравнение (2), получим

$$\begin{aligned} \omega &= n_{x_c} \sin(\tau_U - \tau_{Y_c}) + n_{Y_c} \sin(\tau_{x_c} - \tau_U) + n_U \sin(\tau_{Y_c} - \tau_{x_c}) = \\ &= 0 + 0 + n_U \sin 90 = n_U. \end{aligned} \quad (4)$$

В соответствии с математическим аппаратом коррелятного способа составим условное уравнение поправок, разложив условное уравнение (2) в ряд Тейлора:

$$av_{x_c} + bv_{Y_c} + cv_{\omega} + \omega = 0,$$

где

$$a = \frac{\partial \omega}{\partial x_c} = \sin(\tau_U - \tau_{Y_c}) = \sin(\tau_U - 90^\circ) = -\cos \tau_U;$$

$$b = \frac{\partial \omega}{\partial y_c} = \sin(\tau_{x_c} - \tau_U) = \sin(-\tau_U) = -\sin \tau_U;$$

$$c = \frac{\partial \omega}{\partial n_U} = \sin(\tau_{Y_c} - \tau_{x_c}) = \sin 90^\circ = 1.$$

Запишем условное уравнение поправок в матричном виде:

$$AV+W=0;$$

$$A = \begin{bmatrix} -\cos \tau_U & -\sin \tau_U & 1 \end{bmatrix}; \quad V = \begin{bmatrix} v_{x_c} \\ v_{Y_c} \\ v_U \end{bmatrix}; \quad W = \omega; \quad 0 = [0].$$

Решая условное уравнение поправок, в котором три неизвестных v_{x_c} , v_{Y_c} , v_U по МНК, получим нормальное уравнение корреляты:

$$Nk + \omega = 0, \quad (5)$$

где

$N = AKA^T$ – матрица коэффициентов нормальных уравнений,

$$K = \begin{bmatrix} K_C & 0 \\ 0 & m_U^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{x_c}^2 & K_{x_c Y_c} & 0 \\ K_{x_c Y_c} & m_{Y_c}^2 & 0 \\ 0 & 0 & m_{n_U}^2 \end{bmatrix} \text{ – ковариационная матрица счис-$$

лимого места и навигационного параметра. В ковариационной матрице m_{x_c} ,

m_{Y_c} – СКО счислимых координат, m_{n_U} – СКО переноса линии положения,

$K_{x_c Y_c}$ – корреляционный момент связи счислимых координат.

Раскрывая N , получим:

$$N = \cos^2 \tau_U m_{x_c}^2 + 2 \sin \tau_U \cos \tau_U \cdot K_{x_c Y_c} + \sin^2 \tau_U m_{Y_c}^2 + m_{n_U}^2. \quad (6)$$

Решая нормальное уравнение, получим корреляту равной

$$k = -N^{-1}\omega = -\frac{\omega}{\cos^2 \tau_U m_{X_C}^2 + 2 \sin \tau_U \cos \tau_U \cdot K_{X_C Y_C} + \sin^2 \tau_U m_{Y_C}^2 + m_{n_U}^2}. \quad (7)$$

По правилам коррелятного способа уравнивания получим поправки к определяемым величинам и значению переноса линии положения:

$$V = \begin{bmatrix} v_{X_C} \\ v_{Y_C} \\ v_{n_U} \end{bmatrix} = (AK)^T \cdot k = \begin{bmatrix} (-\cos \tau_U m_{X_C}^2 - \sin \tau_U K_{X_C Y_C}) \cdot k \\ (-\cos \tau_U K_{X_C Y_C} - \sin \tau_U m_{Y_C}^2) \cdot k \\ m_{n_U}^2 \cdot k \end{bmatrix}; \quad (8)$$

и окончательно –

$$X = \begin{bmatrix} X_{ОБС.} \\ Y_{ОБС.} \\ U_{УРАВН.} \end{bmatrix}$$

$$X_{ОБС.} = X_C + v_{X_C}; \quad Y_{ОБС.} = Y_C + v_{Y_C}; \quad U_{УРАВН.} = U + (g_n \cdot v_{n_U}).$$

Переходя к оценке точности, получим ковариационную матрицу обсервованного места и уравненного значения переноса линии положения:

$$K_0 = K - (AK)^T N^{-1} (AK) = \begin{bmatrix} m_{X_{ОБС.}}^2 & K_{X_{ОБС.} Y_{ОБС.}} & 0 \\ K_{X_{ОБС.} Y_{ОБС.}} & m_{Y_{ОБС.}}^2 & 0 \\ 0 & 0 & m_{n_{УРАВН.}}^2 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Для последующей фильтрации необходимую ковариационную матрицу обсервованного места можно получить, выделяя верхний блок 2×2 полученной ковариационной матрицы K_0 , или ограничиться ее вычислением по формуле (9), приняв

$$(AK)^T = \begin{bmatrix} (-\cos \tau_U m_{X_C}^2 - \sin \tau_U K_{X_C Y_C}) \\ (-\cos \tau_U K_{X_C Y_C} - \sin \tau_U m_{Y_C}^2) \end{bmatrix};$$

$$K_0 = K_{2,2} - (A_{2,2} K_{2,2})^T N_{1,1}^{-1} A_{2,1} K_{2,2}; \quad m_{U_{УРАВН.}} = g_U \cdot m_{n_{УРАВН.}}.$$

Обобщив все выше сказанное, можно привести коррелятный аналог фильтра Калмана к единому уравнению:

$$X_{i+1} = X_i + (AK_i)^T k = X_i + (AK_i)^T (N^{-1} \omega_{i+1}) = X_i + (AK_i)^T (AK_i A^T)^{-1} \omega_{i+1}.$$

$$K_{i+1} = K_i - (AK_i)^T N^{-1} (AK_i) = K_i - (AK_i)^T (AK_i A^T)^{-1} (AK_i);$$

Обозначая $G = (AK_i)^T N^{-1}$, запишем окончательно:

$$X_{i+1} = X_i + G \cdot \omega_{i+1};$$

$$K_{i+1} = K_i - G \cdot AK_i.$$

Рис. 3 иллюстрирует работу коррелятного аналога фильтра Калмана.

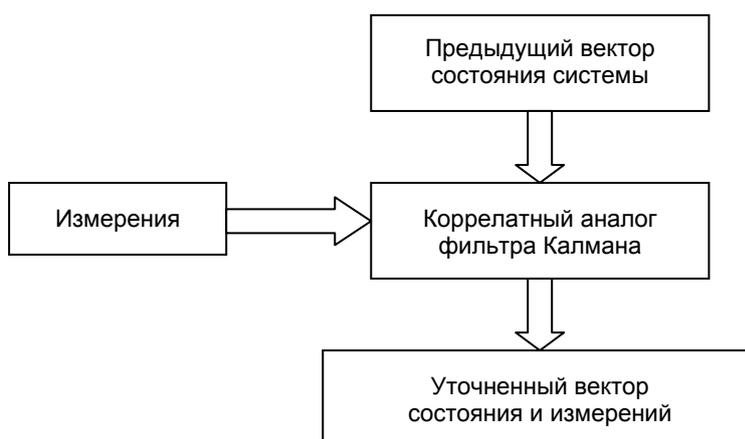


Рис. 3. Схема работы коррелятивного аналога фильтра Калмана

Пример

Фильтрация коррелятивным способом

Предположим, что было измерено расстояние до навигационного ориентира по пеленгу $ИП = 60^\circ$ со средней квадратической ошибкой $m_U = 2$ км. При этом перенос – разность измеренного и счислимого расстояния – оказался равен 1 км.

Счислимые координаты и ковариационная матрица счислимого места в момент измерения были:

$$X_C = 10 \text{ км}; \quad Y_C = 10 \text{ км}; \quad K_C = \begin{bmatrix} 5 & 0 \\ 0 & 5 \end{bmatrix} \text{ км}^2.$$

Запишем уравнение линии положения в параметрической форме:

$$a\delta x + b\delta y = U - U_C.$$

Перепишем уравнение линии положения в нормализованной форме:

$$\cos \tau_U \delta x + \sin \tau_U \delta y = n_U$$

$$0.5\delta x + 0.866\delta y = 1 \quad (\text{км}).$$

Запишем условное уравнение поправок в матричном виде:

$$AV + W = 0.$$

$\omega = n_U = 1$ км – разность измеренного и счислимого параметра;

$m_U = 2$ км – СКО измеренного параметра (или, в данном случае, переноса, так как градиент измеренного расстояния равен единице);

$$A = \begin{bmatrix} -0.5 & -0.866 & 1 \end{bmatrix}; \quad V = \begin{bmatrix} v_{X_C} \\ v_{Y_C} \\ v_U \end{bmatrix}; \quad K = \begin{bmatrix} 5 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}.$$

Найдем коэффициент нормального уравнения:

$$N = AKA^T = 9.$$

Вычислим значение коррелаты:

$$k = -N^{-1}\omega = -\frac{1}{9} = -0.1111.$$

Получим поправки к счислимым координатам и измеренному расстоянию:

$$V = (AK)^T k = \begin{bmatrix} -2.5 \\ -4.33 \\ 4 \end{bmatrix} (-0.1111) = \begin{bmatrix} 0.278 \\ 0.481 \\ -0.444 \end{bmatrix} \text{ км.}$$

Вычислим obserвованные координаты:

$$X_{\text{OBS.}} = X_C + V_{X_C} = 10.278 \text{ км}; \quad Y_{\text{OBS.}} = Y_C + V_{Y_C} = 10.481 \text{ км.}$$

Оценим точность obserвованного места и уравненного переноса:

$$K_{\text{УРАВН.}} = K - (AK)^T N^{-1} AK = \begin{bmatrix} 4.31 & -1.20 & 1.11 \\ -1.20 & 2.92 & 1.92 \\ 1.11 & 1.92 & 2.22 \end{bmatrix} \text{ км}^2.$$

Предположим, что было выполнено измерение второго навигационного параметра – расстояния по пеленгу $III = 135^\circ$ со средней квадратической ошибкой $m_U = \sqrt{2}$ км.

Примем полученные ранее obserвованные координаты за счислимую точку, а ковариационную матрицу предыдущего obserвованного места за ковариационную матрицу счислимого места в момент измерения. При этом перенос – разность измеренного и счислимого параметра – оказался равным 1.86 км.

$$X_C = 10.278 \text{ км}; \quad Y_C = 10.481 \text{ км}; \quad K_C = \begin{bmatrix} 4.31 & -1.20 \\ -1.20 & 2.92 \end{bmatrix} \text{ км}^2.$$

Запишем уравнение второй линии положения в нормализованной форме:

$$\begin{aligned} \cos \tau_U \delta x + \sin \tau_U \delta y &= n_U \\ -0.707 \delta x + 0.707 \delta y &= 1.86 \quad (\text{км}). \end{aligned}$$

Запишем условное уравнение поправок в матричном виде:

$$AV + W = 0.$$

$\omega = n_U = 1.86$ км – разность измеренного и счислимого параметра;

$m_U = \sqrt{2}$ км – СКО измеренного параметра;

$$A = [0.707 \quad -0.707 \quad 1]; \quad V = \begin{bmatrix} v_{X_C} \\ v_{Y_C} \\ v_U \end{bmatrix}; \quad K = \begin{bmatrix} 4.31 & -1.20 & 0 \\ -1.20 & 2.92 & 0 \\ 0 & 0 & 2.00 \end{bmatrix}.$$

Найдем коэффициент нормального уравнения:

$$N = AK A^T = [3.896 \quad -2.913 \quad 2] \cdot A^T = 6.814.$$

Вычислим значение коррелаты:

$$k = -N^{-1}\omega = -1.86/6.814 = -0.273.$$

Получим поправки к счислимым координатам и измеренному навигационному параметру:

$$V = (AK)^T k = \begin{bmatrix} 3.896 \\ -2.913 \\ 2 \end{bmatrix} (-0.273) = \begin{bmatrix} -1.063 \\ 0.795 \\ -0.546 \end{bmatrix} \text{ км}.$$

Вычислим обсервованные координаты:

$$X_{ОБС.} = 9.215 \text{ км}; \quad Y_{ОБС.} = 11.276 \text{ км}.$$

Оценим точность обсервованного места и уравненного переноса:

$$K_{УРАВН.} = K - (AK)^T N^{-1} AK = \begin{bmatrix} 2.083 & 0.465 & -1.143 \\ 0.465 & 1.675 & 0.855 \\ -1.143 & 0.855 & 1.413 \end{bmatrix} \text{ км}^2.$$

Таким образом, средние квадратические ошибки места судна и уравненного параметра:

$$m_X = 1.44 \text{ км}; \quad m_Y = 1.29 \text{ км}; \quad m_{УРАВН.} = g_U \cdot m_{УРАВН.} = 1.19 \text{ км}.$$

Проверка полученных результатов с помощью математического аппарата фильтра Калмана

Цикл №1 (обработка «счислимое место+параметр №1»)

Примем счислимую точку за предыдущую, т. е.:

$$X_i = X_C = \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \end{bmatrix} \text{ км}.$$

Ковариационная матрица предыдущей точки:

$$K_{X_i} = K_{X_C} = \begin{pmatrix} 5 & 0 \\ 0 & 5 \end{pmatrix} \text{ км}^2.$$

Матрица коэффициентов параметрических уравнений поступившего измерения:

$$B = [a_1 \quad b_1] = [0.5 \quad 0.866].$$

Ковариационная матрица поступившего измерения:

$$K_{U_{i+1}} = m_{\text{ЛП}_1}^2 = 4.$$

Вектор свободных членов параметрических уравнений поправок в измерения:

$$W_{i+1} = 1.$$

Найдем вектор обсервованных координат точки после первого цикла уравнивания:

$$X_{i+1} = X_C + (K_{X_C}^{-1} + B^T K_{U_{i+1}}^{-1} B)^{-1} B^T K_{U_{i+1}}^{-1} W_{i+1} = \begin{bmatrix} 10.28 \\ 10.48 \end{bmatrix} \text{ км}.$$

Оценим точность обсервованного места после первого цикла уравнивания:

$$K_{X_{i+1}} = (K_{X_i}^{-1} + B^T K_{U_{i+1}}^{-1} B) = \begin{bmatrix} 4.31 & -1.20 \\ -1.20 & 2.92 \end{bmatrix} \text{ км}^2.$$

Цикл 2 (уравнивание со вторым параметром)

Примем полученные ранее обсервованные координаты за предыдущую точку, а ковариационную матрицу уравненной точки за ковариационную матрицу предыдущей точки:

$$X_i = \begin{bmatrix} 10.28 \\ 10.48 \end{bmatrix} \text{ км}; \quad K_{X_i} = \begin{bmatrix} 4.31 & -1.20 \\ -1.20 & 2.92 \end{bmatrix} \text{ км}^2.$$

Матрица коэффициентов параметрического уравнения вновь поступившего измерения:

$$B = [a_2 \quad b_2] = [-0.707 \quad 0.707].$$

Ковариационная матрица вновь поступившего измерения:

$$K_{U_{i+1}} = m_{III_1}^2 = [2] = 2; \quad W_{i+1} = 2.$$

Рассчитаем свободный член параметрического уравнения:

$$W_{i+1} = L_{i+1} - B\delta X_i = L_{i+1} - B(X_i - X_C) = 2 - [-0.707 \quad 0.707] \cdot \left(\begin{bmatrix} 10.28 \\ 10.48 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \end{bmatrix} \right) = 1.86 \text{ км}.$$

Вычислим обсервованные координаты после уравнивания со вторым параметром:

$$X_{i+1} = X_C + (K_{X_C}^{-1} + B^T K_{U_{i+1}}^{-1} B)^{-1} B^T K_{U_{i+1}}^{-1} W_{i+1} = \begin{bmatrix} 9.22 \\ 11.28 \end{bmatrix} \text{ км}.$$

Оценим точность обсервованного места после второго цикла уравнивания:

$$K_{X_{i+1}} = (K_{X_i}^{-1} + B^T K_{U_{i+1}}^{-1} B) = \begin{bmatrix} 2.08 & 0.46 \\ 0.46 & 1.67 \end{bmatrix} \text{ км}^2.$$

Выводы

Сравнивая результаты примера традиционного фильтра Калмана с предлагаемым в этой статье коррелятным аналогом, видим, что коррелятный аналог фильтра Калмана дает те же результаты, что и традиционный, и обладает при этом следующими преимуществами:

- вектор выходных данных коррелятного аналога фильтра Калмана наряду с обсервованными координатами, содержит дополнительную в сравнении с традиционным фильтром Калмана информацию в виде уравненного значения измеренного параметра, которое может быть использовано для оценки работы прибора вплоть до выявления его сбоев;
- меньший объем вычислительных операций в сравнении с традиционным алгоритмом (на 30% в отдельном цикле);

- отсутствие операции обращения матриц, так как при обработке поступающего отдельного измерения матрица коэффициентов нормальных уравнений N является скалярной величиной;
- по невязке условного уравнения можно непосредственно решить задачу о выявлении грубых ошибок как в счислимых, так и в измеренных параметрах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Larry J. Levy. The Johns Hopkins University, Applied Physics Laboratory. // GPS World. – 1997. <http://www.agp.ru/gps/kalman/index/htm>
2. Волосов П. С., Дубинко Ю. С., Мордвинов Б. Г., Шинков В. Д. Судовые комплексы спутниковой навигации. Л.: Судостроение, 1976. – 248 с.
3. Макаров Г. В. Выявление грубоошибочных линий положения // Методы и проблемы морской навигации. – М.: ЦРИА «Морфлот», 1981. – С. 127–131.

V. O. Dmitriyev, G. V. Makarov

Correlate Analogue of Kalman Filter

The problem of navigational measurements is considered. Brief data on the traditional Kalman filter are given. The new mathematics of the recurrent filtration, based on the correlate techniques of the generalized least squares method, is proposed. An example is given to illustrate the suggested and traditional algorithms. It is shown that the correlate analogue has a number of advantages as compared to the traditional Kalman filter.

ГРНТИ 73.34.37

АЛГОРИТМЫ ТОЧНОГО РЕШЕНИЯ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ НАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

А. В. КАВРАЙСКИЙ
(ГНИНГИ МО РФ)

Предложены алгоритмы, позволяющие решать прямую и обратную навигационные задачи с погрешностями, пренебрежимо малыми для любых практических целей. Приведен анализ погрешностей решения данных задач.

В практике кораблевождения важную роль играют прямая и обратная навигационные задачи (ПНЗ, ОНЗ), точное решение которых должно выполняться на поверхности сфероида. Они являются аналогами прямой и обратной геодезических задач. При этом навигационные задачи связываются с локсодромией, а геодезические задачи – с геодезической линией. В ПНЗ задаются φ_1, λ_1 – координаты начальной точки, K – направление локсодромии (курс), S – длина отрезка локсодромии и вычисляются φ_2, λ_2 – координаты конечной точки. В ОНЗ по $\varphi_1, \lambda_1, \varphi_2, \lambda_2$ вычисляются K и S .

Для решения задачи аналитического счисления пути корабля на поверхности земного сфероида по текущим значениям скорости и курса или

пройденного расстояния и курса могут применяться приближенные формулы ПНЗ вида [1, 2, 3]:

$$\varphi_2 = \varphi_1 + S \cdot \cos K \cdot (1 + f/100); \quad \lambda_2 = \lambda_1 + S \cdot \sin K \cdot \sec \varphi_m \cdot (1 + g/100); \quad (1)$$

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{1}{M} \int_0^t V_N dt; \quad \lambda = \lambda_0 + \frac{1}{N \cos \varphi} \int_0^t V_E dt, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \varphi_2 &= \varphi_1 + V_N \Delta t (0,995 + 0,01 \cos^2 \varphi_1); \\ \lambda_2 &= \lambda_1 + V_E \Delta t (0,995 + 0,0033 \cos^2 \varphi_1) \sec \varphi_m; \end{aligned} \quad (3)$$

где $\varphi_m = 0,5(\varphi_1 + \varphi_2)$;

S – пройденное расстояние (длина локсодромии) в морских милях;

K – направление локсодромии (курс);

M – радиус кривизны меридиана;

N – радиус кривизны первого вертикала;

V_N, V_E – составляющие абсолютной (путевой) скорости по направлениям меридиана и параллели соответственно;

t – время;

Δt – задаваемый интервал времени для вычисления счислимых координат;

f и g – коэффициенты, выбираемые из таблиц [4].

Если рассматривать только геодезический аспект данной задачи (т. е. не принимать во внимание влияние сноса и дрейфа), то $V_N \Delta t = S \cos K$, $V_E \Delta t = S \sin K$, из чего видно, что приведенные варианты формул различаются только методами учета радиусов кривизны M , N эллипсоида, которые изменяются с широтой. В формулах (1) и (3) для этого служат приближенные выражения $\frac{1}{M}$ и $\frac{1}{N}$, приведенные в скобках. На практике формулы вида (1)–(3) используются для последовательных («по-шаговым») вычислений небольших приращений широты и долготы, соответствующих небольшим перемещениям по локсодромии, и с учетом реальной точности данных от лага и курсоуказателя дают удовлетворительное решение задачи счисления. Формулы (1) предназначаются также для решения ПНЗ при значениях S до десятков и даже сотен миль [2, 4].

В работах [1, 5] приводятся в общем виде и формулы строгого решения ПНЗ и ОНЗ для значительных расстояний. При этом для практических расчетов предусматривается выбор некоторых величин по таблицам. В связи с этим следует отметить, что пользование таблицами, либо численными коэффициентами, как в формулах (1), (3), подразумевает решение задач на поверхности только того эллипсоида, параметры которого использовались для расчета данных таблиц и коэффициентов.

Исходя из приведенных выше соображений представляется целесообразным дать полное и универсальное (не связанное с параметрами только одного заданного эллипсоида) математическое описание (алгоритмы) точного решения прямой и обратной навигационных задач. Такое описание, учитывая возможности современной вычислительной техники, может быть использовано непосредственно для создания программ точного решения ПНЗ и ОНЗ в

навигационных комплексах. Точные алгоритмы могут быть полезны и с методической точки зрения: из них можно вывести упрощенные формулы для расчетов с любой степенью приближенности и они же могут служить эталоном для оценки любых приближенных методов.

Приведенные ниже алгоритмы даны в виде последовательности математических и логических операций и сопровождаются текстовыми пояснениями. Угловые величины $\phi, \lambda, \Delta\lambda, K$, входящие в формулы, выражены в радианах. Долготы λ вводятся в решение и вычисляются в полукруговой системе (от 0° до $\pm 180^\circ$), направления локсодромии K – в круговой системе (от 0° до 360°).

Параметры эллипсоида, принимаемого для решения задач

Эллипсоид вращения, принятый в качестве исходной координатной поверхности в той или иной системе геодезических координат, может быть однозначно определен двумя параметрами: большой полуосью a и эксцентриситетом e . Программа, предназначенная для точного решения ПНЗ и ОНЗ в различных системах координат, должна включать таблицу значений a и e эллипсоидов соответствующих геодезических систем. Эти значения должны вводиться в решение задачи указанием имени (кода) требуемой геодезической системы или непосредственно эллипсоида.

Общие формулы, используемые в алгоритмах

Радиус R_L шара при равнопромежутном (по меридианам) изображении эллипсоида на шаре [6, 7]:

$$R_L = a(1 - e^2) \left(1 + \frac{3}{4}e^2 + \frac{45}{64}e^4 + \frac{175}{256}e^6 \right). \quad (4)$$

Тригонометрический ряд для вычисления длины X дуги меридиана от экватора до широты φ [6, 7]:

$$X(\varphi) = R_L (\varphi - h_2 \sin 2\varphi + h_4 \sin 4\varphi - h_6 \sin 6\varphi), \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{где} \quad h_2 &= \frac{a}{R_L} (1 - e^2) \left(\frac{3}{8}e^2 + \frac{15}{32}e^4 + \frac{525}{1024}e^6 \right); \\ h_4 &= \frac{a}{R_L} (1 - e^2) \left(\frac{15}{256}e^4 + \frac{105}{1024}e^6 \right); \\ h_6 &= \frac{a}{R_L} (1 - e^2) \frac{35}{3072}e^6. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Тригонометрический ряд для вычисления широты φ по длине X дуги меридиана от экватора:

$$\varphi(X) = \frac{X}{R_L} + d_2 \sin\left(2\frac{X}{R_L}\right) + d_4 \sin\left(4\frac{X}{R_L}\right) + d_6 \sin\left(6\frac{X}{R_L}\right), \quad (7)$$

$$\text{где} \quad d_2 = h_2 + h_2 h_4 - 0,5h_2^3; \quad d_4 = -h_4 + h_2^2; \quad d_6 = h_6 - 3h_2 h_4 + \frac{3}{2}h_2^3 \quad (8)$$

(коэффициенты d_2, d_4, d_6 вычисляются здесь по коэффициентам (6) ряда (5) методом обращения тригонометрических рядов [8]).

Функция U , используемая для равноугольного изображения эллипсоида на шаре:

$$U(\varphi) = \frac{\cos \varphi}{1 - \sin \varphi} \left(\frac{1 - e \sin \varphi}{1 + e \sin \varphi} \right)^{0,5e}. \quad (9)$$

Формулы для вычисления радиуса N кривизны первого вертикала и радиуса r параллели с широтой φ :

$$N(\varphi) = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}; \quad r(\varphi) = N(\varphi) \cos \varphi. \quad (10)$$

Прямая навигационная задача

Исходные данные

В общем случае для решения задачи должны быть введены значения переменных $a, e, \varphi_1, \lambda_1, K, S$, где S – это задаваемая длина локсодромии, выраженная в единицах измерения, принятых для a . Как известно, для значений K , не равных $0^\circ, 180^\circ, 90^\circ, 270^\circ$, локсодромия является спиралевидной линией, которая пересекает меридианы под постоянным углом K , по мере увеличения S бесконечно приближается к полюсу и при этом может многократно пересекать все меридианы, возвращаясь к начальной долготе λ_1 . Таким образом, длина локсодромии теоретически может быть весьма значительной, измеряемой сотнями тысяч километров. В то же время, как можно видеть из приводимых далее формул (11), для $K \neq 90^\circ$ и $K \neq 270^\circ$ длина локсодромии не бесконечна, а ограничивается величиной, определяемой выражением

$$S_{\text{пред}} = \frac{X(\pm 90^\circ \text{arc}1^\circ) - X(\varphi_1)}{\cos(K)},$$

где знак при 90° определяется полюсом, к которому устремлена локсодромия. Кроме того, используемое далее приближенное выражение (13) дает требуемый высокоточный результат только при достаточно малой разности широт φ_1 и φ_2 , что также ограничивает значение S . При необходимости данные ограничения могут быть выражены в виде логических условий и включены в вычислительную программу. Однако такие условия не потребуются, если заранее ограничить область решения ПНЗ в географических координатах широтами $\pm 85^\circ$, а значение S величиной 3500 км (длина параллели для $\varphi = 85^\circ$), что вполне достаточно для практических целей.

Вычисление широты φ_2

Используя тригонометрические ряды (5), (7) и строгую формулу из [5], получим:

$$X_1 = X(\varphi_1); \quad X_2 = X_1 + S \cos K; \quad \varphi_2 = \varphi(X_2). \quad (11)$$

Вычисление долготы λ_2

Разность долгот $\Delta\lambda$ вычисляется либо по строгой формуле

$$\Delta\lambda_{cmp} = \{ \ln[U(\varphi_2)] - \ln[U(\varphi_1)] \} \operatorname{tg} K, \quad (12)$$

либо для направлений K локсодромии, близких к направлению параллели, по приближенному выражению [5]

$$\Delta\lambda_{np} = \frac{S}{r(\varphi_m)} \sin K \quad (13)$$

с использованием условия:

если $89,99 < |K_{ПК}^\circ| < 90,01$, то $\Delta\lambda = \Delta\lambda_{np}$, в остальных случаях

$$\Delta\lambda = \Delta\lambda_{cmp}, \quad (14)$$

где $K_{ПК}^\circ$ – направление локсодромии в полукруговом исчислении (от северной части меридиана, к востоку – от 0° до 180° , к западу – от 0° до -180°), выраженное в градусах.

Далее получим:

$$\bar{\lambda}_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda; \quad (15)$$

если $\pi \geq \bar{\lambda}_2 > -\pi$, то $\lambda_2 = \bar{\lambda}_2$;

если $\bar{\lambda}_2 \leq -\pi$, то $\lambda_2 = \bar{\lambda}_2 + 2\pi$;

если $\bar{\lambda}_2 > \pi$, то $\lambda_2 = \bar{\lambda}_2 - 2\pi$.

Формулы (12), (13), (15) с условием (14) обеспечивают решение задачи при любых значениях K (включая 90° и 270°). Условия (16) необходимы для исключения ошибок в случае решения задачи вблизи меридиана 180° .

Оценка точности решения задачи

Как видно из изложенного, в алгоритм решения ПНЗ входят как строгие, так и приближенные формулы. К последним относятся формулы (4), (5), (7), (13). Дадим оценку возникающих погрешностей.

В выражениях (4), (5), (7) старший отброшенный член ряда имеет порядок $e^8 = 2 \cdot 10^{-9}$, следовательно, порядок линейных погрешностей длин дуг и широт, вычисленных по тригонометрическим рядам (5), (7), составит $2a \cdot 10^{-9} = 0,013m$, что характеризует погрешность $\delta\varphi$ вычисления φ_2 и ничтожно мало для решаемой задачи. Однако в формуле (12) вычисления долготы величина, полученная с этой малой погрешностью, умножается на $\operatorname{tg} K$ для крайних значений K , допускаемых в формулу (12) согласно условиям (14), т. е. на краях «критического сектора» $89,09 < |K_{ПК}^\circ| < 90,01$, погрешности вычислений могут заметно возрасти. Для оценки погрешности получения разности долгот $\Delta\lambda$ на краях «критического сектора» были вычислены:

$\delta\Delta\lambda_{cmp} = (\Delta\lambda_{cmp} - \Delta\lambda_{np}) \cdot r(\varphi_m)$ по формулам (12), (13) как оценка погрешности величины $\Delta\lambda_{cmp}$ по её расхождению с величиной $\Delta\lambda_{np}$, принимаемой в данном случае за «эталон»;

$\delta\Delta\lambda_{np}$ по формуле из [5]

$$\delta\Delta\lambda_{np} = \frac{S^3 \sin K \cos^2 K}{N(\varphi_m)^3 \cdot 24 \cos \varphi_m} (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi_m) \cdot r(\varphi_m) \quad (17)$$

как оценка погрешности «эталоны» $\Delta\lambda_{пр}$ [множитель $r(\varphi_m)$ переводит величины из радианов в метры].

Вычисления выполнялись для начальных точек в широтах от 0° до 85° , значений K , равных $90,01^\circ$, $89,99^\circ$, $270,01^\circ$, $269,99^\circ$ и $S = 3500$ км. Совокупность полученных результатов показала, что сумма $\delta_{ПНЗ} = \delta\Delta\lambda_{стр} + \delta\Delta\lambda_{пр}$ не превышает 1,2 м на местности, что является гарантированным пределом погрешности вычисления разности долгот на границах «критического сектора», тогда как погрешности $\delta\Delta\lambda_{стр}$ вне этого сектора и погрешности $\delta\Delta\lambda_{пр}$ внутри него будут меньше, что легко увидеть из формул (12) и (17). С учетом указанной выше малости $\delta\phi$ величину 1,2 м можно принять в качестве оценки общей линейной погрешности вычисления координат φ_2, λ_2 по формулам (4)–(17) при длине локсодромии до 3500 км.

Обратная навигационная задача

Исходные данные

Для решения задачи вводятся значения переменных $a, e, \varphi_1, \lambda_1, \varphi_2, \lambda_2$. Координаты начальной и конечной точек могут иметь любые значения (в области существования географических координат), за исключением $\varphi = 90^\circ$ ($\varphi = -90^\circ$ допускается).

Вычисление направления локсодромии (курса) K

Значение K определяется из следующей последовательности математических и логических операций:

$$\Delta\bar{\lambda}_2 = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (18)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{если } \pi \geq \Delta\bar{\lambda} \geq -\pi, \text{ то } \Delta\lambda = \Delta\bar{\lambda}; \\ \text{если } \Delta\bar{\lambda} < -\pi, \text{ то } \Delta\lambda = \Delta\bar{\lambda} + 2\pi; \\ \text{если } \Delta\bar{\lambda} > \pi, \text{ то } \Delta\lambda = \Delta\bar{\lambda} - 2\pi; \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

$$K = \pi - \left[\arctg \frac{\ln[U(\varphi_1)] - \ln[U(\varphi_2)]}{|\Delta\lambda|} + \frac{\pi}{2} \right] \frac{\Delta\lambda}{|\Delta\lambda|}, \text{ если } \Delta\lambda \neq 0. \quad (20)$$

$$\text{Если } \Delta\lambda = 0, \text{ то } K=0 \text{ при } \varphi_2 - \varphi_1 > 0 \text{ и } K=\pi \text{ при } \varphi_2 - \varphi_1 < 0. \quad (21)$$

Формула (20) получена преобразованием строгой формулы вычисления K из [5]. В принятом виде формула обеспечивает автоматическое получение K в нужной четверти.

Вычисление расстояния S

Используя тригонометрический ряд (5), получим:

$$X_2 = X(\varphi_2); \quad X_1 = X(\varphi_1); \quad (22)$$

Расстояние S вычисляется либо по строгой формуле из [5]

$$S_{стр} = \frac{X_2 - X_1}{\cos K}; \quad (23)$$

либо, для направлений K локсодромии, близких к направлению параллели, по приближенному выражению из [5]

$$S_{np} = \frac{\Delta\lambda}{\sin K} r(\varphi_m) \quad (24)$$

с использованием условия:

$$\text{если } 89,99 < |K_{ПК}^\circ| < 90,01, \text{ то } S = S_{np}, \text{ в остальных случаях } S = S_{сmp}. \quad (25)$$

Формулы (22)–(24) с условием (25) обеспечивают решение задачи при любых значениях K (включая 90° и 270°). Значение S получаем в единицах измерения, принятых для большой полуоси a эллипсоида.

Оценка точности решения задачи

В алгоритме решения ОНЗ направление локсодромии K вычисляется по строгим формулам (18)–(21), а для вычисления расстояния S используются приближенные формулы (4), (5), (24). Из сравнения формул (23)–(25) решения ОНЗ с формулами (12)–(14) ПНЗ видно, что природа возникновения погрешностей в обеих задачах идентична и применены одинаковые методы их минимизации на краях «критического сектора». Поэтому оценку линейной погрешности вычисления долготы в ПНЗ можно принять и для погрешности вычисления длины локсодромии S в ОНЗ. Для подтверждения этого вывода были решены ПНЗ и ОНЗ для одних и тех же пар точек, расположенных в различных широтах, при различных значениях K и $S=3500$ км. Расхождения S и K , заданных в ПНЗ и полученных в ОНЗ, не превышают $0,001$ м и $0,001^\circ$.

Задача аналитического счисления («пошаговое» решение ПНЗ)

Формулы вычисления текущих счисляемых координат

$$M d\varphi = dS \cos K; \quad N \cos\varphi d\lambda = dS \sin K, \quad (26)$$

где $d\varphi$, $d\lambda$ – соответствующие бесконечно малые приращения координат. Из выражений (26), переходя к конечным приращениям и подставив

$$\frac{1}{M} = \frac{\left(\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}\right)^3}{a(1-e^2)}; \quad \frac{1}{N} = \frac{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}}{a}, \quad (27)$$

получим

$$\Delta\varphi = \Delta S \cos K \frac{\left(\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi(t)}\right)^3}{a(1-e^2)}; \quad \varphi(t + \Delta t) = \varphi(t) + \Delta\varphi; \quad (28)$$

$$\varphi_m = \varphi(t) + 0,5\Delta\varphi; \quad \Delta\lambda = \Delta S \sin K \frac{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi_m}}{a} \sec\varphi_m; \quad \lambda(t + \Delta t) = \lambda(t) + \Delta\lambda, \quad (29)$$

где ΔS – расстояние, пройденное за промежуток времени Δt .

Учитывая, что $V_N \Delta t = S \cos K$, $V_E \Delta t = S \sin K$, можно выражения (28), (29) записать в другой форме:

$$\varphi(t + \Delta t) = \varphi(t) + V_N \Delta t \frac{\left(\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi(t)}\right)^3}{a(1-e^2)}; \quad (30)$$

$$\lambda(t + \Delta t) = \lambda(t) + V_E \Delta t \frac{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi_m}}{a} \sec\varphi_m. \quad (31)$$

Оценка точности решения задачи

Погрешность $\delta\Delta\varphi$ приращения широты $\Delta\varphi$ возникает из-за распространения величины $1:M[\varphi(t)]$ на весь промежуток времени Δt . Главная часть этой погрешности может быть оценена выражением $\delta\Delta\varphi = \Delta S \cdot \cos K \cdot \{1:M[\varphi(t)] - 1:M(\varphi_m)\} \cdot M(\varphi_m)$. Погрешность $\delta\Delta\lambda$ определяется по формуле (17) с подстановкой в неё ΔS вместо S . Общую линейную погрешность $\delta_{сч}$ счислимого места в расчете на 1000 циклов счисления («шагов») получим из выражения

$$\delta_{сч} = 1000 \sqrt{\delta\Delta\varphi^2 + \delta\Delta\lambda^2} . \tag{32}$$

В табл. 1 показаны величины $\delta_{сч}$ в метрах для различных широт и значений шага счисления ΔS . Вычисления выполнялись для K , равных $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ$, в таблицу включалось наибольшее из полученных значений $\delta_{сч}$.

Таблица 1

Значения $\delta_{сч}$ (в метрах)

φ°	$\Delta S, м$				
	500	1000	2000	3500	5000
20°	0,1	0,5	2,0	6,2	12,7
45°	0,2	0,8	3,2	9,7	19,8
70°	0,1	0,5	2,0	6,2	12,7
85°	0	0,1	0,9	4,6	13,1

Приближенные методы решения ПНЗ и ОНЗ

Оценка точности решения ПНЗ по формулам (1)

В таблицах МТ-75 [4] приведены формулы вычисления коэффициентов f и g , входящих в формулы (1). Это позволило выполнить сравнительные вычисления координат по формулам (1) и по точным формулам (4)–(16) и получить оценку линейной погрешности δ_{MT} места (φ_2, λ_2), получаемого по формулам (1). Вычисления выполнялись по формуле

$$\delta_{MT} = \sqrt{(\Delta\varphi'_{MT} - \Delta\varphi')^2 + [(\Delta\lambda'_{MT} - \Delta\lambda') \cos \varphi_2]^2} \cdot 1852 м , \tag{33}$$

где $\Delta\varphi'_{MT}, \Delta\lambda'_{MT}$ – приращения координат, вычисленные по формулам (1), выраженные в дугových минутах;

$\Delta\varphi', \Delta\lambda'$ – приращения координат, вычисленные по точным формулам (4) - (16), выраженные в дугových минутах.

В табл. 2 показаны величины δ_{MT} в метрах для различных широт и значений S . Вычисления выполнялись для K , равных $0^\circ, 40^\circ, 90^\circ, 140^\circ, 220^\circ, 320^\circ$, в таблицу включалось наибольшее из полученных значений δ_{MT} . Из табл. 2 видны те ограничения по широте и расстоянию, которые должны учитываться в конкретных случаях применения формул (1) в зависимости от допустимых погрешностей.

Таблица 2

Значения δ_{MT} (в метрах)

φ°	S, км			
	100	500	1500	3500
-10°	3	14	108	1 068
0°	3	14	43	753
10°	3	14	107	968
45°	2	12	37	2 787
70°	7	108	1 071	46 813
85°	24	792	25 993	299 059

Упрощенные формулы аналитического счисления

Строгие выражения (27) без ущерба для практически требуемой точности счисления могут быть преобразованы в упрощенные, с которыми формулы (30), (31) примут вид:

$$\varphi(t + \Delta t) = \varphi(t) + V_N \Delta t [C_1 + C_2 \cos^2 \varphi(t)]; \tag{34}$$

$$\lambda(t + \Delta t) = \lambda(t) + V_E \Delta t [C_1 + C_3 \cos^2 \varphi_m] \sec \varphi_m, \tag{35}$$

где C_1, C_2, C_3 определяются приближенными выражениями:

$$C_1 = \frac{(1 - e^2)^{0.5}}{a}; C_2 = \frac{1.5e^2}{a(1 - e^2)^{0.5}} + \frac{0.375e^4}{a(1 - e^2)^{1.5}}; C_3 = \frac{0.5e^2}{a(1 - e^2)^{0.5}} - \frac{0.125e^4}{a(1 - e^2)^{1.5}}. \tag{36}$$

Подставив в выражения (36) параметры эллипсоида Красовского $e^2 = 0,0066934216$ $a = 6378,245$ км получим численные значения коэффициентов С:

$$C_1 = 1562573 \cdot 10^{-10} \frac{\text{радиан}}{\text{км}}; C_2 = 15821 \cdot 10^{-10} \frac{\text{радиан}}{\text{км}}; C_3 = 5256 \cdot 10^{-10} \frac{\text{радиан}}{\text{км}}. \tag{37}$$

При расчете приращений координат по формулам (34), (35) с данными коэффициентами скорость должна выражаться в км/ед.времени, а приращение координат будут получаться в радианах. Если скорость выражается в узлах от лага, тарированного на длину морской мили (1,852 км), а приращения координат выражаются в дуговых минутах, то полученные выше значения следует умножить на $\rho' = 3437,7468'$ и на $1,852 \frac{\text{км}}{\text{миля}}$, в результате чего получим

$$C_1 = 0,9948448 \frac{\text{мин. дуги}}{\text{миля}}; C_2 = 0,0100726 \frac{\text{мин. дуги}}{\text{миля}}; C_3 = 0,0033462 \frac{\text{мин. дуги}}{\text{миля}}, \tag{38}$$

т. е. коэффициенты формул (3), но с большей точностью. Такие же коэффициенты могут быть рассчитаны по параметрам a и e^2 для любого другого эллипсоида. Заметим, что целесообразность приведенных выше упрощений для 1: M и 1: N с учетом возможностей современных ЦВМ не является очевидной.

Экспериментальные расчеты по формулам (34), (35) с коэффициентами (38) в сравнении с результатами по точным формулам ПНЗ (4)–(16) показали, что при $\Delta S \leq 1$ км, постоянном K и $S=3500$ км погрешности расчета координат конечной точки в линейном выражении не превышают 12 м на местности. Та-

ким же путем получены погрешности для формул (3). Их предельные величины составили около 500 м.

Решение ПНЗ и ОНЗ с осредненными параметрами эллипсоида

Различия между эллипсоидами, применяемыми в известных системах геодезических координат, характеризуются следующими крайними значениями параметров a (большая полуось) и α (сжатие) [9]:

- $a_{max} = 6\,378\,388$ м (Международный эллипсоид 1924 г.);
- $a_{min} = 6\,377\,276,345$ м (Эверест);
- $\alpha_{max} = 1:293,465$ (Кларк, 1880г.);
- $\alpha_{min} = 1:300,8017$ (Эверест).

Если в решение ПНЗ и ОНЗ по формулам (4) и последующим ввести $a_{cp} = 0,5(a_{max} + a_{min}) = 6\,377\,832$ м, $\alpha_{cp} = 0,5(\alpha_{max} + \alpha_{min}) = 1:297,13335$,

$e_{cp} = \sqrt{2\alpha_{cp} - \alpha_{cp}^2} = 0,08197352$, то алгоритмы решения упростятся, т. к. величины $a, e, R_L, h_2, h_4, h_6, d_2, d_4, d_6, C_1, C_2, C_3$, являющиеся в общем случае переменными, примут постоянные значения. Расчеты показывают, что относительное отклонение средних радиусов кривизны $M(a_{cp}, \alpha_{cp}), N(a_{cp}, \alpha_{cp})$ от экстремальных составляет не более чем $1,3 \cdot 10^{-4}$, следовательно, теоретическая предельная погрешность решения навигационных задач в линейном выражении будет равна $S \cdot 1,3 \cdot 10^{-4}$. Например, для $S = 3500$ км это дает около 0,5 км, что подтверждено сравнительными экспериментальными расчетами.

В настоящее время многие страны переходят к изданию морских карт в геоцентрической системе координат WGS-84. В перспективе возможен переход к использованию геоцентрической системы ПЗ-90 для части отечественных навигационных морских карт, но значительное время сохранится и использование отечественных референчных систем (СК-42, СК-95) построенных на эллипсоиде Красовского [10]. Параметры соответствующих эллипсоидов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры эллипсоидов

Эллипсоид	$a, м$	e
ПЗ-90	6 378 136	0,08181911
WGS-84	6 378 137	0,08181919
Красовского	6 378 245	0,08181333

Если ограничиться данным кругом геодезических систем и принять для расчетов любой из эллипсоидов, приведенных в табл. 3 (например, эллипсоид Красовского), то линейная погрешность решения навигационных задач за счет принятого допущения не превысит $S \cdot 1,8 \cdot 10^{-5}$, т. е. около 60 м на 3500 км, а для «среднего» эллипсоида будет вдвое меньше ($\approx S \cdot 10^{-5}$).

Выводы

1. Формулы (4)–(16) для ПНЗ, (4)–(6), (9), (10), (18)–(25) для ОНЗ и (28)–(31) для аналитического счисления обеспечивают решение задач на любом

земном эллипсоиде с погрешностью, пренебрежимо малой для практических целей. Незначительно отличаются по точности и упрощенные формулы аналитического счисления (34), (35) с коэффициентами, вычисленными по формулам (36).

2. Для программно-математического обеспечения счисления в различных системах координат (на различных эллипсоидах), наряду с точными формулами (п.1), можно рекомендовать те же формулы с постоянными осредненными параметрами эллипсоида. Допускаемая в этом случае предельная методическая погрешность будет достаточно мала по отношению к погрешностям счисления, обусловленным погрешностями технических средств навигации, течением и дрейфом. В расчете на все известные эллипсоиды она составит (относительно пройденного расстояния S) $S \cdot 1,3 \cdot 10^{-4}$, а для эллипсоидов, указанных в таблице 3, – $S \cdot 10^{-5}$.

3. Решение ПНЗ по формуле (1) возможно с определенными ограничениями по широте и расстоянию, вытекающими из данных табл. 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кораблевождение. Практическое пособие для штурманов. № 9035 / Под ред. Шандабылова В. Д. – Л.: ГУНиО МО РФ, 1972. – 648 с.
2. Практическое кораблевождение для командиров кораблей, штурманов и вахтенных офицеров. Кн.1. № 9035.1 / Отв. ред. А. П. Михайловский. – Л.: ГУНиО МО РФ, 1988. – 896с.
3. Сазонов А. Е. Вычислительная техника в судовождении. – М.: «Транспорт», 1982. – 176с.
4. Мореходные таблицы (МТ-75). № 9011. – Л.: ГУНиО МО РФ, 1975. – 322с.
5. Каврайский В. В. Избранные труды. Т. 2, вып. 2. – Л.: УНГС ВМФ, 1959. – 456с.
6. Каврайский В. В. Избранные труды. Т. 1. – Л.: УНГС ВМФ, 1956. – 358с.
7. Каврайский В. В. Избранные труды. Т. 2, вып. 1. – Л.: УНГС ВМФ, 1958. – 319с.
8. Морозов В. П. Курс сфероидической геодезии. – М.: Недра, 1979. – 296с.
9. Users Handbook on Datum Transformations involving WGS – 84 (IHO Publikation S-60). – 1994.
10. ГОСТ Р 51794 – 2001. Аппаратура радионавигационная глобальной навигационной спутниковой системы и глобальной системы позиционирования. Системы координат. Методы преобразования координат определяемых точек. – М.: Госстандарт России. 2001. – 11с.

A. V. Kavraisky

Algorithms for Precise Solution of the Direct and Inverse Navigation Problems

The algorithms enabling to solve the direct and inverse navigation problems with errors that are infinitesimal for any practical purposes are proposed. The errors for solution of these problems are analysed.

DETERMINATION OF COAST AND BASE LINE BY GPS TECHNIQUES

**K. CZAPLEWSKI,
C. SPECHT**

(Institute Navigation and Maritime Hydrography,
Naval University of Gdynia, Poland)

The precise determination of the base and coastal lines is the fundamental work for all hydrographic offices because of its legislative and practical character. The Polish coastal line is 525 km long and often varies with hydrometeorological conditions. For this reason both fast and precise measurement methods are strongly recommended.

The article presents major requirements for base and shorelines determination measurements and describes some results of the 40 km campaign which was carried out in the Polish coastal waters. All data was collected and analyzed by SR-9500 GPS Total Station system supported by SKI software.

Introduction

The sea area division is regulated by UN Convention on the Law of the Sea (December 10, 1982), especially in the second part called «territorial and adjacent waters». Parts 1, 2 and 3 include international law regulations concerning general decisions for territorial and adjacent area borders.

The shore base line is the main element for establishing the territorial border that is determined by the low tide level along the shore presented on the official state nautical charts. Where the river flows into the sea, the base line points are located on the riversides, across the estuary. These points are located where the tide is maximal.

The national regulations concerning the established base lines should be known to all institutions that want to use the base line points. These lines are to be marked on the maps at proper scales depending on use. The maps can be replaced by geographic points included in the coordinates catalogue of base line points with detailed list of geodetic data. These maps or catalogue should be officially published and sent to Secretary General of the United Nations as a copy.

The base line location problem is a subject of interest for both scientific and different government institution. For countries with a long shore line the measurements are a function of finance and methodology. The financial aspect depends on money and methodology aspect is a function of technology. For many years in Poland such campaign was realized sporadically and non-comprehensively during the periodic port and coastal surveys.

Poland ratified the Convention on the Law of the Sea in the eighties. Based on its regulations, the base line of the Polish coast was determined as 0,9 metres below the mean sea level.

According to the Convention regulations, the Polish Hydrographic Office made a list of base line points coordinates along with border points. These coordinates were used to determine the Polish territorial waters; the Baltic countries, based on this information, decided to divide the sea area into Exclusive Economic Zones.

The new phase GPS techniques of measurements enabled to work out a precise and fast methodology for base lines measurements. This methodology was drawn up in 1998 in the Naval University of Poland and at the beginning of 2000

the first measurements were made. The test area, 40 kilometres long, was located on the Hel peninsula. The article describes some results of such measurements.

1. General Requirements for Base Line Measurements with GPS Total Station

The Leica SR-9500 GPS Total Station system (Fig. 1) was used for campaign. The static and GPS/RTK techniques were employed.



Fig.1. Leica SR-9500 GPS Total Station system
Рис. 1. Система GPS Total Station фирмы Leica

The work was carried out in two steps: 1 – the establishment of four points Static GPS Network near the sea shore, 2 – base line surveying on the shore.

The GPS network was based on the following requirements:

- all sites for network points should be in the open space;
- two baselines points should be no further than 10 km away;
- the points should be located as high as possible.

These requirements allowed to provide a continuous radio-link contact between the reference station and rover. The reference network point was EUREF – 301 located on the Rozewie peninsula.

The second stage – shore surveying – was divided into two parts: 1 – shoreline measurements, 2 – base line measurements.

Based on the recommendation of the Hydrographic Bureau of the Polish Navy, the shoreline points were fixed with no more than 100 m interval on the straight section (Fig. 2). They were located on the beach. In case of irregular shoreline the interval between positions was shorter, even up to 20 m.

The second part of shore measurements was based on line points positioning. Shoreline perpendicular profiles were projected. Each profile consisted of 5-10 points 5 meters away from each other. The distance between profiles was not greater than 500 m (Fig. 2). The profile length depended on bottom surface and sea level but its shore angle was a function of the shore shape. The base line point

was a geographical location 0.9 m below the mean sea level. The sea level changes very often. This situation depends on a lot of factors, for example, the wind direction.

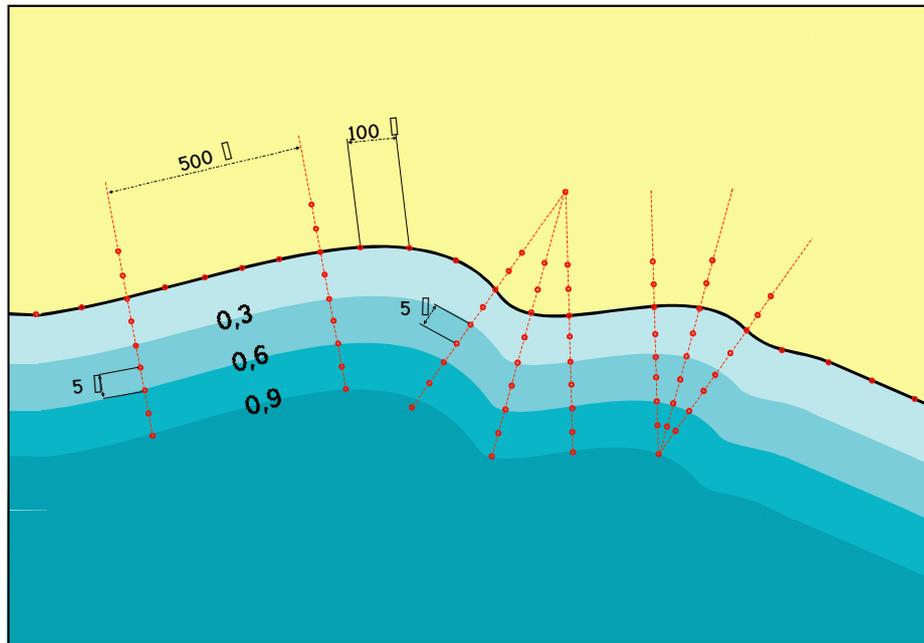


Fig. 2. Graphic presentation of the survey profiles
Рис. 2. Графическое отображение профилей при съемке

2. Results of survey

2.1. GPS Static network

According to theoretical principles, the surveying team started GPS campaign on the Hel peninsula. The 2-hour static sessions were done on the basis of reference point EUREF 301 located in the Rozewie village. Four surveying points (Fig. 3) were fixed in: Rozewie (on the beach), Władysławowo, Kuźnica, Jastarnia.

2.2. Shore line survey

Static survey network points were used as reference for shoreline measurements. A total of 15 work sessions were done and 1200 points were fixed along 40 km of shore. The Stop and Go technique was used during the measurements. All results of the work were collected and postprocessed. Postprocessing was carried out using Leica-SKI software (Fig. 4). The shape of shore was used in the profile planning.

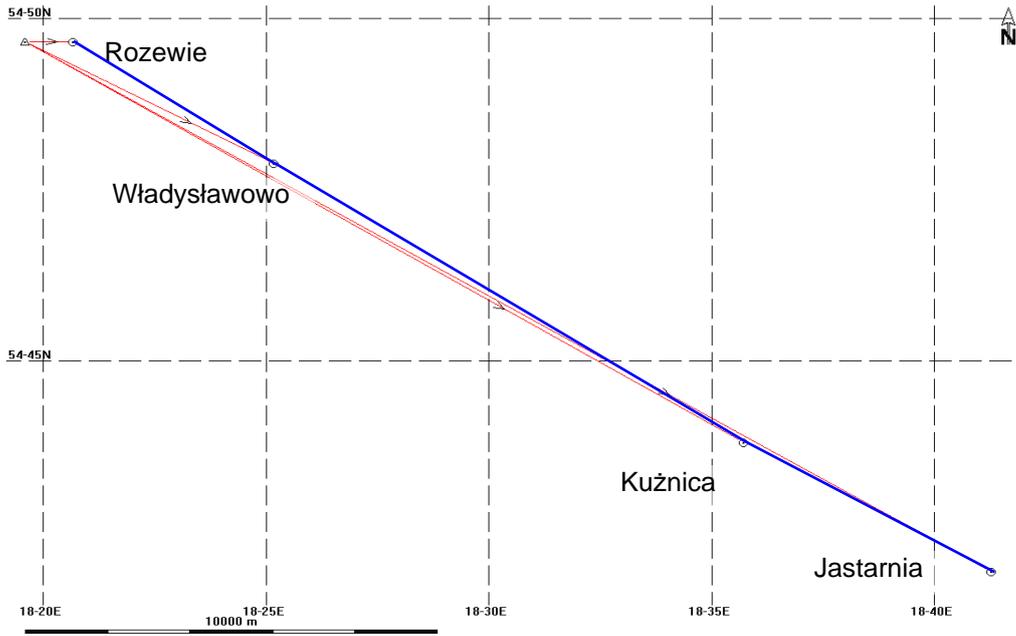


Fig. 3. Static survey network
Рис. 3. Сеть съёмки в статическом режиме

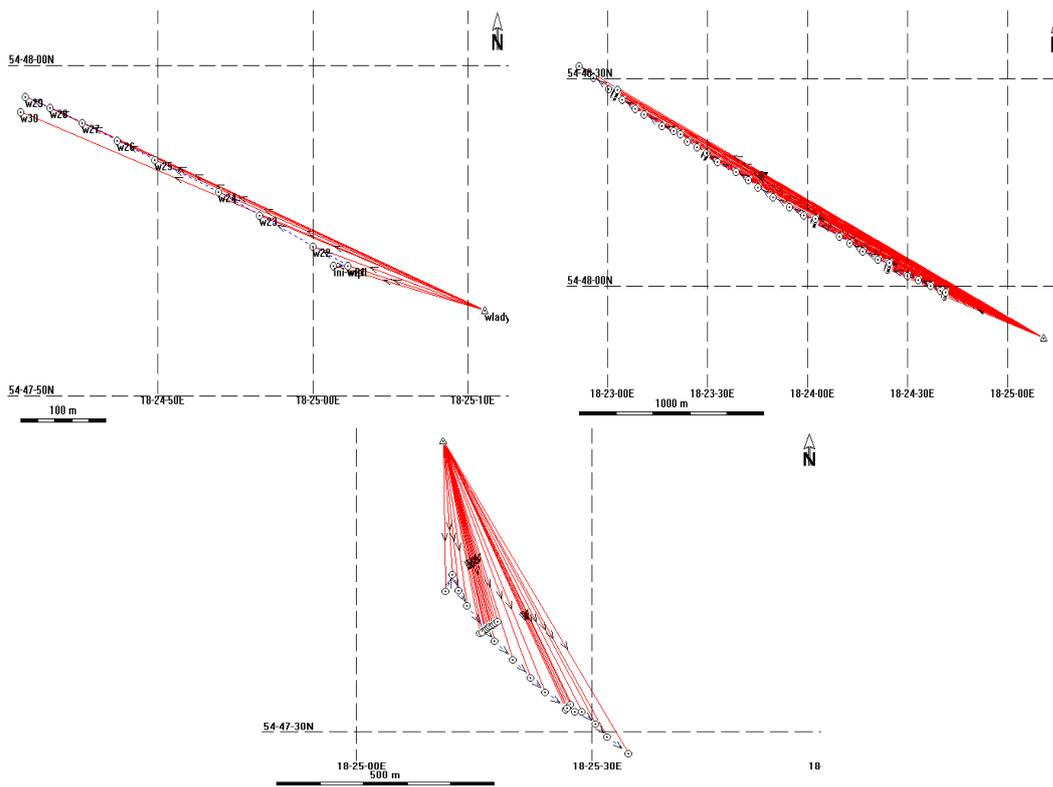


Fig. 4. Examples of shoreline surveys
Рис. 4. Пример съёмки береговой линии

2.3. Base line survey

The GPS RTK technique was used to collect topographic data on cross-sectional lines along the shore. Cross-sectional profiles (Fig. 5) were laid out accordingly to the surveyed shoreline utilizing the data collector's stake out module. The lengths of profiles varied between 20 to 50 metres and contained from 4 to 10 points. The actual sea level was read before all RTK surveys from mareographic station located nearby. When temporary sea level was higher than 0.9 m, the profile length was greater.

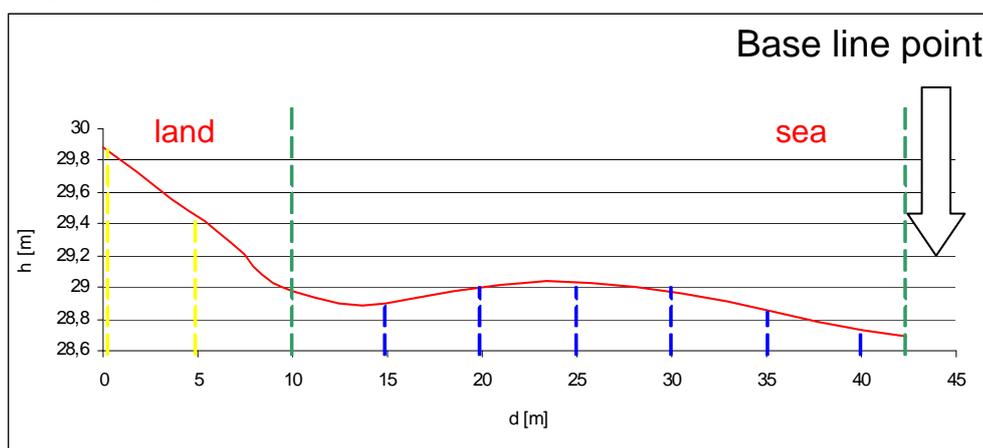


Fig. 5. Cross-sectional profile
Рис. 5. Поперечный профиль

Land – суша; sea – море; base line point – точка базисной линии.

The crew staked out the survey lines by placing tall pole between the points on the beach (about 5 metres from the sea) and the point in the sea located 0,9 m below the mean sea level. Cross sectional profiles and port surveying points are presented in Fig. 6.

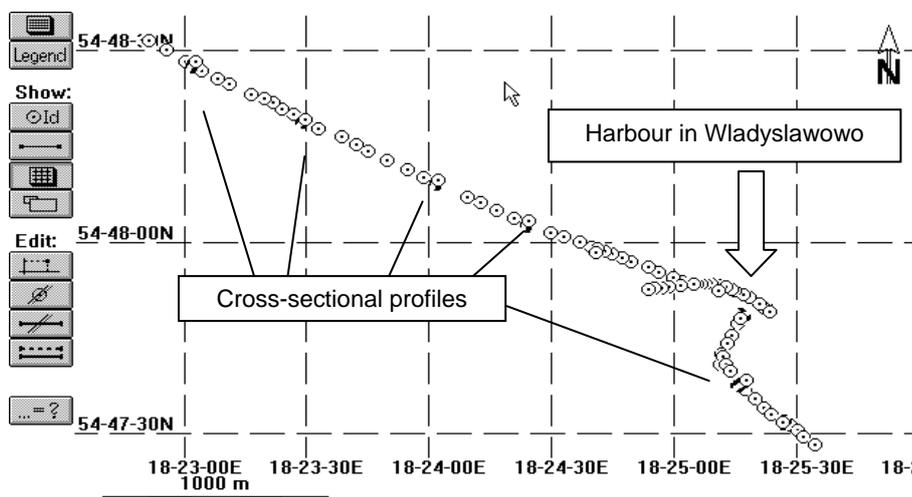


Fig. 6. The coastline in SKI v. 2.3
Рис. 6. Береговая линия в SKI по сравнению с 2.3

Summary

In the year 2000, all Polish coast was surveyed by the Polish Navy Hydrographic Office.

All surveys were carried out on three types of shore: cliff, sand drift and flat. Presented methodology allows a 3-person group to make 40 km shore measurements in 72 hours.

Differences between orthometric and ellipsoid heights were calculated in postprocessing mode.

REFERENCES

1. Czuplewski K., Specht C. Polish coast and base line measurements by using GPS Total Station System. – The 21st Work Session of Commission 3 ISM. Heerbrugg, Switzerland: 2001.
2. Czuplewski K., Kołaczyński S., Specht C. Wykorzystanie zestawu fazowego GPS do wyznaczania linii podstawowej i brzegowej morza terytorialnego R.P. // XII International Science - Technical Conference. Naval Academy. Gdynia, Poland. – 2000. – P. 77–89.
3. LEICA. – Guidelines to Static and Rapid Static GPS Surveying. Leica Geosystems Inc. Heerbrugg, Switzerland. – 1997.
4. LEICA. Guidelines to Stop and Go and Kinematic GPS Surveying. Leica Geosystems Inc. Heerbrugg, Switzerland. – 1997.
5. Niwelacja precyzyj. / Warszawa: PPWK, 1993. – P. 351–390.
6. Kołaczyński S. et al. Modernizacja infrastruktury niezbędnej dla wyznaczania granic morza terytorialnego Rzeczypospolitej Polskiej. // Report of Research Work – Naval Academy. – Gdynia, Poland. – 2000. – P. 8–22; 52–68; 73–104.

ГРНТИ 78.21.39.17; 89.29.65

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕРЕГОВОЙ И БАЗИСНОЙ ЛИНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ GPS

**К. ЧАПЛЕВСКИ,
Ц. СПЕХТ**

(Институт навигации и морской гидрографии,
Военно-морской университет г. Гдыня, Польша)

В статье описан метод определения береговой и базисной линий и приведены результаты опытных работ, выполненных на польском побережье с использованием технологии GPS.

Подразделение акватории на районы регулируется Конвенцией ООН по морскому праву, в частности второй ее частью, называемой «территориальные и смежные с ними воды». Определение границ различных зон на море имеет важное юридическое и практическое значение для каждого прибрежного государства. Основой для решения этой задачи является базисная линия, служащая исходной линией для отсчета ширины территориальных вод, экономической зоны и континентального шельфа. В связи с этим точное определение береговой и базисной линий является важным видом работ для всех гидрографических служб.

В соответствии с указанной Конвенцией ООН базисная линия определяется по уровню малой воды и отмечается на картах, либо в каталог. вклю-

чаются геодезические координаты ее точек с подробными данными. Карты или каталоги официально публикуются, а их копии представляются Генеральному секретарю ООН. Это позволяет ознакомить все заинтересованные организации с национальными правилами установления базисных линий.

Проблема определения береговых и базисных линий представляет интерес как для научных, так и для правительственных организаций, особенно в странах с протяженной береговой линией. Данная проблема имеет финансовую и методическую стороны. Финансовая зависит от наличия денег, а методическая – от технологии. Польская береговая линия имеет протяженность 525 км. Положение ее часто меняется в зависимости от гидрометеорологических условий, поэтому определение ее требует использования точных и быстрых технологий. В течение многих лет определение береговой и базисной линий в Польше проводилось нерегулярно и недостаточно подробно во время периодических промеров в портах и вдоль побережья.

В 80-х годах Польша ратифицировала Конвенцию ООН по морскому праву. И тогда возник вопрос о разработке современного метода определения береговой и базисной линий. Такой метод, основанный на фазовом способе измерений на аппаратуре GPS, был разработан в 1998 г. в Военно-морском университете Польши.

Для проверки и внедрения разработанного метода в начале 2000 года были проведены опытные исследования на участке побережья длиной 40 км на полуострове Хел (Hel). Работа проводилась в два этапа: создание четырех опорных пунктов вблизи берега моря и определение береговых и базисных линий.

В качестве исходного использовался пункт сети EUREF-301, с системой SR-9500 GPS Total Station фирмы Leica. Он находился в деревне Розови (Rozowie). На первом этапе использовался приемник дифференциальных поправок системы GPS (рис. 1, с. 138). С помощью этого приемника выполнены двухчасовые сеансы измерений и создано четыре опорных пункта: Розови (Rozowie) (на пляже), Владиславово (Wladislawowo), Кузница (Kuznica) и Ястарния (Jastarnia) (рис. 3, с. 140). Расположение последних удовлетворяло следующим требованиям:

- все участки для пунктов должны располагаться на открытом пространстве;
- соседние пункты должны отстоять друг от друга на расстояние не более 10 км;
- пункты должны располагаться на возможно большей высоте.

На втором этапе использовался мобильный приемник системы GPS. С его помощью выполнялись кратковременные измерения на пункте. После этого приемник переносился на другой пункт и измерения повторялись. Расстояние между пунктами на берегу не превышало 100 м (рис. 2, с. 139). В случае большой кривизны береговой линии это расстояние сокращалось иногда до 20 м. Для определения береговой линии были выполнены измерения на 1200 пунктах, расположенных между четырьмя опорными пунктами на побережье протяженностью 40 км. (рис. 4, с. 140).

Определение базисной линии выполнялось с использованием того же мобильного приемника системы GPS и высоких реек. Для этой цели перпен-

дикулярно береговой линии были построены поперечные профили длиной от 20 до 50 м, расстояние между которыми не превышало 500 м (рис. 2). На каждом профиле проводились измерения в 4-10 точках, расстояние между ними составляло около 5 м. Базисная линия определялась на профиле в точке с глубиной 0,9 м, отсчитываемой от среднего уровня моря (рис. 5, с. 141). Эта глубина была установлена на основании положений Конвенции ООН по морскому праву. При этом учитывались расхождения между ортометрической высотой и высотой относительного эллипсоида, а также полученный фактический уровень моря с ближайшего уровенного поста во время измерений.

Предложенный метод позволил группе из трех человек за 72 часа выполнить измерения на берегу протяженностью 40 км. Обработка полученной информации выполнялась с использованием программного обеспечения SKI. Фрагмент результатов такой обработки показан на рис. 6 (с. 141).

Используя разработанный метод, в 2000 г. Гидрографическая служба ВМС Польши выполнила съемку на всем польском побережье и составила каталог координат точек базисной линии, что позволило определить границы польских территориальных вод. На основе этой информации прибалтийские государства приняли решение о делении акватории Балтийского моря на исключительные экономические зоны.

ЛИТЕРАТУРА (см. с. 142)

Перевод Г. В. Трибуц

ГРНТИ 36.33.85

ЭЛЕКТРОННЫЕ КАРТЫ С ПЛАВАЮЩЕЙ ЛИНИЕЙ НУЛЕВЫХ ИСКАЖЕНИЙ

А. А. ДАДАШЕВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье рассматривается возможность использования электронной карты в картографических проекциях с перемещающейся линией нулевых искажений. Последнее позволяет многократно уменьшить вызываемые свойствами проекции искажения отображаемой обстановки.

В настоящее время в навигации идет процесс перехода от бумажной к электронной карте. Растет количество кораблей и судов, оборудованных электронными навигационно-информационными системами (ECDIS) [1]. В качестве основы электронной карты используется цифровая карта, которая создается путем цифрования навигационной морской карты и записи информации на техническом носителе. Таким образом, электронная карта является, по сути дела, отображением традиционной бумажной карты на экране дисплея. Этот, казалось бы, несущественный факт намного расширяет возможности использования карты, а именно позволяет:

- изменять масштаб и рамки отображения карты на экране;
- автоматически управлять движением корабля и отображать его положение;
- совмещать электронную карту с радиолокационным отображением обстановки;
- автоматически решать многие другие навигационные задачи;
- совмещать навигационно-гидрографическую обстановку с оперативной обстановкой на экранах БИУС;
- исключить необходимость хранения на борту корабля коллекции бумажных карт, а также предельно упростить работу по корректуре карт.

Кроме того, электронная карта освобождает штурмана от ведения прокладки, подбора карт и другой рутинной работы, предоставляя время для анализа обстановки и решения боевых задач. Вместе с тем возможности электронной карты реализованы еще не полностью. Такие возможности имеются в области совершенствования использования картографических проекций.

Одним из важнейших требований, предъявляемых к топографическим и морским картам, является отображение на них данных обстановки с минимальными искажениями [2, 3]. С целью обеспечения этого требования линии или точки нулевых искажений на картах выбираются так, чтобы обеспечить минимальные искажения на всей изображаемой территории. В нормальной равноугольной цилиндрической проекции Меркатора такой линией является главная параллель. В России для карт в масштабе мельче 1 : 50 000 установлены стандартные главные параллели для морей и районов океана. С удалением от главной параллели искажения возрастают и могут достигать существенной величины. В табл. 1 (графа 4) показаны относительные искажения длин V на границах трех морей ($V = \mu - 1$, где μ – частный масштаб карты при главном масштабе $\mu_0=1$).

Таблица 1

Относительные искажения длин на границах некоторых морей

Море	Широта стандартной главной параллели φ_0	Широтные границы моря $\varphi_S - \varphi_N$	V при стандартной параллели	V при плавающей параллели
1	2	3	4	5
Каспийское	42°	37° – 47°	0,089339	0,0020945
Балтийское	60°	54° – 66°	0,2289469	0,0040266
Баренцево	69°	65° – 74°	0,2999134	0,0061019

Как видно из таблицы при стандартной главной параллели искажение расстояний на максимальном удалении от нее достигает порядка 9%, 23% и 30% на картах соответствующих морей. Значительной величины достигают искажения площадей, $p = \mu^2$. Эти искажения можно существенно уменьшить, если непрерывно в ходе плавания совмещать главную параллель с местом положения корабля, т. е. сделать ее «плавающей». Тогда на параллели места корабля искажения будут отсутствовать, а вблизи нее будут минимальными. Например, если принять вертикальную рамку электронной карты равной 30 см, а масштаб изображения 1:100 000, то с учетом положения корабля в

середине экрана максимальное отклонение от главной параллели в пределах экрана будет равно 15 км или примерно 8 минутам по широте. При этом относительное искажение длин будет примерно в 40–60 раз меньше, чем при стандартной главной параллели (табл. 1, графа 5).

Для реализации идеи плавающей главной параллели необходимо решить две проблемы. Во-первых, необходимо выяснить, какой должна быть дискретность перехода от одной главной параллели к другой при движении корабля, и, во-вторых, – каким способом трансформировать картографическое отображение на экране при изменении главной параллели. Для решения первой проблемы можно использовать формулу В. В. Каврайского [5], определяющую широтный промежуток практически постоянного масштаба, заменив в ней допустимую графическую ошибку 0,1 мм в масштабе карты на допустимую ошибку ΔX в натуре. При этом формула примет вид:

$$\Delta\varphi' = \sqrt{\frac{\Delta X \operatorname{ctg} \varphi}{0,0675}}.$$

Если принять $\varphi = 60^\circ$, $\Delta X = 1$ м, то $\Delta\varphi' = 2,92'$. Минимальный период обновления главной параллели при движении корабля по меридиану различными скоростями V_{yz} показан в табл. 2.

Таблица 2

Минимальный период обновления главной параллели

V_{yz}	$\Delta\varphi'$	T, мин
12	2,92'	14,63
20		8,78
30		5,85
40		4,39

Из таблицы видно, что даже при движении по меридиану темп изменения главной параллели невысок.

Рассмотрим проблему трансформирования отображения электронной карты. Как известно, в современных цифровых картах положение элементов отображения картографической информации определяется в географических координатах, которые связаны с прямоугольными координатами уравнениями проекции Меркатора:

$$\left. \begin{aligned} x &= \mu_0 r_0 f(\varphi), \\ y &= \mu_0 r_0 \lambda \end{aligned} \right\} . \quad (1)$$

Примем x, y в системе координат с началом в точке $\varphi = 0, \lambda = 0$. При этом

$$r_0 = \frac{a \cdot \cos \varphi_0}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi_0)^{1/2}},$$

где

μ_0 – главный масштаб карты;

r_0 – радиус стандартной главной параллели;

φ, λ – текущие географические координаты элементов отображения;

a – большая полуось земного эллипсоида;

φ_0 – широта стандартной главной параллели;

e – первый эксцентриситет эллипсоида.

Совместим главную параллель с местом корабля, широта которого φ_k .

Тогда формулы (1) примут вид:

$$\left. \begin{aligned} x' &= \mu_0 r_k f(\varphi) \\ y' &= \mu_0 r_k \lambda \end{aligned} \right\} , \quad (2)$$

где
$$r_k = \frac{a \cdot \cos \varphi_k}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi_k)}$$
.

Разделив уравнение (2) на уравнение (1), получим

$$\left. \begin{aligned} x' &= x \frac{r_k}{r_0} = \kappa x \\ y' &= y \frac{r_k}{r_0} = \kappa y \end{aligned} \right\} , \quad (3)$$

где
$$\kappa = \frac{r_k}{r_0}$$
.

Таким образом, трансформирование изображения при смене главной параллели сводится к изменению масштаба изображения по формулам (3). По этим же формулам вычисляются новые координаты юго-западного угла экрана x_s, y_w . Экранные координаты элементов отображения карты определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} x &= x' - x_s \\ y &= y' - y_w \end{aligned} \right\} . \quad (4)$$

В принципе идея плавающей линии нулевых искажений может быть реализована в любой картографической проекции. При плавании в приполюсных районах используется поперечная равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора. У нее линией нулевых искажений является квазиэкватор (меридиан с $\lambda = 90^0$ E). Для того чтобы сделать квазиэкватор плавающим, необходимы следующие этапы вычислений по переходу:

- от географических координат к сферическим координатам;
- от сферических координат к квазигеографическим координатам;
- от квазигеографических координат к плоским прямоугольным координатам.

Многоэтапность и сложность вычислений, особенно на первом этапе, приводят к выводу о нецелесообразности использования плавающего квазиэкватора в этой проекции. Проще использовать поперечную равноугольную цилиндрическую проекцию Гаусса, которая по свойствам изображения аналогична поперечной меркаторской проекции. Она широко используется в навигации, геодезии, гидрографии и топографии. Кроме того, в ней роль квази-

экватора играет осевой меридиан, а переход от географических координат к плоским прямоугольным координатам осуществляется одним этапом с помощью уравнений проекции. Все навигационные задачи в проекции Гаусса решаются в плоских прямоугольных координатах, а направление измеряется дирекционным углом T , который равен

$$T = A - \gamma,$$

$$\gamma \equiv (\lambda - \lambda_0) \sin \varphi_{cp},$$

где A – азимут, определяющий направление (курс, пеленг),
 γ – сближение меридианов, равное

$$\gamma \equiv (\lambda - \lambda_0) \sin \varphi_{cp}.$$

(здесь λ , λ_0 – текущее значение долготы и долгота осевого меридиана соответственно).

Рассмотрим возможный вариант плавающего осевого меридиана в проекции Гаусса. Как было указано выше, в базе данных электронной карты используются географические координаты элементов навигационной морской карты. Для построения проекции Гаусса используются уравнения, которые в общем виде приведены ниже:

$$x = a_0 + a_2(\lambda - \lambda_0)^2 + a_4(\lambda - \lambda_0)^4,$$

$$y = a_1(\lambda - \lambda_0) + a_3(\lambda - \lambda_0)^3 + a_5(\lambda - \lambda_0)^5,$$

где a – коэффициенты, зависящие от широты;

λ , λ_0 – текущее значение долготы и долгота осевого меридиана

соответственно.

Для перехода к проекции с плавающим осевым меридианом необходимо совместить осевой меридиан со счислимым или обсервованным местом корабля. В непрерывном совмещении осевого меридиана с местом корабля нет необходимости. Достаточно это делать дискретно при движении корабля с изменением координаты Y на величину, при которой имеет место допустимое искажение длин. Для его определения воспользуемся формулой поправки за редуцирование расстояний на плоскость [4]:

$$\Delta S_m = S_{km} \left[0,307 \cdot 10^{-5} (Y_1 + Y_2)^2 + 0,102 \cdot 10^{-5} (Y_2 - Y_1)^2 \right], \quad (5)$$

где Y_1 , Y_2 – ординаты начала и конца расстояния S_{km} .

Наибольшее искажение длин будет иметь место на меридиане с максимальным Y при условии, что $Y_2 = Y_1$. С учетом этого формула (5) примет вид

$$\Delta S_m = 4Y^2 S_{km} \cdot 0,307 \cdot 10^{-5},$$

откуда $Y = \sqrt{\Delta S / 4S_{km} \cdot 0,307 \cdot 10^{-5}}$.

Примем $S_{km} = 100$ км, $\Delta S = 1$ м. Получим $Y = 28,5$ км.

Таким образом, при принятых условиях переходить к новому осевому меридиану необходимо после перемещения корабля на 28,5 км от осевого меридиана, то есть значительно реже, чем при переходе на новую главную параллель в проекции Меркатора. Несмотря на это, переход к отображению карты с новым осевым меридианом визуально практически не ощутим. Про-

екция как бы приобретает свойство непрерывности на всей поверхности Земли. Картографическая проекция Гаусса, отличающаяся малыми искажениями, приобретает еще более высокие качества отображения. Это очевидно из табл. 3, в которой приведены максимальные искажающие свойства проекции в полосе $\pm 28,5$ км от осевого меридиана.

Таблица 3

Максимальные искажающие свойства проекции Гаусса

Искажение длин ν	Искажение направлений	Искажение углов	Искажение площадей
$9,9 \cdot 10^{-6}$	3,6"	0	$1,9 \cdot 10^{-5}$

При таких характеристиках проекция не имеет себе равных по минимальным искажающим свойствам.

Важным достоинством рассмотренной проекции является еще и то, что оператор может задавать дискретность обновления осевого меридиана в зависимости от допустимого искажения длин.

Минимизация искажений в большей степени важна для бумажной карты, так как по ней осуществляется прокладка и различные измерения. Попытка построить картографическую сетку на бумажной карте в рассмотренных проекциях при условии $\varphi_0 = \varphi$ или $\lambda_{0.} = \lambda$ не дала положительного результата, так как бумажная карта неспособна компенсировать изменение масштаба в динамике.

В электронной карте все навигационные задачи решаются аналитически. Тем не менее, меркаторская карта с плавающей главной параллелью может быть полезной, например при совмещении навигационно-гидрографической обстановки с оперативной обстановкой на экране БИУС или с радиолокационным ее отображением. Это избавит оператора от периодической корректуры масштаба электронной карты при движении корабля.

Плавающую линию нулевых искажений можно использовать не только в реальном времени на ходу судна, но и при планировании перехода или гидрографических исследований. При этом широта плавающей главной параллели или долгота осевого меридиана должны задаваться оператором.

ЛИТЕРАТУРА

1. David Mc Pherson. The transition from paper to Electronic Charting. The Biennial Conference of the Hydrographic Society. University of East Anglia, Norwich, UK, 27-29 March 2001. – 7.1–4 p.
2. Билич Ю. С., Васмут А. С. Проектирование и составление карт. – М.: Недра, 1984. – 363 с.
3. Салищев К. А. Проектирование и составление карт. – М.: Московский университет, 1987. – 240 с.
4. Дадашев А. А. Картография и математическая обработка навигационно-гидрографической информации. – Л.: ВВМУ им. М. В. Фрунзе. – 1987. – 366 с.
5. Картографические таблицы. – Л.: Изд-во Гидрографического управления военно-морских сил. – 1949. – 254 с.

A. A. Dadashev

Electronic Charts with Travelling Line of Zero Distortions

The possibility to use the electronic charts in cartographic projections with travelling line of zero distortions is discussed. This enables to reduce manifold the distortions of the portrayed situations, caused by the characteristics of projection.

ВЫЯВЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЛЕ РЕЛЬЕФА ДНА

Ю. Н. ЖУКОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Предложен способ автоматизации определения локальных экстремумов в поле глубин морского дна. Рассмотрены два типа задания значений глубин – в узлах регулярной и в узлах нерегулярной сетки.

В прикладных исследованиях и при информационном обеспечении деятельности на морских акваториях возникает задача выявления локальных экстремумов в поле глубин морского дна. Предлагая возможный путь решения этой задачи, покажем, что оно будет эффективным только при задании глубин на нерегулярной сетке.

Положим, что имеется набор глубин в точках акватории. Последние образуют нерегулярную сетку с достаточной плотностью покрытия. Рассмотрим задачу поиска локальных минимумов и максимумов значений глубин на таком наборе. Простейшим методом решения является метод сравнения. Для того чтобы определить, является ли значение глубины в некоторой точке локальным максимумом (минимумом), необходимо найти все ближайшие к этой точке глубины и сравнить их с глубиной рассматриваемой точки. Если глубины в ближайших точках меньше, то глубина в рассматриваемой точке образует локальный максимум, если больше, то минимум. В остальных случаях они не образуют ни максимумов, ни минимумов. Автоматизация такой, в общем тривиальной, процедуры, требует довольно сложной реализации на ЭВМ. В данном случае сложность связана с нерегулярностью узлов сетки глубин. На такой сетке нужно точно и эффективно определить, что означает высказывание «ближайшая точка к данной точке».

Для формализации этого понятия необходимо каким-то образом организовать вспомогательную сеть связей между точками глубин. Точки, в которых заданы значения глубин, произвольны, поэтому единственно подходящим для этого является способ триангуляции. Существуют различные алгоритмы триангуляции (в общем случае приводящие к различным сетям связей между точками глубин): выпуклое обминание, триангуляция с минимальным краем, «жадная» триангуляция и т. д. Для рассматриваемой задачи наиболее приемлема триангуляция Делоне (ТД) [1]. Объясняется это тем, что она (в общем положении) строится однозначно и соединяет опорные точки в сеть локально наиболее правильных (равносторонних) треугольников.

Исходной информацией для ТД служат координаты точек глубин. Для того, чтобы триангуляция имела свойства ТД, необходимо и достаточно, чтобы внутри окружности, описанной вокруг любого из треугольников, не лежало больше ни одной вершины триангуляции. Обеспечение этого условия построения триангуляции возможно, если ему предшествует вспомогательный шаг – разбиение множества точек на области Вороного.

Область Вороного некоторой точки $p_i = (x_i, y_i)$ – это множество точек плоскости, для которых расстояние до p_i меньше, чем до любой другой точки

множества точек глубин S . Нахождение областей Вороного для всех точек множества S сводится к разбиению плоскости на области, каждая из которых является множеством точек, более близких к некоторой точке множества S , чем к любой другой. Структура такого разбиения следующая. Если имеются две точки p_i и p_j , то множество точек, более близких к p_i , чем p_j , есть не что иное, как полуплоскость, содержащая точку p_i и определяемая прямой, перпендикулярной отрезку $\overline{p_i p_j}$ и делящей его пополам. Обозначим эту полуплоскость $H(p_i, p_j)$. Множество точек, более близких к p_i , чем к любой другой точке, которое будем обозначать как $V(i)$, получается в результате пересечения $N-1$ полуплоскостей. Это множество является выпуклой многоугольной областью, имеющей не более $N-1$ сторон. Таким образом,

$$V(i) = \bigcap_{i \neq j} H(p_i, p_j).$$

Область $V(i)$ называется многоугольником Вороного, соответствующим точке p_i . Получаемые таким образом N областей образуют разбиение плоскости, представляющее некоторую сеть, называемую диаграммой Вороного. Диаграмму Вороного множества точек S будем обозначать как $Vor(S)$. На рис. 1 приведен пример диаграммы Вороного. Вершины многоугольников определяют вершины диаграммы Вороного, а соединяющие их отрезки – ребра диаграммы Вороного.

Каждая из N исходных точек множества принадлежит в точности одному многоугольнику Вороного. Поэтому если $(x, y) \in V(i)$, то p_i является ближайшим соседом точки (x, y) . Диаграмма Вороного содержит всю информацию о близости точек соответствующего множества.

Рассмотрим теперь граф, двойственный диаграмме Вороного, т. е. граф, уложенный на плоскости и получаемый в результате соединения отрезками каждой пары точек множества S , – многоугольники Вороного, имеющие общее ребро. В результате получается граф с вершинами в исходных N точках (рис. 1). Важность двойственного графа обусловлена теоремой Делоне: граф, двойственный диаграмме Вороного, является триангуляцией множества S . Время триангуляции не хуже $O(N \log N)$, различные алгоритмы триангуляции можно найти в работе [1].

Таким образом, ТД – быстрый и естественный способ задания связей между произвольно расположенными точками на плоскости. Этот способ допускает эффективную и устойчивую машинную реализацию и различные обобщения.

Построение ТД является необходимым подготовительным этапом решения задачи нахождения локальных экстремумов на нерегулярной сетке глубин. Результатом этого этапа является список вершин всех треугольников T_s . С использованием этого списка решение поставленной задачи сводится к

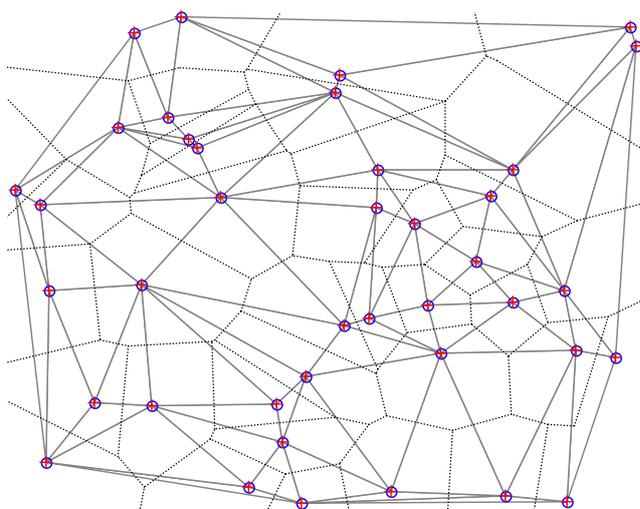


Рис. 1. Пример построения диаграммы Вороного (пунктир) и триангуляции Делоне (сплошные линии)

следующему. Последовательно для каждой точки x_i из множества S в списке T_s находят подмножество треугольников T_{x_i} , одной из вершин которых является точка x_i . Из списка вершин подмножества треугольников T_{x_i} организуют список глубин, соответствующих вершинам этого подмножества. И путем сравнения этих глубин с глубиной текущей точки x_i определяют, образует ли эта точка локальный минимум или максимум.

Определение локальных экстремумов на множестве глубин, заданных в узлах нерегулярной сетки, довольно просто и однозначно. Сложнее решить эту задачу, если глубины заданы в узлах регулярной сетки. Как правило, такая сетка глубин строится на основе нерегулярной сетки глубин (оцифрованных с навигационной карты) с помощью какого-либо интерполяционного метода. Однако получаемые значения глубин в узлах регулярной сетки будут отличаться от глубин в близлежащих узлах исходной нерегулярной сетки.

С математической точки зрения, задача интерполяции некорректна. Если построена одна такая поверхность, то в этом классе функций существует бесконечно много других функций, удовлетворяющих условию задачи. Их можно получить, добавляя к найденной функции произвольные функции, умноженные на произведение $\prod_{i=1}^N (x - x_i)(y - y_i)$. Поэтому удержаться в рамках чистой постановки задачи не удастся и приходится добавлять некоторые эвристические критерии. В простейшем случае поверхности приписывают некоторую «жесткость» и из всех гладких функций, проходящих через опорные точки, выбирают поверхность, обладающую минимальной энергией упругой деформации. Другим способом разрешения проблемы является путь, на котором требуется задание дополнительной информации о пространственном поведении функции. Например, кроме значений функций, требуется задание ее производных в точках множества S .

Очевидно, что морфологические особенности поверхности после приведения глубин к узлам регулярной сетки будут существенно отличаться от исходного поля глубин. Однако, кроме этого обстоятельства, возникает проблема с выявлением локальных экстремумов. В условиях регулярной сетки она становится некорректной.

Действительно, регулярная сетка строится для получения гладкой поверхности рельефа дна и обычно имеет незначительный шаг по пространству. Значения смежных глубин в узлах регулярной сетки будут довольно близки. Однако соотношения между значениями глубин в смежных узлах сетки будут зависеть как от способа интерполяции, так и от расположения узлов регулярной сетки относительно исходной нерегулярной. Поэтому применение метода сравнения к множеству глубин, заданных в регулярной сетке, приводит к выделению большого числа «ложных» экстремумов.

Иллюстрацией изложенного могут быть результаты морфологического анализа глубин в акватории Черного моря. Исходными данными служили глубины приведенные на навигационной карте масштаба 1 : 500 000 (1241 значение). Они заданы на нерегулярной сетке. По этим данным методом линейной интерполяции были вычислены глубины на регулярной сетке с шагом 0,01 градуса (462616 значений). Методом сравнения были найдены локальные максимумы глубин для нерегулярной и регулярной сетки. Результаты приведены на рис. 2.

Таким образом, определение локальных экстремумов методом сравнения эффективно только для глубин, заданных в узлах нерегулярной сетки.

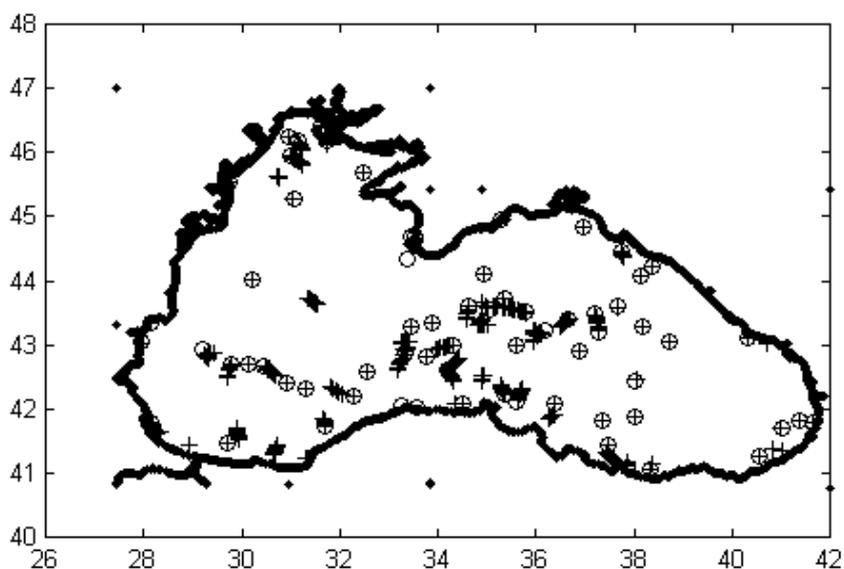


Рис. 2. Положение локальных минимумов глубин в акватории Черного моря (крестиками обозначены минимумы по регулярной сетке глубин, кружками – по нерегулярной)

ЛИТЕРАТУРА

1. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: введение. – М.: Мир, 1989. – 476 с.

Y. N. Zhukov

The Numerical Procedure of Determining the Morphological Elements in the Bottom Topography Field

The technique of automatization of determining the local extrema in the depth field of the sea bottom is proposed. Two types of setting the depth values – in the nodes of the regular and irregular grid – are considered.

ГРНТИ 37.25.29; 47.41.35

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧМ-СИГНАЛОВ ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ДОННЫХ ОСАДКОВ

**Н. А. РИМСКИЙ-КОРСАКОВ,
В. А. СЫЧЕВ**

(Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН)

Для достижения высокой разрешающей способности акустических профилографов (АП) при изучении стратификации и мощности донных осадков без снижения энергетического потенциала АП используются сложные, в том числе частотно-модулированные (ЧМ) зондирующие сигналы. В статье анализируются характеристики и результаты использования двух модификаций АП с ЧМ-сигналами: «Звук-Л» разработки Института океанологии РАН и «CHIRP-II» – фирмы «Datasonics». Приведенные результаты подтверждают положительный эффект использования зондирующих ЧМ-сигналов. Делается вывод о целесообразности применения для зондирования ЧМ-сигналов с девиацией частоты, в несколько раз превышающей полосу пропускания гидроакустической антенны АП, особенно в условиях нечетких бликующих границ раздела между слоями осадков. Такой режим благоприятен при картировании дна по типу осадочного покрова и классификации грунтов с помощью АП.

Для изучения структуры рыхлых морских отложений применяются высокочастотные (12-3 кГц) акустические профилирующие системы, называемые далее акустическими профилографами (АП) или просто профилографами. Основными характеристиками АП по аналогии с гидролокационными средствами являются глубина зондирования (дальность действия) и разрешающая способность. Поэтому оптимизация характеристик АП заключается, в первую очередь, в увеличении глубины зондирования осадков и повышении его разрешающей способности. Эти характеристики должны быть рассмотрены на фоне общего требования снижения веса, габаритов аппаратуры и невосприимчивости к высокому гидростатическому давлению. Последнее относится к АП, которые устанавливаются на борту подводных аппаратов.

Разрешающая способность АП в горизонтальной плоскости (по углу) связана с формой характеристики направленности и отстоянием антенны АП от дна. Разрешающая способность по глубине – с длительностью, а в общем случае – с шириной полосы зондирующего сигнала. Глубина зондирования рыхлых океанских отложений зависит от соотношения сигнал-помеха на входе АП с учетом способа фильтрации и типа используемых сигналов, а также от мощности и рабочей частоты АП; в общем случае – от энергетического по-

тенциала АП и условий его работы. Условия работы определяются комплексом геоакустических характеристик поверхности дна, осадочной толщи и водной среды, которые, как указывается в работе [1], могут быть уточнены в геоакустических моделях дна.

Одним из путей увеличения глубины зондирования донного грунта с помощью АП является повышение энергии излучаемой посылки. Это заключение вытекает из простого выражения для отношения сигнал-помеха на выходе согласованного фильтра [2]:

$$M = \frac{2E}{N},$$

где N – спектральная мощность помехи, а E – энергия принимаемого сигнала, которая прямо пропорциональна произведению мощности зондирующего сигнала на его длительность ($P \tau$). При реализации согласованных фильтров для сигналов простой формы (немодулированных по фазе и частоте) используются так называемые квази-оптимальные фильтры, согласованные с полосой сигнала. Соотношение сигнал/помеха по мощности для такого фильтра составляет

$$M^1 = \gamma \cdot M,$$

где γ зависит от формы огибающей сигнала и в среднем составляет, по данным работы [2], 0,88, а для импульсов прямоугольной формы – 0,83.

Таким образом, для повышения глубины зондирования необходимо увеличить излучаемую мощность, что, однако, ограничено значениями максимальных электрических и механических динамических напряжений, на которые рассчитываются электроакустические преобразователи, используемые в антеннах АП. Другой способ – применение длинных посылок. Но использование длинных посылок снижает разрешающую способность АП по глубине ($d = ct/2$, где c – скорость звука в осадке).

Часто для получения высокой разрешающей способности локационных средств без снижения энергетической дальности действия используются сигналы с частотной (фазовой) модуляцией несущей частоты. Так, например, огибающая импульсно линейно-частотно-модулированного (ЛЧМ) сигнала имеет обычно прямоугольную форму, а частота его изменяется по закону:

$$f = f_c + k \cdot t \quad |t| \leq \frac{\tau}{2},$$

где f_c – среднее значение частоты, τ – длительность сигнала, k – коэффициент, определяющий скорость изменения частоты. Применение согласованной фильтрации при приеме таких сигналов позволяет получить выигрыш по амплитуде в \sqrt{m} раз и разрешающей способности в m раз по сравнению с тональной посылкой той же длительности и мощности. Величина m называется сжатием и определяется соотношением ($m = \Delta f \cdot \tau$), где Δf – ширина полосы излучаемого сигнала, а τ – его длительность. Согласованный фильтр для ЛЧМ сигнала может быть реализован на дисперсионных линиях задержки, либо путем додетекторной цифровой корреляционной обработки.

Следует отметить, что вопрос о максимально возможной величине сжатия (m) практически не рассмотрен в геофизической литературе. Из общих со-

ображений можно указать следующие факторы, влияющие на его величину: а) мощность технических средств обработки эхо-сигналов, б) ширина полосы гидроакустической антенны АП и в) изменчивость пространственно-временных характеристик среды (водная толща и осадки), в которой распространяются акустические сигналы. При современном уровне развития технических средств достижение необходимой величины m ограничивается, по-видимому, лишь стоимостью разработки. В то же время ширина полосы пропускания пьезокерамических преобразователей составляет для стержневых преобразователей не более 20% от величины центральной рабочей частоты антенны и 40% – для кольцевых. Поэтому на рабочих частотах профилографов ширина полосы пропускания антенны оказывается сдерживающим фактором. Аналогичная ситуация имеет место и в отношении пространственно-временных характеристик среды. Рассмотрим два образца АП, которые уже зарекомендовали себя в практике океанологических исследований (см. таблицу).

**Технические характеристики акустических профилографов
«Звук-Л» [3] и «Chirp II» [4]**

Параметры	АП «Звук-Л» [3]	АП «Chirp II» [4]
Центральная частота, кГц	4,96	4,5/15
Девияция частоты, кГц	1,12	2–7/10–20
Длительность зондирующего импульса, мс	22,8	5/10/20/50
Электрическая мощность в импульсе, Вт	210	до 4000
Ширина характеристики направленности, град.	35 x 180	45
Увеличение отношения сигнал/шум	20 дБ	20–30 дБ
Глубинность, м	До 30	50
Тип преобразователей антенны	кольцевые	стержневые
Ширина полосы пропускания антенны, кГц	2	2
Разрешение, м	0,7	0,1

Профилограф «Звук-Л» был создан в 80-х годах в Институте океанологии им. П. П. Ширшова РАН для оснащения многоцелевого подводного буксируемого необитаемого аппарата (БНПА) «Звук-Л» [5]. АП имеет два режима работы: ТП – с тональными зондирующими посылками и ЧМ – с частотно-модулированными посылками. Принцип работы профилографа заключается в следующем. Регистрирующая система со строчной разверткой управляет работой формирователя зондирующих сигналов (ТП или ЧМ) по кабельной линии связи через систему телеуправления БНПА. Усиленная зондирующая посылка излучается антенной АП. Отраженные от дна и подстилающих границ эхо-сигналы преобразовываются этой же антенной в электрические, усиливаются бортовым приемным усилителем и по кабельной линии через систему телеметрии БНПА поступают на судовой приемный усилитель. В ТП-режиме эхо-сигнал после судовой усилителя поступает непосредственно в систему отображения информации, которая формирует на экране монитора ПЭВМ (либо бумажной ленте самописца) яркостное изображение разреза осадков. В ЧМ-режиме сигнал предварительно обрабатывается с помощью коррелятора. Для формирования и обработки ЧМ-сигналов использован комплект коррелятора ЭК-6, разработанного в Акустическом институте им. Н. Н. Андреева. В комплект входит формирователь ЧМ-сигналов и собственно коррелятор ЭК-6, предназначенный для согласованной фильтрации сигналов. Формирователь

построен на базе ПЗУ 556РТ5. Центральная частота посылки – 4,96 кГц; девиация частоты – 1,12; длительность – 22,8 мс. Аналогичный формирователь (опорный) установлен в корреляторе. Обработка принятых сигналов коррелятором ведется после их усиления в судовом блоке АП непосредственно перед подачей на регистратор с яркостной модуляцией. Принцип действия коррелятора основан на вычислении оценок взаимных корреляционных функций исследуемого и опорных сигналов. Вычисление производится экстремальным алгоритмом, основанным на трехуровневом квантовании опорных сигналов с учетом моментов времени достижения опорными сигналами максимальных и минимальных значений. Коррелятор реализует устройства по авторским свидетельствам СССР [6, 7]. Применение ЧМ-режима позволило в 10 раз повысить энергетический потенциал профилографа.

Сравнительные испытания АП «Звук-Л» при работе в разных режимах были проведены в 6 рейсе НИС «Рифт» [3]. Для ТП-режима максимальная глубина зондирования составила 22 м а для ЧМ-режима – 30м. В результате применения ЧМ-режима достигнута четкость прорисовки линий, соответствующих отражающим границам, которые прослеживаются на всем протяжении записи. Ослаблено влияние помех, в том числе электрических помех некачественного токосъёмника буксирной лебедки. На рис. 1, 2 приведены записи, сделанные с помощью акустического профилографа в режимах ТП и ЧМ.

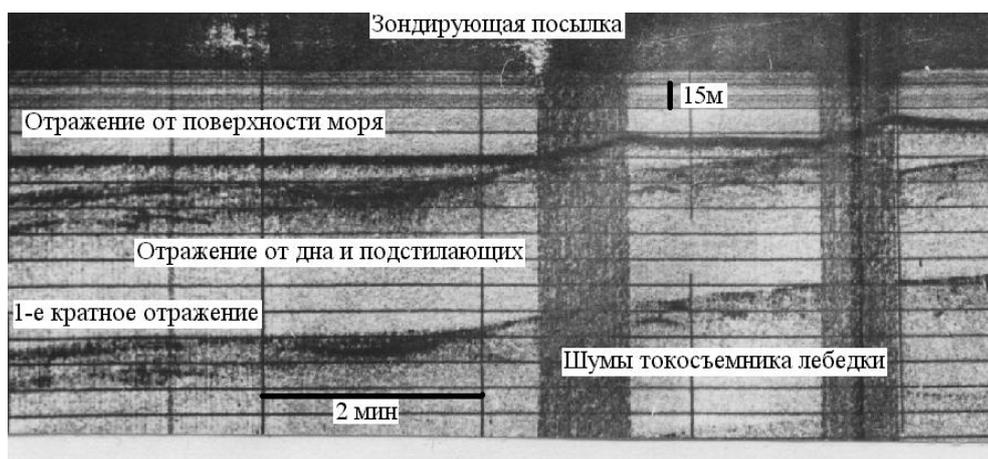


Рис. 1. Изображение разреза осадочного покрова, полученное с помощью АП «Звук-Л» в режиме ТП (Черное море, Болгарский шельф)

Анализ характеристик АП «Звук-Л» и АП «Chirp II» показывает, что первый из них выполнен по традиционной схеме. Величина сжатия и выигрыш в отношении сигнал-шум практически соответствует теоретическим величинам. Это легко объяснить тем, что девиация частоты в нем лежит в пределах полосы пропускания антенны, а различие условий распространения сигналов на верхней и нижней частотах спектра зондирующей посылки не является существенным. В случае АП «Chirp II» ситуация оказывается более сложной. При использовании посылок с максимально возможной длительностью 50 мс, коэффициент сжатия, если исходить из разрешения 0,1 мс, указанного в



Рис. 2. Изображение разреза осадочных отложений, полученное с помощью АП «Звук-Л» в ЧМ-режиме (Черное море, Болгарский шельф)

проспекте фирмы [4], составляет более 500. На практике, как показывает опыт работы с системой, разрешение не превышает 0,3 мс. В то же время декларируемое фирмой увеличение отношение сигнал-шум не превышает 20–30 дБ. Как видно из таблицы, девиация частоты в обоих частотных диапазонах заведомо превышает ширину полосы антенн, представляющих собой решетки из стержневых преобразователей. Кроме того, в нижнем частотном диапазоне верхняя частота в спектре сигнала посылки более чем в три раза превышает нижнюю частоту, они составляют 7 кГц и 2 кГц соответственно. Очевидно, что различие в условиях распространения и отражения на этих частотах не позволяют произвести оптимальную обработку эхо-сигналов. Вместе с тем опыт работы с системой показывает, что разрешение системы практически не изменяется с глубиной зондирования (рис.3). Это указывает на то, что для работы системы различие в условиях распространения звука на верхней и нижней частотах не является существенным. По-видимому, использование сверхширокополосных посылок объясняется лишь желанием получить большую повторяемость результатов, чем в случае использования узкополосных сигналов. Как показывает опыт работы с системой «Chirp-II», эта задача была с успехом решена разработчиками системы.

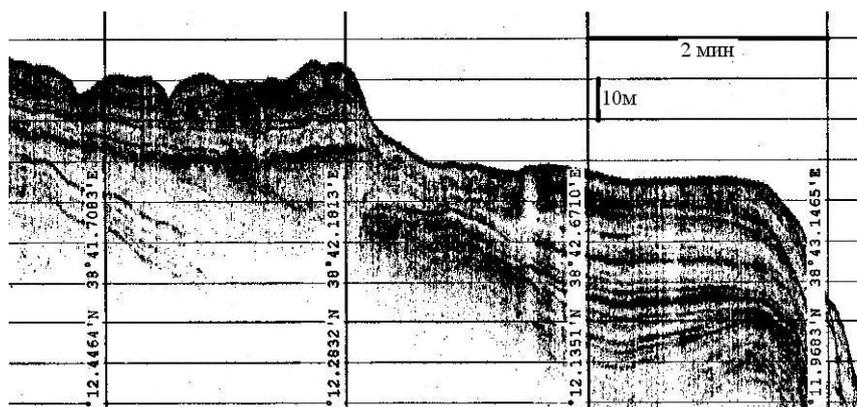


Рис. 3. Изображение разреза осадочных отложений, полученное с помощью АП «Chirp II» в ЧМ-режиме (Черное море, бровка шельфа в районе Джугбы)

Таким образом, использование ЧМ-сигналов в АП позволяет существенно увеличить глубинность профилирования осадков без ухудшения разрешающей способности. Во многих случаях, в особенности при профилировании неуплотненных осадков, лежащих на коренных породах, аналогичного эффекта можно добиться простым увеличением мощности излучаемых сигналов и направленности приемно-передающей антенны АП. Вполне возможно, что в таких случаях использование АП с тональными посылками может оказаться предпочтительным.

Однако при наличии не очень четких, или, например, бликующих границ раздела между осадочными слоями применение АП с широкополосными ЧМ посылками может оказаться более предпочтительным, чем АП с тональными посылками. Это связано с тем, что уровень сигналов, отраженных от границ раздела между осадками, существенно изменяется в зависимости от частоты и ракурса профилирования. Изображения разрезов, полученные с помощью АП в режиме ТП, для таких типов дна могут носить нерегулярный характер, а их интерпретация может оказаться зависимой от условий съемки и рабочей частоты АП. При использовании ЧМ-режима сигнал, отраженный от границы раздела осадков, усредняется в широкой полосе частот и практически не зависит от условий съемки.

В связи с этим АП, использующие широкополосные зондирующие ЧМ сигналы, представляют особый интерес с точки зрения возможности их использования для дистанционной классификации осадков по характеристикам сигналов, которые отражаются дном и границами раздела между слоями осадков с различными свойствами. При этом АП используется в качестве средства для дистанционного измерения коэффициента отражения при нормальном падении, связанного с такими физическими характеристиками грунта, как его средняя плотность, средний диаметр частиц и т. д. [8]. Так, в АП «CHIRP-II» имеется опция идентификации вида осадков в реальном масштабе времени. Более того, при наличии у оператора АП априорных сведений о грунтах в исследуемом районе, «стандартная настройка» указанной опции может быть скорректирована на их основе. Дополнительные каналы в приемном тракте АП позволили бы также производить классификацию осадков по скорости звука, что делает еще более вероятной идентификацию типа грунта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гамильтон Э. Л. Геоакустические модели морского дна / Акустика морских осадков. – М.: Мир, 1977. – С. 176–210.
2. Финкельштейн М. И. Основы радиолокации. М.: Советское радио, 1973. – 496 с.
3. Римский-Корсаков Н. А., Фролов Д. П., Абрамович В. П., Якимович И. И. Некоторые результаты использования акустического профилографа с частотно-модулированной посылкой // Подводные технические средства исследования океана. – М.: Изд-во Института океанологии АН СССР, 1988. – С. 109–112.
4. Рекламный проспект фирмы «Datasonics». –1999.
5. Жаворонков С. В., Кольчугин В. К., Римский-Корсаков Н. А., Шахов М. К. ПА «Звук-Л» – реализация некоторых путей совершенствования геоакустических буксируемых комплексов // Технические средства и методы изучения океанов и морей. – М.: Изд-во Института океанологии АН СССР, 1985. – С. 68–69.
6. Абрамович В. П., Березенко А. И., Калинин С. Е. Фролов Д. П., Якимович И. И. Авторское свидетельство СССР № 9[^]2038, кл. G06F15/336. Бюлл. № 25 от 07.07.82.
7. Якимович И. И., Карякин А. И. Авторское свидетельство СССР № 920738, кл. G06F15/336. Бюлл. № 14 от 17.04.82.

8. Портер У. Дж. Возможности дистанционной классификации осадков по характеристикам отраженных дном акустических сигналов // Акустика морских осадков. – М.: Мир, 1977. С. 299–312.

N. A. Rimsky-Korsakov, V. A. Sychev

The Employment of FM-Signals When Probing the Bottom Sediments

To provide the high resolution of the acoustic profilers (AP) when studying the stratification and thickness of the bottom sediments without reducing the energetic potential of AP, the complex probing signals, among them the FM-signals, are used. The characteristics and results of employment of two AP modifications with FM-signals – «Zvuk-L» («Звук-Л») developed at the Institute of Oceanology, RAS, and Datasonics «Chirp-II» are analysed. The results given in the article confirm the positive effect of employing the probing FM-signals. The conclusion is drawn about the expediency of using, for the purpose of probing, the FM-signals with frequency deviation that exceeds the bandwidth of the AP hydroacoustic antenna many times, especially in the conditions of not clearly defined boundaries between the sediment layers. Such a mode is favourable when charting the bottom according to the type of the soft sediment cover and soil classification by means of AP.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ОКЕАНОГРАФИЯ

ГРНТИ 37.25.23

ФАЗА ПРИЛИВНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Ю. Н. ЖУКОВ
(ГНИНГИ МО РФ),
Е. В. ФЕДОРОВА
(ГОИН)

В статье уточняется формулировка понятия фазы прилива в фиксированной точке акватории. Новая формулировка позволяет применить это понятие не только для гармонических составляющих приливных колебаний (как это имеет место для используемого сейчас в теории приливов понятия «фаза волны»), но и для реальных колебаний уровня моря. Приводится конструктивный способ оценки фазы приливных колебаний.

Описание пространственного распределения приливных колебаний на открытых акваториях морей и океанов является важнейшей прикладной океанографической задачей. Решение ее сводится к построению приливных карт [1]. В настоящее время такие карты строятся только для отдельных гармонических составляющих. В статье авторов [2] предложен новый численный способ расчета, который пригоден для построения приливных карт как для отдельных гармонических составляющих, так и для реального (суммарного) колебания уровня. В последнем случае, однако, для применения предложенного способа необходимо уточнить понятие фазы прилива. Цель настоящей статьи состоит в изложении конструктивного способа описания поля фазы приливных колебаний в любой момент времени по наблюдаемым значениям уровня на береговых постах.

Сразу отметим, что понятие «фаза прилива» не тождественно используемому в традиционной практике понятию «фаза волны» [3], хотя и созвучно ему. Основное отличие состоит в том, что «фаза прилива» является мгновенной характеристикой реального колебания уровня в пункте наблюдения, тогда как понятие «фаза волны» употребляется только по отношению к гармоническим составляющим. Точнее последнее понятие определяет изменяющуюся со временем величину угла α для некоторой гармонической волны

$$\alpha(t) = qt + (V_0 + u) - K, \quad (1)$$

где $(V_0 + u)$ — часовой угол фиктивного светила в среднюю местную полночь, K — угол положения данной составляющей волны, t — время (среднесолнечное). Следовательно, понятие «фаза волны» характеризует частную гармоническую составляющую приливного колебания. Реальные приливные колебания уровня моря несравненно сложнее. Поэтому возникает потребность расширить понятие «фазы волны» на наблюдаемые колебания реального приливного уровня. Заменим его на более общее понятие «фазы прилива» как величины, характеризующей состояние реального колебательного приливного процесса в каждый момент времени. Для этого применим более общие математические свойства понятия «фазы» к наблюдаемым колебаниям уровня в фиксированной точке.

Перейдем к конструктивному определению понятия «фазы прилива». Фаза прилива (как и фаза волны) характеризует чисто кинематическое состояние приливных колебаний. В теории колебаний кинематика колебательных процессов независимо от физической сущности процесса описывается с помощью фазового пространства [4]. С кинематической точки зрения приливные колебания уровня моря в фиксированной пространственной точке можно рассматривать как состояние движения абстрактной материальной точки на вертикальной прямой. Под состоянием движения подразумевается при этом ее положение в пространстве вместе с ее скоростью, определенной по величине и направлению. Состояние движения такой точки формально можно описать на фазовой плоскости. Фазовую плоскость для данного состояния движения образуют два параметра. Один определяется положением точки на вертикальной прямой, второй — направлением скорости этой точки. Тогда состояние движения уровня во времени отображается на этой фазовой плоскости в виде траектории.

В нашем случае фазовая плоскость является плоскостью с введенной на ней прямоугольной системой координат: величиной уровня моря $h(t)$ (ось абсцисс) и скоростью изменения уровня $\dot{h} \equiv dh(t)/dt$ (ось ординат). Производная \dot{h} существует ввиду всегда предполагаемой гладкости изменения приливного уровня.

Реальный ход уровня моря в точке представляет собой достаточно многообразное явление, в котором присутствуют колебания различных периодов и амплитуд. Рассмотрим введение понятия фазы прилива для случая, когда в рассматриваемом интервале времени колебания уровня являются правильными приливными колебаниями. То есть средний уровень моря изменяется значительно меньше амплитуды приливных колебаний, и мелководные возмущения не искажают ход приливных колебаний. Такой ход уровня можно интерпретировать как узкополосный процесс.

В этом случае положение точки на траектории можно определить через радиус-вектор этой точки. В полярных координатах он однозначно определяется расстоянием от центра координат до данной точки траектории и полярным углом, образованным радиусом-вектором и осью абсцисс. Назовем по-

лярный угол фазой прилива $\phi(t)$ на момент времени t . Следовательно, под фазой прилива понимается угол образованный между осью абсцисс и вектором, направленным из центра координат на точку траектории хода уровня на фазовой плоскости. В силу своей формальности это определение применимо не только к гармоническим, но и любым колебательным процессам.

При таком определении к основным свойствам фазы прилива можно отнести основные свойства радиуса-вектора. Вектор, направленный из центра координатной системы в текущую точку фазовой плоскости вращается только в одну сторону, поэтому фаза прилива – не убывающая непрерывная функция времени. Значения фазы прилива для любого непрерывного временного интервала лежат в диапазоне $[\phi_0, \infty)$. Здесь ϕ_0 – фаза прилива в начальный момент временного интервала, т. е. – начальная фаза. Фаза прилива измеряется угловой мерой, которая является циклической величиной, поэтому ее значения можно определять по модулю 2π .

Величину фазы прилива можно соотнести с физическим состоянием прилива: ноль фазы (360 градусов) прилива будет соответствовать моментам полных вод, 180 градусов – моментам малых вод. Один полный цикл приливного колебания соответствует одному обороту радиуса-вектора вокруг центра координат, и траектория для него представляет собой окружность.

Применение введенных понятий к реальному ходу уровня моря даны для колебаний уровня в пункте Мурманск (рис. 1–3).

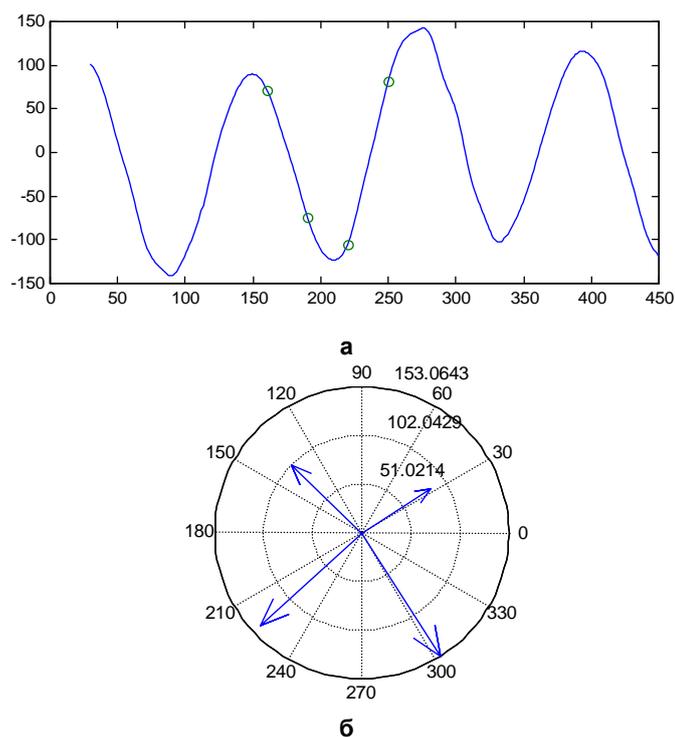


Рис. 1. К определению «фазы прилива»: а) ход уровня в Мурманске, б) фазы прилива для четырех моментов времени, отмеченных кружками на (а)

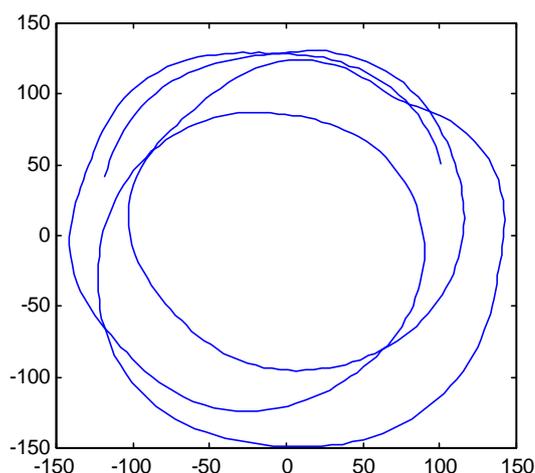


Рис. 2. Ход уровня в Мурманске (представленного на рис. 1а) как траектории на фазовой плоскости

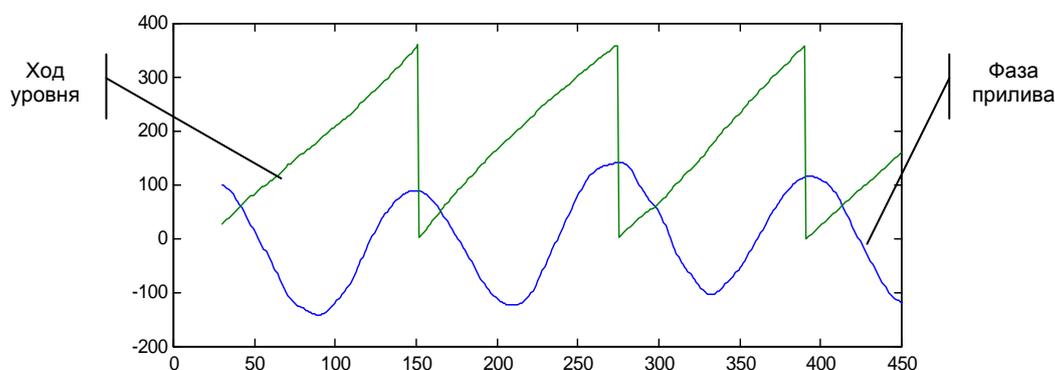


Рис. 3. Сопоставление фазы прилива и хода уровня в Мурманске

Во многих пунктах наблюдений в ходе уровня моря присутствует как тренд среднего уровня (рис. 4а), так и мелководные волны (рис. 5а). Для таких колебаний уровня фазовые портреты имеют сложные траектории с эпикаклами (рис. 4б, 5б). Такой ход уровня не является узкополосным сигналом. Хотя данное выше определение фазы прилива формально применимо и для этих случаев, но при этом радиус-вектор, проходя эпикакл, не будет давать изменения значения фазы на 2π и соответствующие приливные колебания не будут выявлены в изменениях значений фазы прилива. Следовательно, необходимо модифицировать данное выше определение таким образом, чтобы оно включало в себя и сложные колебания приливного уровня, и в то же время новое определение включало в себя предыдущее как частный случай.

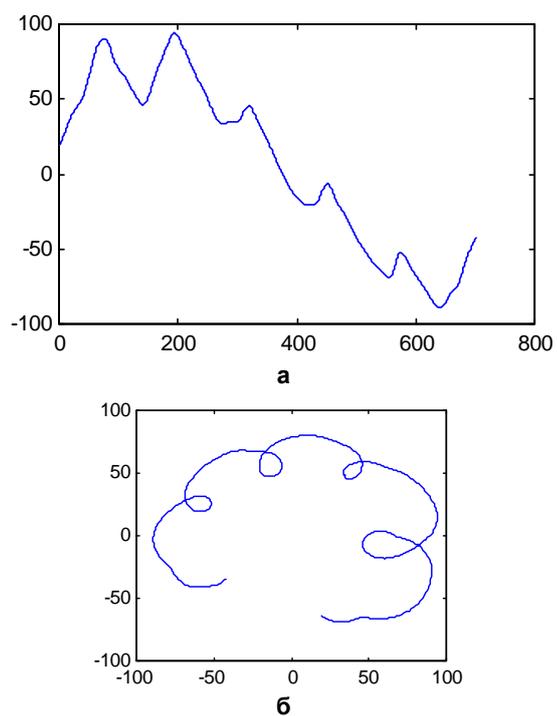


Рис. 4. Ход уровня моря с большими изменениями среднего значения (Соломбала): а) ход уровня; б) соответствующий фазовый портрет

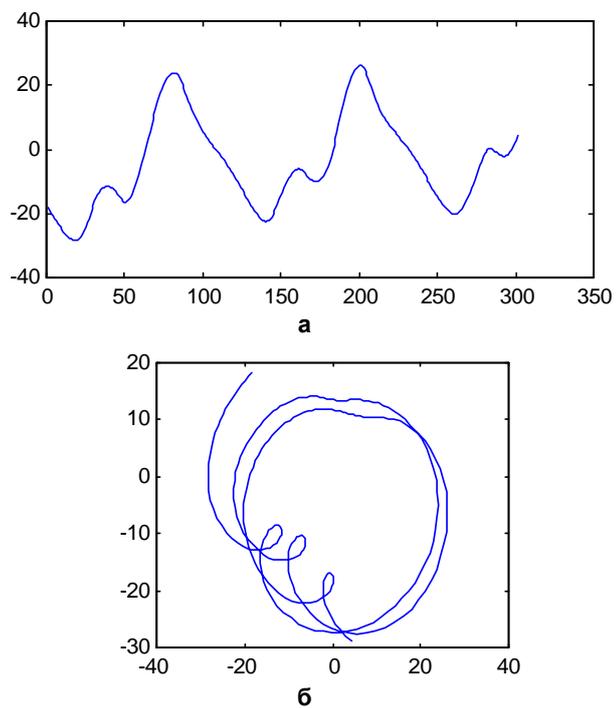


Рис. 5. Ход уровня моря с наличием мелководных волн (Соломбала): а) ход уровня; б) соответствующий фазовый портрет

Чтобы конструктивно ввести определение фазы прилива на реальные сложные приливные колебания, воспользуемся элементами теории дифференциальной геометрии, а именно отображением Гаусса [5].

Возьмем некоторую точку на фазовой траектории хода уровня, соответствующей моменту времени t . Построим в этой точке единичный касательный вектор к фазовой траектории. В силу непрерывности и гладкости фазовой траектории касательная к ней существует в любой ее точке. Направление касательного вектора совпадает с направлением фазовой траектории (с направлением хода времени), а величина равна единице. Нормальным вектором к фазовой траектории в этой точке будет единичный вектор, направленный на 90° против часовой стрелки относительно касательного вектора. Затем перенесем нормальный вектор параллельно самому себе в начало координат (это так называемое «гауссово отображение»), и, повернув его на 180° градусов, получим вектор. Фазой прилива в момент времени t назовем угол, образованный между осью абсцисс и этим последним вектором (рис. 6). При такой интерпретации фазу прилива аналитически можно записать в виде:

$$\phi(t) = -\frac{\pi}{2} + \operatorname{arctg} \frac{d\dot{h}}{dh}. \quad (2)$$

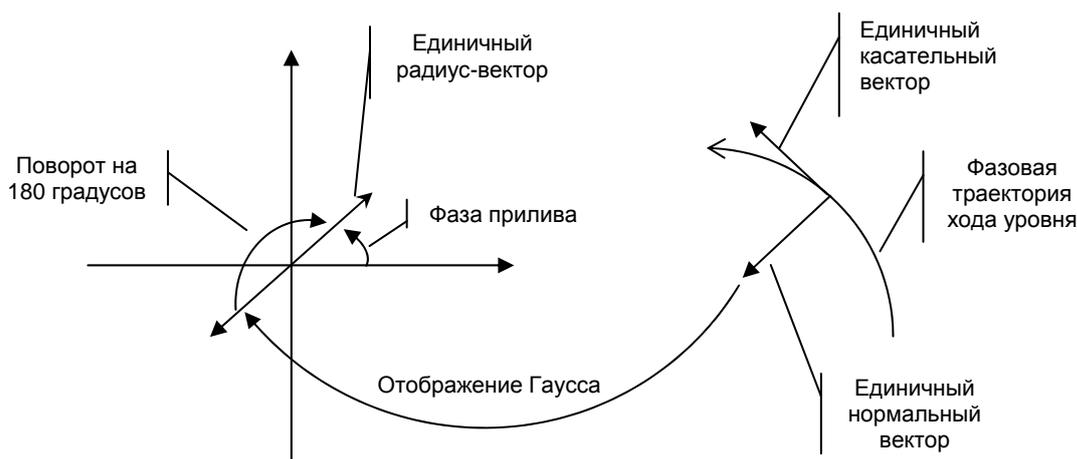


Рис. 6. Фаза прилива на основе нормального вектора к фазовой траектории хода уровня

Под такое определение фазы прилива подпадают все возможные типы приливных колебаний, а предыдущий вариант включается в это определение как частный случай.

Для практических расчетов фазы прилива по временному ряду наблюдений за уровнем моря удобно использовать преобразование Гильберта [6].

Таким образом, введенное понятие фазы прилива не противоречит традиционному понятию фазы волны. Последнее является частным случаем понятия фазы прилива, так же как, например, используемое понятие «угла положения», является специальным случаем фазы прилива. С другой стороны, понятие фазы прилива позволяет построить приливные карты для реальных приливных колебаний на акваториях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов А. В. Энергия океанских приливов. – Л.: ГИМИЗ, 1990 – 288 с.
2. Жуков Ю. Н., Федорова Е. В. Аналитические принципы расчета приливных карт на основе теории функций комплексного переменного // Навигация и гидрография. – 2002. – №13. – С. 147–150.
3. Владимирский Н. П. Руководство по обработке и предсказанию приливов. Л.: Издательство ГУ ВМФ СССР, 1941. – 347 с.
4. Рабинович М. И., Трубецков Д. И. Введение в теорию колебаний и волн. Тр.НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – М.: «Ижевск», 2000. – 560 с.
5. Торп Дж. Начальные главы дифференциальной геометрии. М.: Мир, 1982. – 360с.
6. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Советское радио, 1974. – 550 с.

Y. N. Zhukov, E. V. Fedorova

Phase of the Tidal Variations

The wording of the notion of the tide phase in a fixed point of the water area is specified. The new wording allows this notion to be applied not only for the harmonic constituents of the tidal variations as it is done for the notion «phase of wave» used now in the tidal theory but also for the real sea level variations. The constructive method of evaluating the phase of tidal variations is set forth.

ГРНТИ 50.33.33; 37.21.51

**ИСКАЖЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛЕЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В
ЭЛЕКТРОННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

Ю. Н. ЖУКОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Основные проблемы учета влияния гидрометеорологической обстановки с использованием ГИС-приложений связаны с неадекватным отображением картируемых полей при изменении масштаба.

В последнее время для визуализации гидрометеорологической информации все большее применение находит технология электронных геоинформационных систем (ГИС) В связи с этим представляется целесообразным анализ применимости ГИС для этих целей.

ГИС предназначены для использования в различных областях деятельности, например при поисках и разработке месторождений, при проектировании береговых сооружений, для оценки экологической ситуации в различных регионах. Применяются они и для решения различных задач ВМФ. Одной из важнейших информационных баз в ГИС является база гидрометеорологической информации. На ее основе осуществляется оценка влияния гидрометеорологических условий на планируемые мероприятия. Для правильной оценки этого влияния и адекватного принятия решения необходимо непротиворечивое отображение гидрометеорологической информации в ГИС.

Основным достоинством ГИС является визуализация информации на картографической основе в различных картографических масштабах и проекциях. Однако гидрометеорологическая информация обладает специфически-

ми свойствами, связанными, прежде всего, с естественной изменчивостью, что не позволяет правильно отображать ее в современных ГИС. Можно доказать, что в ГИС не сохраняется графическая структура гидрометеорологических полей. Главная причина этого – «механическое» искажение гидрометеорологических объектов при изменении масштаба карты, из-за чего теряется ряд таких черт, которые в своем геометрическом облике несут важную гидрометеорологическую информацию, что не позволяет в дальнейшем правильно учитывать ее при принятии решений.

Образ любого гидрометеорологического поля складывается из закономерных сочетаний разнообразных неоднородностей, каждая из которых имеет строго определенный естественный рисунок, графическую форму. Стремление к сохранению постоянства «гидрометеорологического образа поля» при уменьшении масштаба карт является одним из главных требований. Оно справедливо при составлении карт любых ландшафтных объектов. Для достижения этого эффекта в традиционной «бумажной» картографии на рисунке при изображении каждого из типов объектов разрешалось подчеркивать его географическую сущность, несколько отходя от механически уменьшенного оригинала. Опытный картограф, отчасти искажая размеры объекта, стремился сохранять его географический образ иногда даже в ущерб геометрической точности изображения. Существует представление о том, что, наряду с геометрическим подобием, которое очень важно прежде всего для картометрии, следует сохранять его географическое подобие, которое не менее важно для раскрытия природной сущности изображаемых объектов. Поскольку полное разрешение этой задачи казалось невозможным, основной стратегией работ в этом направлении было стремление минимизировать потери обоих видов подобия. Эта проблема в картографии носит название проблемы генерализации изображения и решается специалистами – картографами с 50-х гг. XX столетия.

Основным способом отображения гидрометеорологической информации на карте является система изолиний. С их помощью с заданным сечением раскрывается «рельеф» гидрометеорологической поверхности поля. Заметим, что каждая из изолиний имеет свой рисунок, при этом различия в рисунке линий отражают пространственное разнообразие протекающих явлений, охарактеризованное изображенным полем. Картографическая генерализация требует, чтобы контур, имеющий определенную форму, был при изменении масштаба переоплощен в форму линии, которая бы сохраняла в своем облике важную идентификационную нагрузку. Информация, содержащаяся в форме линии, воспринимается как важная характеристика самого объекта.

В современных ГИС задача генерализации не нашла своего решения для линейных и площадных объектов, поэтому происходит формальная (механическая) генерализация изображения, и подобие формы фигуры сохраняется лишь до некоторого шага изменения масштаба карты. Казалось бы, простые геометрические фигуры при уменьшении должны оставаться подобными самим себе достаточно долго, и критерии их подобия хорошо известны из курсов элементарной планиметрии. На самом же деле с природными объектами это происходит не совсем так. Дело в том, что при механическом уменьшении отнюдь не долго сохраняют свой географический образ лишь объекты изо-

метричной в плане формы. С уменьшением в пределе они стремятся превратиться в точку. А потеря информации об «их форме» происходит преимущественно за счет потери сведений об исходной извилистости их контура.

Иначе обстоит дело с объектами, имеющими в плане удлиненную форму. При уменьшении они сначала превращаются в линию, и только затем линия «стремится стать точкой». При этом происходит не только потеря информации об изначально малых «извилинах контура», но и определенная геометрическая деформация.

На рис. 1 приведена иллюстрация искажения в ГИС контура векторного формата при изменении масштаба карты.

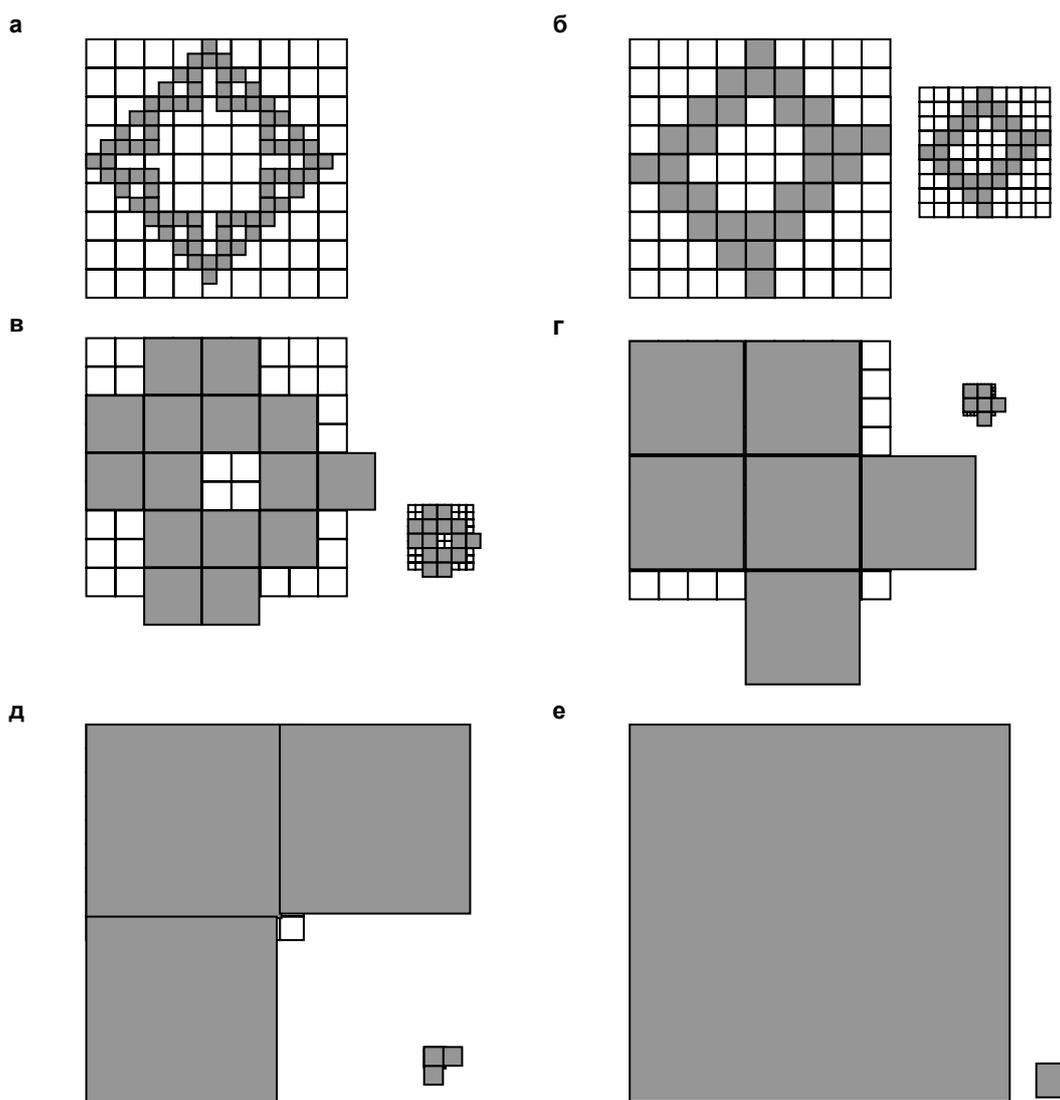


Рис. 1. Пример искажения контура при уменьшении масштаба для векторного формата:
 а) исходный контур; б–е) последовательное уменьшение масштаба, кратное 2.
 Для каждого масштаба: слева – попиксельный контур в исходном масштабе,
 справа – вид контура в истинном масштабе

Следовательно, применяемый в ГИС способ механического изменения контуров изолиний не удовлетворяет требованиям традиционной картографической генерализации, т. к. проводится неадекватная масштабу карты деформация изолиний, что существенно искажает реальную картину изменчивости гидрометеорологических полей.

Сказанное выше касается изображения гидрометеорологических полей на основе векторного формата данных, который используется для отображения изолиний. Однако в современных ГИС применяется еще и растровый формат для отображения пространственных участков поверхности Земли, например, сканированных бумажных карт или спутниковых фотографий Земли. При этом, по существу, возникают те же проблемы, но теперь они связаны с неправильной деформацией формы фигуры, представленной набором пикселей с равным фиксированным уровнем градации цвета. Это может быть изображение облака или пятна одинаковой температуры на поверхности океана. Достаточно привести один схематический пример такой деформации. Зададимся некоторой исходной фигурой с неровными границами и покажем, в какую фигуру она будет деформироваться при уменьшении масштаба в два раза. Деформация будет зависеть как от выбора центра агрегации пикселей, так и от правила агрегации. На рис. 2 приведен пример деформации исходной фигуры (а) для различных выборов центров и двух правил агрегации.

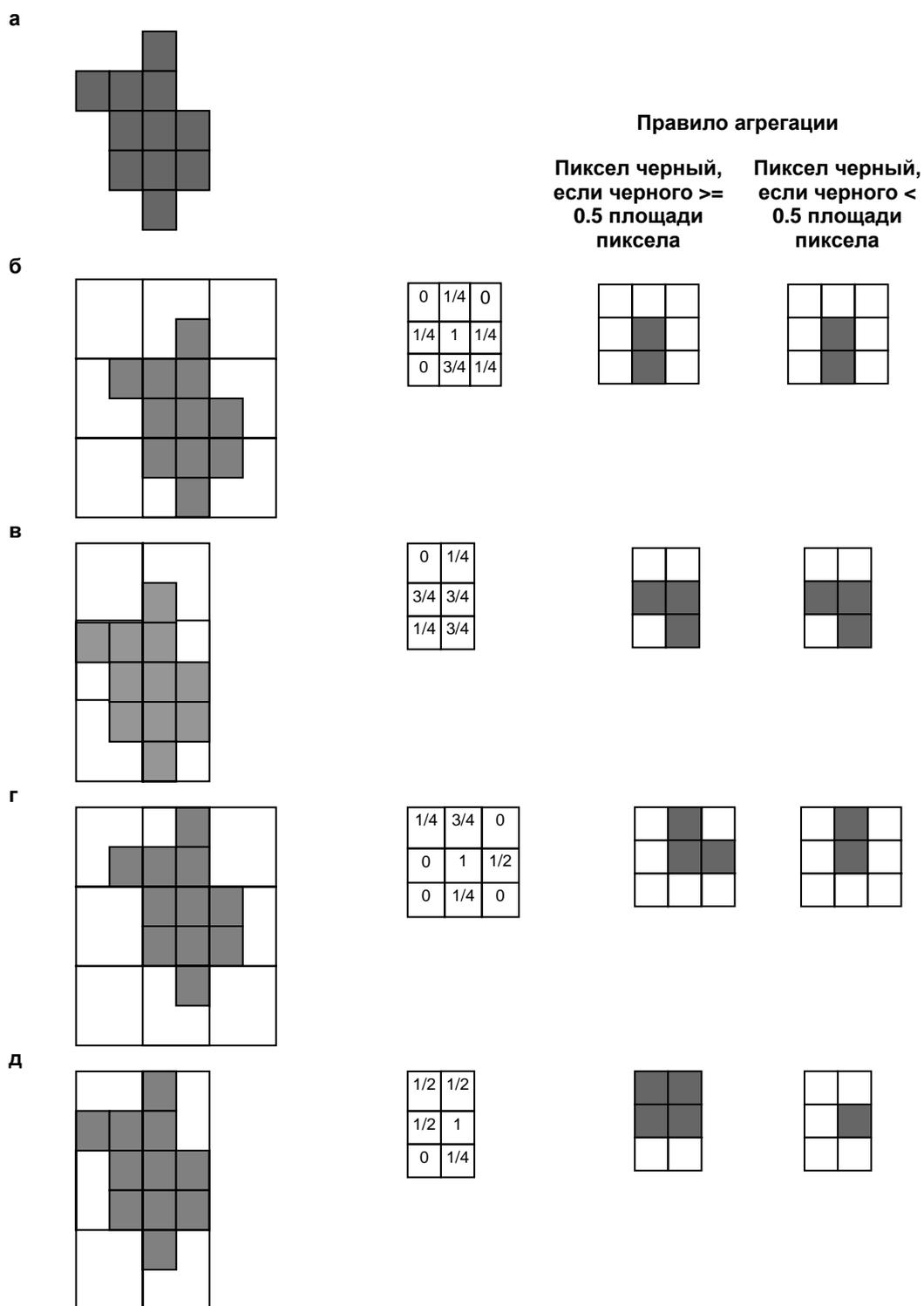


Рис. 2. Влияние выбора центров пикселей и правила агрегации на деформацию формы исходной фигуры

Рассмотрим подробнее деформации, связанные с правилом агрегации, когда не сохраняется суммарная площадь объекта с равной интенсивностью цветовой закрашки. Так, например, на рис. 3 квадрат S считался белым, если из четырех составляющих его элементарных квадратов s , белыми были два или больше. В результате суммарная площадь черных квадратов в квадрате S_0 после преобразования составляет $12 \cdot s$, тогда как до преобразования она равна $18 \cdot s$, то есть искажение в суммарной площади составляет 33%.

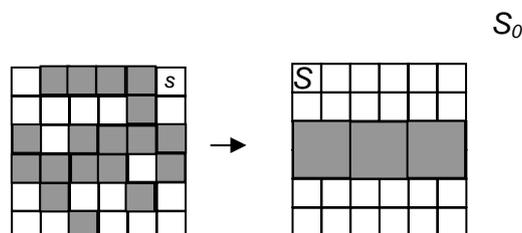


Рис. 3. Пример деформации фигуры при агрегации пикселей для растрового формата.

Проведем формальный анализ этого вида деформации. Предположим, что исходные данные в большом районе S_0 заданы в квадратах площадью s (разрешение растрового снимка). Пусть интересующая визуализируемая информация в каждом элементарном квадрате принимает только значения $+1$ (черный цвет квадрата) или -1 (белый цвет квадрата). Причем в элементарном квадрате значение $+1$ встречается с вероятностью p . Считаем, что значения параметра в элементарных квадратах статистически независимы. Следовательно, значение -1 будет встречаться с вероятностью $q = (1 - p)$. Процедура деформации площади областей значений $+1$ (-1) при уменьшении масштаба от s к S ($S=2^n s$, n – целое) моделируется следующим образом. Знак для каждого квадрата S определяется по правилу агрегации: прямоугольнику приписывается значение $+1$, если число элементарных квадратов со значениями $+1$ больше или равно $2^{n/2}$. В противном случае, квадрату S приписывается значение -1 .

На основе такой модели агрегации рассмотрим, как изменяется суммарная площадь (S_+) областей, занятых значениями $+1$ и -1 (S_-). Так как эти суммарные площади дополняют друг друга до S_0 , то искажения в суммарной площади достаточно найти для любой из них, например для S_+ . Величину искажения w запишем в виде:

$$w = (S'_+ - S_+)/S_0, \quad (1)$$

где S_+ – суммарная площадь, занятая значениями $+1$ до агрегации, а S'_+ – после агрегации.

Оценку w можно получить на основе методов ренорм-группового анализа. Положим, что вероятность появления значения $+1$ в элементарном квадрате s равна $p = 0.5$. Вероятность p' получить в прямоугольнике S значение $+1$ связана со значением p некоторым преобразованием (R) перенормировки. В нашей модели R определяется на основе соотношений для независимых испытаний Бернулли:

$$p' = \sum_{k=n/2}^n \binom{n}{k} p^k q^{(n-k)}, \quad (2)$$

где $\binom{n}{k}$ – число сочетаний из n элементов по k . Отсюда выражение (1)

можно записать в виде:

$$w = p' - p. \quad (3)$$

Вначале рассмотрим зависимость p' от p при фиксированном n . Из соотношения (2) видно, что p' больше или меньше p в зависимости от величины p . Следовательно, после агрегации общая площадь, занятая значениями +1, будет отличаться по величине и по конфигурации от соответствующих исходных значений. Приведем пример, поясняющий формальную запись (2), для конкретных значений параметров $n = 2$. В этом случае вероятность p' того, что квадрату S будет приписано значение +1, равна сумме вероятностей всех возможных вариантов, при которых в квадрате из четырех элементарных квадратов встретятся два и более элементарных квадратов со значениями +1. То есть

$$p' = R(p) = p^4 + 4p^3(1 - p) + 6p^2(1 - p)^2. \quad (4)$$

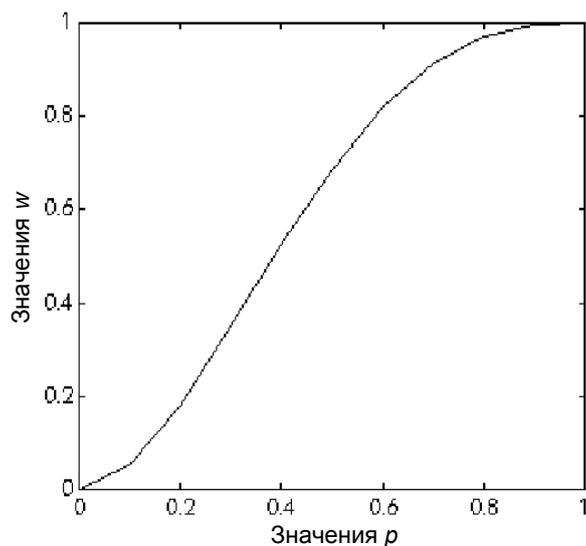


Рис. 4. График зависимости p' от p для выражения (4)

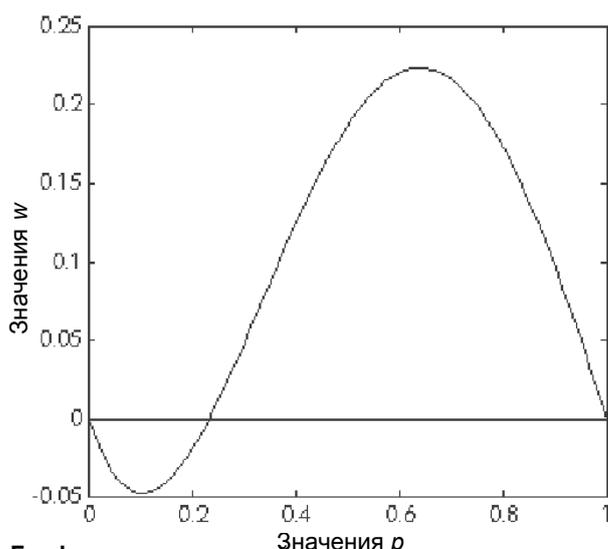


Рис. 5. График относительной погрешности w для выражения (4)

На рис. 4 представлены значения $R(p)$ для различных значений p . Как видно из рис. 4, вероятность p' действительно отличается от p . Причем если значения p близки к единице, то p' больше p , а если значения p близки к нулю, то p' меньше p . Следовательно, при уменьшении масштаба мы либо увеличиваем, либо уменьшаем долю площади, соответствующую p для рассматриваемой области. Из рис. 4 видно, что при некотором значении p^* значение p' равно p . В данном примере $p^* \approx 0,23$. Это нетривиальная неподвижная точка преобразования (4), для которого существуют еще две тривиальные неподвижные точки 0 и 1. Это хорошо видно на рис. 5, где по оси ординат отложено значение w . Следовательно, при $p = p^*$ искажений в структуре информации при уменьшении масштаба не будет, то есть отношения площадей будут сохраняться. Такая нетривиальная неподвижная точка преобразования имеется для любых значений параметров выражения (2).

Теперь рассмотрим зависимость p' от $N = 2^n$ при фиксированном p . Для этого перепишем выражение (2) в виде:

$$p' = 1 - I_q(N/2, (N/2)+1), \quad (5)$$

где $I_q(*)$ – неполная бета-функция. На рис. 6 представлены графики $w(N,p)$ для некоторых значений p . Из них следует, что искажения суммарной площади зависят и от n .

При растровой визуализации в ГИС существуют и другие деформации формы фигур, связанные, например, с поворотами изображения, но достаточно и этих примеров, чтобы доказать, что и для растровых форматов технология ГИС не удовлетворяет принципам традиционной картографической генерализации.

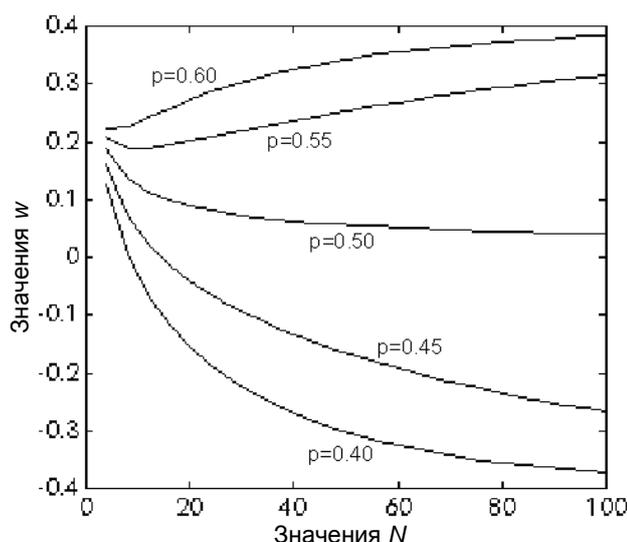


Рис. 6. График изменения относительной погрешности w от N

С появлением ЭВМ интенсивно разрабатывались автоматизированные методы картографической генерализации. С позиций цифровой картографии под автоматизированной картографической генерализацией понимают математическую обработку цифровой картографической информации с целью отбора и обобщения объектов карты в соответствии с ее назначением и масштабом, а также особенностями картируемой территории [1]. В настоящее время существует огромное число методов автоматической картографической генерализации линейных картографических элементов (изолиний), которые подразделяются на структурные, интерполяционные и эквидистантные. Суть всех сводится к получению по некоторому формальному алгоритму «сглаженного» линейного картографического элемента. Однако получаемый результат оценивается визуальным способом. Собственно говоря, выбор алгоритма и приемлемость конечного результата определяются на основе субъективных критериев. В основном такие алгоритмы предназначены для работы в диалоговом режиме для получения карты конкретного масштаба. Эти алгоритмы практически не применяются в ГИС. Используются лишь некоторые элементы разработанных методов для получения сглаженных контуров объектов, но даже они применяются в диалоге.

В последнее время в области исследований по картографической генерализации наметились новые подходы к решению проблемы генерализации изолиний. Один из них основан на представлении очертаний природных объектов в виде специального класса функций – непрерывных, но всюду недифференцируемых функций (фракталов) [2, 3, 4, 5]. Другой подход основан на представлении трехмерных картографических полей набором специальных математических функций – вейвлетов [6].

Все вышесказанное свидетельствует о том, что при визуализации в ГИС существуют значительные искажения гидрометеорологической информации. Эта проблема требует своего скорейшего разрешения, что определяется

прежде всего широким внедрением ГИС в практическую деятельность, связанную с освоением северных шельфовых месторождений, и в процедуру принятия решений в Вооруженных силах. Именно в этих областях требуется согласованная информация о среде в различных пространственно-временных масштабах, поэтому правильный учет влияния гидрометеорологических условий является одной из главных составляющих, которые определяют эффективность принятого решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васмут А. С., Бугаевский Л. М., Портнов А. М. Автоматизация и математические методы в картосоставлении. М.: Недра, 1991. – 273 с.
2. Берлянд А. М., Мусин О. Р., Собчук Т. В. Картографическая генерализация и теория фракталов. М.: МГУ, 1998. – 136 с.
3. Dutton G. Fractal Enhancement of Cartographic Line Detail // The Amer. Cartogr. – 1981. – N8(1). P. 23 – 40.
4. Laurence W. Cartensen Jr. A Fractal Analysis of Cartographic Generalization // The Amer. Cartogr. – 1989. – Vol.16. – N3. P.181–189.
5. Muller J. C. Fractal and Automated Line Generalization // Cartographical J. 1987. – Vol. 24. – N1. – P. 27–34.
6. Воронцов А. А., Жуков Ю. Н., Федорова Е. В. Генерализация гидрометеорологической информации в ГИС. // Компьютерное и математическое моделирование в естественных и технических науках. – Тамбов: Изд-во ТГУ, 2001. – С 25–27.

Y. N. Zhukov

Distortions of the Structural Features of the Hydrometeorological Characteristics Fields When Visualizing them in the Electronic Geoinformation Systems

The main problems of allowing for the influence of the hydrometeorological situation, using the GIS-applications, are connected with inadequate presentation of the charted fields when the scale is changed.

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ: МЕТОДИКА И МЕТОДОЛОГИЯ

**Г. И. ИВАНОВ,
В. П. ШЕВЧЕНКО**
(ВНИИОкеангеология),
А. А. СВЕРТИЛОВ
(Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН)

На основе предложенного подхода к проблеме экологических исследований арктического шельфа (экогеохимической седиментологии), детерминирующего системное изучение источников поступления, миграции, трансформации и накопления загрязняющих веществ (ЗВ), во ВНИИОкеангеология была разработана методология и методика исследований. Методология базируется на принципах системного и комплексного подходов. Комплексность заключается в изучении всех основных звеньев экосистемы – аэрозолей, потоков вещества, взвеси, водной толщи, донных осадков и поровых вод, бентических сообществ. Дискретность определяется масштабом работ, а также уровнем организации исследуемого фрагмента экосистемы. На основе анализа более 1100 комплексных станций в качестве геохимических критериев оценки предложены фоновые содержания основных групп ЗВ (ХОС, ТМ, фенолы, ПАУ, НУ, детергенты, радионуклиды) в воде и донных осадках, рассчитанные для различных уровней сложности геологических объектов. В дополнение к уже существующим предложены геохимические параметры – индекс загрязненности донных осадков ($I_{ос.}$) и придонной воды ($I_{воды}$).

ВВЕДЕНИЕ

Россия обладает крупнейшим в мире шельфом, большая часть которого приходится на арктическую зону. Накопленные сведения убедительно свидетельствуют о перспективах шельфа России на полезные ископаемые (нефть, газ, россыпи золота, олова, алмазов, строительные материалы, кормовые ракушечные пески и др.). Это позволяет считать его недра крупнейшим резервом минерально-сырьевых ресурсов.

Арктический шельф России обладает также крупнейшими биоресурсами фитобентоса (ламинарии, фукоиды, анфельция) и зообентоса (морские гребешки и другие моллюски, кукумария, морские ежи, ракообразные), являющимися важным резервом пищевых и кормовых продуктов.

Не менее важно значение шельфа России как нового объекта комплексного народнохозяйственного освоения в промысловых, транспортных, строительных, природоохранных и других целях. С началом освоения нефтяных и газовых месторождений арктическая зона становится важнейшим объектом комплексного народнохозяйственного использования. В связи с этим очевидна актуальность проведения геоэкологических исследований шельфа, которая усугубляется особой хрупкостью арктической природной среды.

Геоэкология морских акваторий рассматривается нами как новое научное направление, изучающее взаимоотношения техногенеза и седиментогенеза на современном этапе развития Земли [1]. Основной задачей геоэкологии в данной трактовке является определение техногенной компоненты и масштабов ее воздействия в процессе осадкообразования. При этом основное внимание уделяется анализу поступления, миграции, трансформации и

накопления загрязняющих веществ (ЗВ) на различных уровнях организации вещества, что предполагает интенсивное внедрение геохимических методов в познание геоэкологии. Это новое научное направление мы предлагаем называть – *экогеохимическая седиментология*. Под техногенезом мы понимаем совокупность механических, геохимических и геофизических процессов, связанных с деятельностью человека. В геохимическом плане это находит свое отражение в концентрации и рассеянии химических элементов и включении новых, не характерных для данной системы элементов.

Таким образом, основными методологическими аспектами при проведении геоэкологических исследований арктического шельфа и организации мониторинга являются: анализ потенциальных источников поступления ЗВ, путей их миграция, трансформации и накопления, а также наличие критериев оценки состояния природной среды обследованного региона. Учет их поможет правильно определить перечень обследуемых сред и масштаб исследований, набор методов как полевых наблюдений, так и лабораторный комплекс.

ИСТОЧНИКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Вследствие активной народнохозяйственной деятельности огромное количество ЗВ поступает в морские экосистемы различными путями: материковый сток (речной сток, абразия берегов), атмосферные осадки, прямой сброс промышленных и бытовых стоков, захоронение токсичных и радиоактивных отходов, аварийные ситуации, судоходство, разработка месторождений полезных ископаемых.

Условно считая гидросферу пассивно аккумулирующей средой, можно классифицировать источники поступления ЗВ в соответствии с общей концепцией седиментогенеза. Выделяются три группы источников: *экзогенная, эндогенная и акваполитехногенная* (рис. 1). Первая группа исследована достаточно подробно как для всего шельфа в целом, так и для арктической его части. Последняя группа источников, выделенная впервые, связана с индустриальной деятельностью непосредственно на морских акваториях, включая морской транспорт, разработку подводных месторождений, захоронение вредных веществ (дампинг), сброс бытовых и промышленных отходов, рыболовство (траление).

Эндогенная составляющая в поставке веществ (в том числе ЗВ) в арктических морях к настоящему моменту изучена слабо и носит фрагментарный характер. К проявлениям такого рода можно отнести разрушение газогидратов и выход метана (рис. 2 [2]), а также диффузию углеводородов из материнских пород [3]. В частности, во время комплексного геоэкологического рейса на НИС «Геолог Ферсман» в осадочном чехле Баренцева моря нами были выявлены текстуры [4], которые позволяют сделать предположение об эндогенном подтоке вещества (рис. 3). Эти данные были получены на основании анализа геоакустических профилей и детальных органо-геохимических исследований донных осадков.

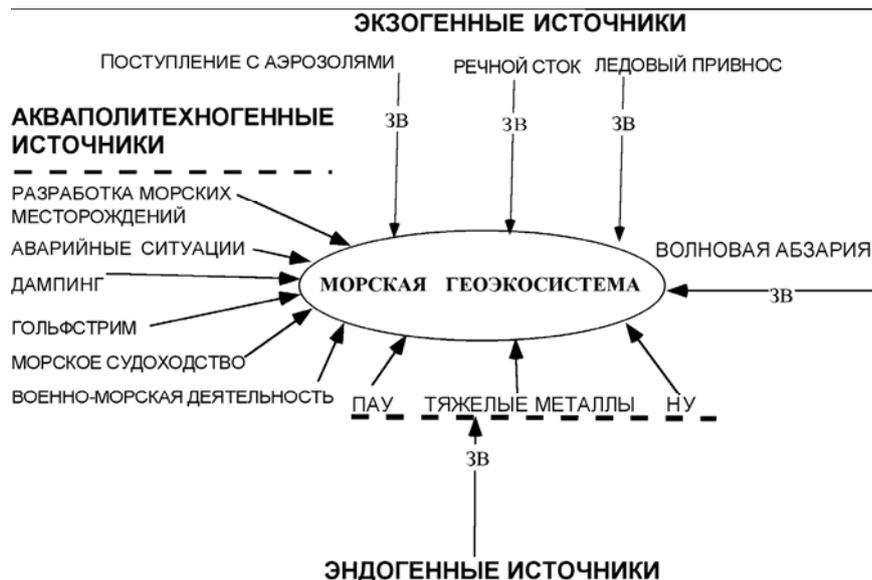


Рис. 1. Структурная схема классификации источников поступления загрязняющих веществ в морскую среду

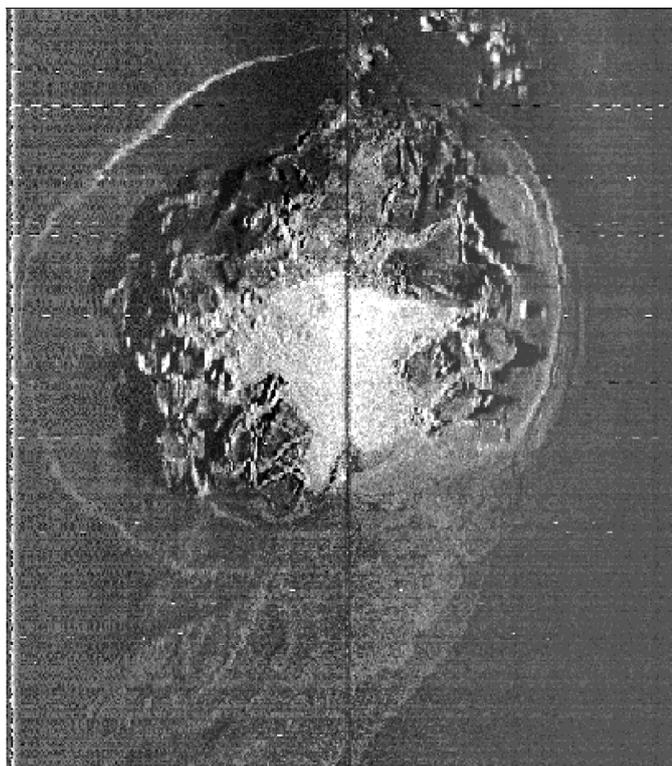


Рис. 2. Выходы газогидратов на дне Норвежского моря (ГБО М-164, частота 30 кГц, Хаокон Мосби, глубина 1560 м, Vogt et al., 1996)

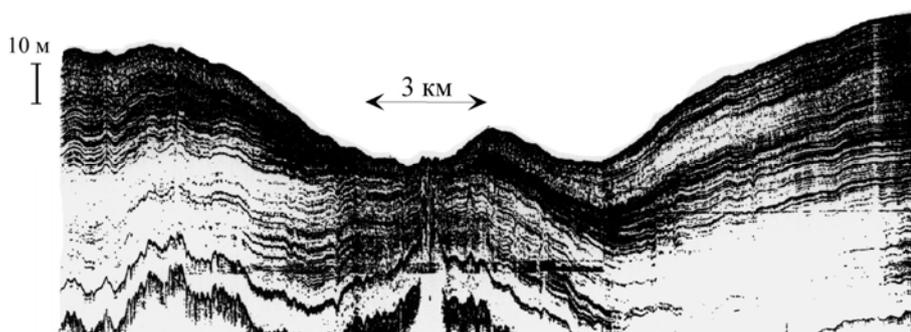


Рис. 3. Эхограмма высокочастотного геоакустического профилирования (М-140, частота 5,6 кГц) в Печорском море

В 1996 году в Норвежско-Гренландском море (к западу от Шпицбергена) на НИС «Профессор Логачев» в рамках комплексного российского-американско-норвежского рейса с участием ВНИИОкеангеология были выполнены специализированные работы в рифтовой долине хребта Книповича [5]. По материалам фототелепрофилирования закартированы большие площади, покрытые свежими базальтами; по данным профилирования с помощью СТД-зонда выявлены температурные аномалии, которые позволили предположить наличие гидротермальной активности этой зоны. Как правило, в таких условиях в придонные воды поступает большое количество тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu), которые переносятся течениями на значительные расстояния и через желоба Святой Анны и Франц-Виктория попадают в Баренцево море [6].

ЗВ можно разделить на две группы, определяющие экологический фон морских акваторий. Первая группа включает *природные элементы*, которые являются неотъемлемой составляющей всех природных объектов, вторая – *элементы и соединения, не характерные для геологических объектов*.

К первой группе относятся: *тяжелые металлы (ТМ), нефтяные углеводороды (НУ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), фенолы, естественные радионуклиды*. Их можно отнести к ЗВ только в том случае, когда их накопление приводит к негативному воздействию на всю экосистему. Вторая группа объединяет *хлорорганические соединения (ХОС), к которым относятся полихлорбифенилы (ПХБ), пестициды, дибензодиксины, полихлордибензодиксины (ПХДД), полихлордибензофураны (ПХДФ), полихлоркамфены и др., а также искусственные радионуклиды и пр.*

ПУТИ МИГРАЦИИ, ТРАНСФОРМАЦИИ И НАКОПЛЕНИЯ ЗВ

Изменчивость природных объектов самого разного масштаба – от коллоидной частицы до экосистемы океана – является их неотъемлемым свойством. Процессы преобразования вещества в океане и на шельфе, как правило, носят нестационарный характер, поскольку интенсивность физических, химических и биологических процессов не распределена ни равномерно, ни беспорядочно в водной толще и на дне. Она сосредоточена в сравнительно узких зонах активной трансформации вещества и энергии, представляющих граничные поверхности. Здесь обычно происходит резкое скачкообразное изменение интенсивности природных процессов, которые по разные стороны от

этих активных граничных поверхностей носят существенно различный характер [7]. Последние поэтому можно представить как природные барьеры. В отличие от барьеров остальные части моря будут относительно однородными, безградиентными и сравнительно инертными химически.

Такое представление, интенсивно развивающееся в самое последнее время, основано на существовании внешних и внутренних активных границ, связанных с фронтами, дисперсиями, экологическими и геологическими (седиментационными, гидротермальными, вулканическими и др.) системами. Большое разнообразие содержаний и масштабов пограничных явлений в море не исключает, однако, существования принципиально важных, объединяющих эти внутренние и внешние границы, свойств. Главным из них является то, что именно на этих границах-барьерах происходит повышенная трансформация вещества и энергии, служащая источником и регулятором общего функционирования моря как целостной системы [8].

Огромное количество, многообразие и сложность природных барьеров не позволяют привести простое перечисление их видов. Требуется определить наиболее существенные, общие их черты и вытекающую из этого методологию их исследования, что необходимо, в частности, для развития теории седиментогенеза и связанного с ним преобразования загрязняющих веществ.

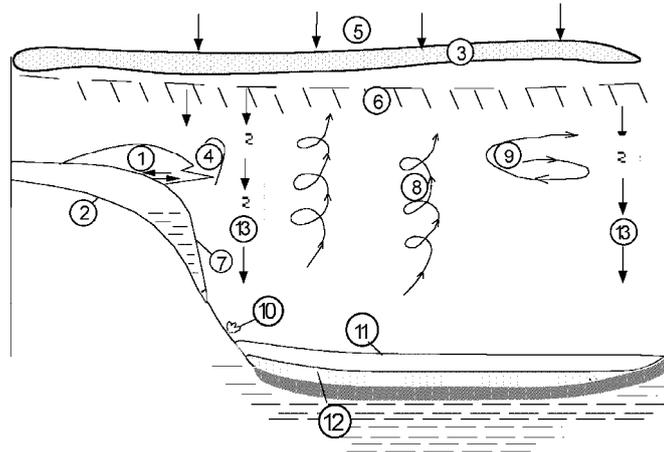


Рис. 4. Важнейшие литогенетические барьеры океана. (составлено с использованием схемы Е.М. Емельянова, 1986)

- 1 – река – море; 2 – побережье (литораль) – море; 3 – слой фотосинтеза; 4 – апвеллинг;
- 5 – море-атмосфера; 6 – слой скачка; 7 – дно – глубинное течение; 8 – дивергенции;
- 9 – другие гидрофронтальные разделы; 10 – области субмаринной разгрузки подземных вод;
- 11 – природная вода – осадок ; 12 – иловая вода – осадок; 13 – пеллетный поток

По характеру форм миграции химических элементов и преобладающим процессам седиментогенеза можно выделить: **механические** (гидродинамические), **физико-химические** и **биогеохимические** типы барьеров, а по положению в пространстве – **вертикальные, горизонтальные и не зависящие от положения в пространстве**. Для Арктики нами предлагается следующая схема литогенетических барьеров шельфовых морей, на которой выделены основные характерные зоны (рис. 4): река – море, литораль – океан, море – атмосфера, придонная вода – осадок, иловая вода – осадок, слой фотосинте-

за, слой скачка, слой «атлантических вод», придонные течения, зона дивергенции, другие гидрофронтальные разделы, а также области субмаринной разгрузки и пеллетный поток.

Верхний десятисантиметровый слой донных осадков – основной объект морских геоэкологических исследований. Его физические и геохимические свойства во многом определяют величину и интенсивность накопления ЗВ в донных отложениях, а также характер донных биоценозов, отражающий состояние придонной экосистемы. Процессы, протекающие на границе вода/осадок, достаточно специфичны, для них можно выделить два самостоятельных этапа литогенеза – протосингенез и сингенез [9].

На этапе протосингенеза осадочный материал концентрируется на поверхности дна в виде суспензии обладающей свойствами ньютоновой жидкости. Возможность существования такого неустойчивого образования объясняется наличием диффузионного и вязкого ламинарного подслоя в водной толще на разделе вода/дно [10, 11]. Мощность суспензионного слоя зависят от морфологии дна, скорости придонных течений, темпов поступления осадочного материала. Обычно она колеблется от 1 до 3 см, за исключением природных «седиментационных ловушек» в локализованных депрессиях дна. По сути, это эфемерное, сезонное образование не является геологическим телом, в виде «тяжелой жидкости» оно легко стекает по склонам, переносится придонными течениями, взмучивается волновыми воздействиями и может неоднократно переотлагаться.

Следовательно, пробы для геоэкологических исследований из суспензионного слоя не являются представительными. В тоже время бытует мнение, что при геоэкологических исследованиях следует прежде всего отбирать верхний сантиметровый слой суспензионного осадка.

Осадки на этапе сингенеза, несмотря на текучую консистенцию, обладают структурой и уже имеют свойства твердого тела, управляемого реологическими законами. Мощность этих осадков лежит в пределах первых десяти сантиметров. Сингенетический слой не только постоянно нарастает за счет диффузионного прослоя, но и взаимодействует с ним через поровые растворы. Именно поверхность этого слоя должна являться основным объектом геоэкологических исследований.

Между тем до настоящего времени нет четких критериев выделения верхней границы сингенеза. Физические свойства сингенетического слоя наиболее тесно связаны с современными условиями седиментации и являются их интегральным отражением. На примере изучения физико-механических свойств донных осадков в геосистеме желоба Святой Анны нам удалось подтвердить теоритические представления и выполнить ландшафтно-геохимическое районирование [12, 13]. В качестве основных были использованы следующие параметры физико-механических свойств: влажность, влажность на границе текучести, показатель интенсивности седиментации и прочность отложений.

Анализ вертикальной и латеральной изменчивости структуры литогенетических барьеров являлся важнейшим составным элементом геоэкологических исследований, выполненных в течение 1991–2001 годов.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Оценка состояния экосистем Арктики, возможность сравнения степени загрязнения тех или иных участков шельфа, нормирование степени загрязнения и т. п. – важнейшие аспекты экогеохимической седиментологии.

Оценка состояния природной среды шельфовых областей может быть выполнена на основе биокартирования и определения биологической «нормы» и отклонения от нее; сопоставления с нормативными показателями загрязнения: предельно-допустимыми концентрациями (ПДК), с предельно-допустимыми выбросами (ПДВ), кларками содержаний (ноосферы, вернад, ферсман и т. д.); а также на основе биотестирования.

В соответствии с положением В. И. Вернадского в качестве одного из критериев загрязнения или отсутствия такого может быть избрано состояние и функционирование характерных для данной системы живых организмов. Не загрязненная биокосная система с присущими ей интервалами колебаний концентраций ЗВ и формами их нахождения должна удовлетворять следующим условиям.

1. Не нарушаются газовые, концентрационные и окислительно-восстановительные функции живого вещества системы, регулирующие ее геохимическое самоочищение.

2. Биохимический состав первичной и вторичной продукции не изменяется настолько, чтобы вызвать нарушение жизненных функций в каком-либо из звеньев пищевых цепей не только данной системы, но и за ее пределами (при отчуждении биологической продукции).

3. Не понижается биологическая продуктивность системы.

4. Не понижается информативность системы: сохраняется необходимый для существования системы генофонд.

При нарушении перечисленных условий происходит трансформация природной системы, а при критических уровнях воздействия – и ее разрушение. Биокартирование как один из способов оценки состояния системы позволяет вначале определить биологическую «норму», а затем отслеживать отклонения от нее.

В плане экогеохимических критериев оценки в настоящее время пока не существует единых сопоставимых параметров по уровням концентраций ЗВ в природной среде шельфовых зон. Известные ПДК, разработанные для водных масс пресноводных бассейнов, причем лишь для ограниченного числа ЗВ, могут быть использованы для шельфовых зон только в качестве первичной базы сравнения. Все это предопределяет необходимость расчета фоновых концентраций ЗВ для каждого уровня организации объекта в зависимости от масштаба исследований (рис. 5).



Рис. 5. Классификация иерархических уровней соподчиненности исследуемых геоэкологических объектов

В качестве геохимических критериев оценки предлагаются фоновые содержания основных групп ЗВ (хлорорганические соединения: α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ПХБ, ДДТ, ДДД, ДДЕ; тяжелые металлы: Fe, Cu, Co, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn, Cd, Hg, As; фенолы; СПАВ; радионуклиды; НУ и ПАУ) в воде и донных осадках, рассчитанные для геологических объектов различных уровней сложности. Трансрегиональный уровень – для Баренцева моря [14], региональный – для Печорского [15] и Белого морей, локальный – для Штокмановского газоконденсатного месторождения (ГКМ) [16], для Приазломного нефтяного месторождения (НМ), для устьев рек Печора, Обь, Енисей и точечный – для мест захоронения радиоактивных отходов.

Для оценки степени загрязненности придонной морской экосистемы по определенному набору ЗВ могут быть использованы **геохимические параметры** – индексы загрязненности донных осадков (I_{oc}) и придонной воды ($I_{воды}$) [16].

Индекс загрязненности донных осадков как наиболее консервативной системы может быть рассчитан по следующей формуле:

$$I_{\text{ос.}} = \sum(\Delta C_n) / \sum C_n \quad (1), \text{ где}$$

$I_{\text{ос.}}$ – индекс загрязненности донных осадков;

ΔC_n – нормированное отклонение от среднего, которое рассчитывается по формуле $\Delta C_n = (X_i - X_{\text{ср.}}) / S$, в которой X_i – значение содержания загрязняющего вещества в i -пробе, $X_{\text{ср.}}$ – среднее значение содержания ЗВ во всей выборке, S – стандартное отклонение для всей выборки (причем при $\Delta C_n < 1$, оно приравнивается к 0, а при $\Delta C_n > 3$ оно приравнивается к 3);

$\sum C_n$ – сумма пелитовой фракции.

По аналогии рассчитывается индекс загрязненности придонной воды: $I_{\text{воды}} = \sum(\Delta C_n)$. Расчет аддитивных показателей загрязненности донных осадков основан на кумулятивном эффекте степени загрязнения, так как пока нет иных количественных характеристик взаимного влияния друг на друга различных групп загрязняющих веществ. Причем для устранения случайных, связанных с методикой исследования и межлабораторными расхождениями результатов, учитываются лишь значения, превышающие фоновые концентрации более чем на одно стандартное отклонение. Все аномальные (превышающие 3 стандартных отклонения) значения имеют равное максимальное значение. Обязательное нормирование к суммарному содержанию пелитовой фракции необходимо для более корректного соотнесения наличия загрязнителя и потенциальной возможности его накопления в осадке. Как показали исследования, выполненные во ВНИИОкеангеология, главным потенциальным носителем загрязнителей является пелитовая фракция донных осадков. Это и определило необходимость нормирования для более достоверной оценки.

Для интерпретации данных о загрязненности морской среды на основе показателей потенциального накопления была разработана шкала оценки степени накопления ЗВ и номограмма токсичности [17].

В дополнение к обычным методам химико-аналитического контроля, с нашей точки зрения, весьма перспективным является использование методов биотестирования, которые позволяют на основе реакции тест-организмов оценить уровень токсической активности исследуемых вод и донных отложений, обусловленный комплексным воздействием микроконцентраций значительного количества химических соединений. В качестве тест-объектов в большинстве предлагаемых российскими исследователями методик используются различные виды простейших, дафнии, гидры, моллюски и т. д. К основным недостаткам таких вариантов биотестирования относится их описательный характер (регистрация морфологических особенностей изучаемых особей, их двигательной активности, подсчет числа погибших при остром токсическом эффекте и числа особей с изменившимися морфофункциональными свойствами), большая трудоемкость и сложность использования в полевых условиях, а также неоднозначность в трактовке результатов. Нами в качестве тест-объекта предлагается использовать культуру простейших *Tetrachymena pyriformis*, которая дает возможность не только качественной, но и количественной оценки реакции тест-организма на токсическое воздей-

ствии среды. Культуры, аналогичные тетрахимене, широко применяются зарубежными исследователями. В некоторых странах метод биотестирования с помощью этой культуры является обязательным при оценке качества природных вод.

МЕТОДИКА

Методика исследований базировалась на принципах системного и комплексного подходов. Комплексность исследований заключается в изучении всех основных звеньев экосистемы: аэрозолей, потоков вещества, взвеси, водной толщи, донных осадков и поровых вод, бентических сообществ. Дискретность исследований определялась масштабом работ: трансрегиональный (масштаб 1:5 000 000), региональный (масштаб 1:1 000 000), локальный (масштаб 1:50 000) и точечный (1:10 000 и крупнее), а также уровнем организации исследуемого фрагмента экосистемы (рис. 6).

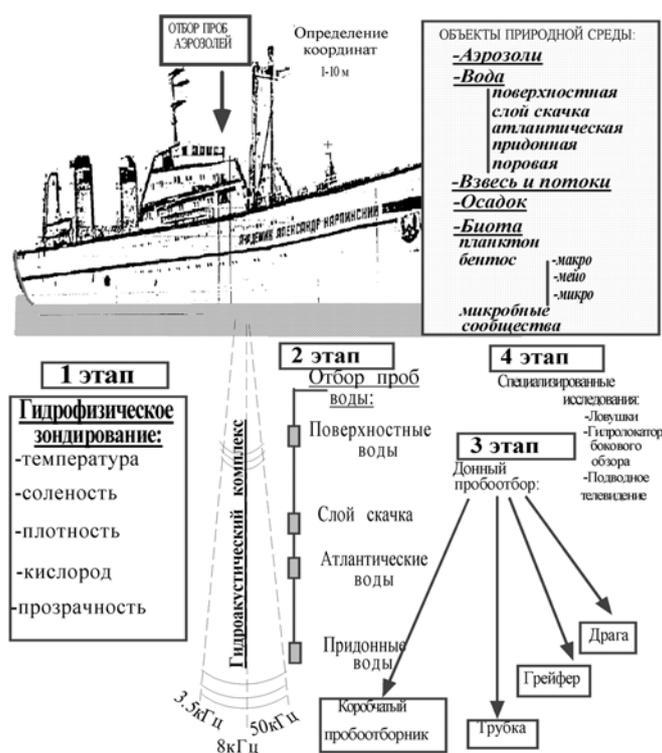


Рис. 6. Методика комплексных геоэкологических исследований Западно-арктического шельфа России

Для обеспечения экологических исследований использовались следующие средства донного пробоотбора: коробчатый пробоотборник с фотокамерой ГФК-10, дночерпатель «Океан-0,25» с фотокамерой ГФК-10, драга малая (трал Сигсби), с шириной захвата 1,1 м.

Гидрофизические наблюдения проводились с помощью зондирующего комплекса «NEIL BROWN» в составе погружного устройства CTD/ACM-2 и

бортовой стойки МК III. Имеющийся на борту НИС гидрофизический комплекс представляет собой стандартный глубоководный STD-зонд, сопряженный с акустическим измерителем течений АСМ-2, датчиком растворенного кислорода и трансмиссомером. Основные характеристики измерительных каналов приведены в таблице. Для спускоподъемных операций использовались лебедка правого борта, малый портал, трос-кабель КГ-1-55-180, пингер модели 263 и система слежения «Трэкпойнт».

Характеристики измерительных каналов STD/АСМ-2

Параметр	Единица измерения	Диапазон измерения	Погрешность (точность)	Разрешающая способность
Давление	дб	0–6500	+/- 6,5	0,1
Температура	°С	-64	+/- 0,005	0,0005
Удельная электропроводность	мСм/см	1–65	+/- 0,005	0,001
Кислород, ток	мА	0–2,047	+/- 0,001	0,0005
Температура	°С	-1,9–30,8	+/- 0,256	0,128
Течение, скорость	см/с	-500	+/- 1,0	0,15
Направление	°	0–360	+/- 2,0	
Прохождение света	%	0–100	+/- 0,5	0,024

Отбор проб воды осуществлялся при гидрофизическом зондировании с помощью винипластового батометра ИОАН объемом 7 л и батометров типа «Нискин» объемом 3,5 л. Производилось опробование воды придонного горизонта, интервала выше слоя скачка и поверхностных вод (около 5 м от поверхности). Поднятые пробы подвергались гидрохимическим анализам, экстракции металлов, концентрированию других техногенных компонентов и биотестированию.

Наборные операции по консервации, концентрированию и последующему гидрохимическому анализу основных групп ЗВ выполнялись по утвержденным Госгидрометом методикам сотрудниками РЦ «Мониторинг Арктики». В наборной лаборатории определялись основные гидрохимические показатели: S%, O₂, pH, Si, PO₄, P общ, NO₂, NO₃.

Экстракция **металлов** реактивом ПАН производилась с целью последующего комбинированного химико-рентгеноспектрального определения в морской воде содержаний Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ti, Cr, Pb на аппаратуре СПАРК. Отобранную пробу воды (2 л) подвергали фильтрации через ядерный фильтр для удаления взвеси. Далее 0,5-ным раствором реактива ПАН/1-(2-пиридил-азо)-2 нафтол/ производилось концентрирование металлов с получением скоагулированного осадка на фильтре. Высушенные фильтры помещены в специальный контейнер для последующего спектрального флуоресцентного анализа в лаборатории ВНИИОкеангеология.

Для изучения аэрозолей были использованы сетевой метод и метод фильтрации [18, 19]. Потоки осадочного материала изучались с помощью седиментационных ловушек [20].

Биотестирование культурой простейших производилось с целью биологической оценки и контроля безвредности придонных морских вод по специальной методике, разработанной в РГЦ «Мониторинг Арктики» (руководители работ С. А. Мельников, В. П. Клопов). В качестве тест-объекта использова-

лась реснитчатая инфузория *Tetrachymena pyriformis*. Широкая распространенность этого метода объясняется высокой чувствительностью клеток в биологических и токсикологических экспериментах, поскольку белковые цепи инфузории нуждаются в тех же аминокислотах, что и высшие животные.

Комплексное литолого-геохимическое опробование проводилось ВНИИОкеангеология по стандартной методике, принятой при мелкомасштабной геологической съемке шельфа и геоэкологическом картировании регионального уровня (масштаб 1:1 000 000). Описание грунтовых колонок и дночерпательных проб велось послойно, с описанием литологического состава, текстуры, структуры, консистенции осадков, содержащихся фаунистических и палеонтологических включений и с предварительным определением генезиса и стратиграфической приуроченности горизонтов. Особое внимание было уделено выделению и опробованию поверхностного активного слоя именно современных осадков, мощность которого обычно составляла около 5 см. Для сравнения геоэкологических обстановок и уровней техногенного воздействия из грунтовых колонок отбирались пробы из современных, голоценовых и плейстоценовых осадков. Анализ основных групп поллютантов в донных осадках выполнялся по методикам, утвержденным в Госкомгидромете сотрудниками РГЦ Мониторинг Арктики.

Радиологические исследования в период рейса включали анализ проб морской воды, донных осадков, бентоса, а в ряде случаев – почвы, снега и береговой растительности, для определения поверхностной, объемной или удельной активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов.

Для осуществления указанного вида исследований применялась следующая аппаратура:

- а) радиометр РКБ4-1еМ;
- б) радиометр-дозиметр МКС-01Р;
- в) бета-гамма-спектрометр BEGAS.

Гидробиологические работы включали в себя сбор данных, обеспечивающих создание геоэкологических карт в отношении гидробиологических характеристик. В частности, они должны включать информацию по следующим характеристикам: видовое разнообразие бентоса, его обилие и биомасса, распределение ассоциаций (биомов), выделенных по доминирующим гидробионтам, распределение трофических группировок, наличие промысловых гидробионтов, размерно-весовая структура массовых видов бентоса, распределение техногенных поллютантов в тканях массовых форм донных организмов, распределение фораминифер как возможных тест-объектов техногенного воздействия. Для бентосных донных сообществ исследование выполнялись как на различных уровнях системной организации объектов (суборганизменному, организменному, популяционно-видовому и биоценологическому), так и по размерным (микро-, мейо- и макро-) характеристикам.

Для донных осадков использовалась стандартная методика исследований, применяемая при проведении геологической съемки шельфа, дополненная анализом ЗВ. Для определения мощности верхнего слоя донных осадков (голоценовых и, частично, более древних осадков) и микро- и мезорельефа морского дна проводились гидро- и геоакустические исследования. Аппаратурная реализация геоакустических работ обеспечивалась системой аппара-

турного комплекса OROTEX. В его состав входят: наборный профилограф М-140, система буксируемых подводных аппаратов М-460, подводный аппарат М-163 и бортовая приемная и регистрирующая аппаратура, а также система обеспечения проводимых работ. Геоакустическое наборное профилирование сопровождает все производимые работы как на профилях между станциями, так и на самих станциях.

Опытным путем выбраны следующие оптимальные параметры работы наборного профилографа М-140: частота $F=5,6$ Кгц; длительность импульса $t=2 \times 10$ с; время развертки $T=0,25$ с; усиление в режиме ВАРУ. Благодаря высоким техническим возможностям профилографа М-140, на отдельных участках записи удалось получить разрез осадочной толщи мощностью до 65 м (до 0,08 с) с разрешением, достигающим значений 4×10 с ($h=0,3$ м). Работы с наборным профилографом (НП) М-140, выполненные на Приразломном НМ, подтвердили высокую эффективность прибора в отображении тонкослоистых разрезов и различных геологических форм толщи осадков и отложений на глубину до 80 м с разрешающей способностью до 0,3 метра. Геоакустическое зондирование позволило оценить мощность современных отложений (рис. 2).

Гидроакустические работы методом ГБО выполнялись подводным аппаратом М-163 на глубинах от 50 до 1650 м. Спуск, буксировка и подъем М-163 осуществлялись по стандартной схеме, при этом аппарат был облегчен, а число якорей увеличено до 5. Система Трэкпойнт использовалась только для контроля отстояния от судна подводного аппарата без его позиционирования. На детальных участках расставлялись донные маяк-ответчики, с базой 1,0–1,5 км. БПА М-163 применялся для получения сонограмм донной поверхности. Для изучения крупных неровностей дна был использован гидролокатор бокового обзора М-164, работающий на частоте 30 Кгц. С целью детализации форм донной поверхности применялся М-167 на частоте 100 Кгц. В результате работ было доказано, что заметного отличия в записях на М-164 и М-167 нет. Поэтому для выявления крупных форм рельефа морского дна целесообразнее использовать М-164, у которого ширина захвата составляет почти 2 км, а М-167 более эффективен при отображении мелких форм донного рельефа (рис. 3 [21]), обломочного материала, объектов искусственного происхождения.

Важным элементом геоэкологических исследований является поиск и обнаружение на дне техногенных объектов, являющихся источниками ЗВ. К числу наиболее опасных относятся затопленные плавсредства с радиоактивными отходами. Поиск производился с помощью буксируемого подводного аппарата (БПА) М-163 на частоте 100 Кгц (рис. 7, [22]).

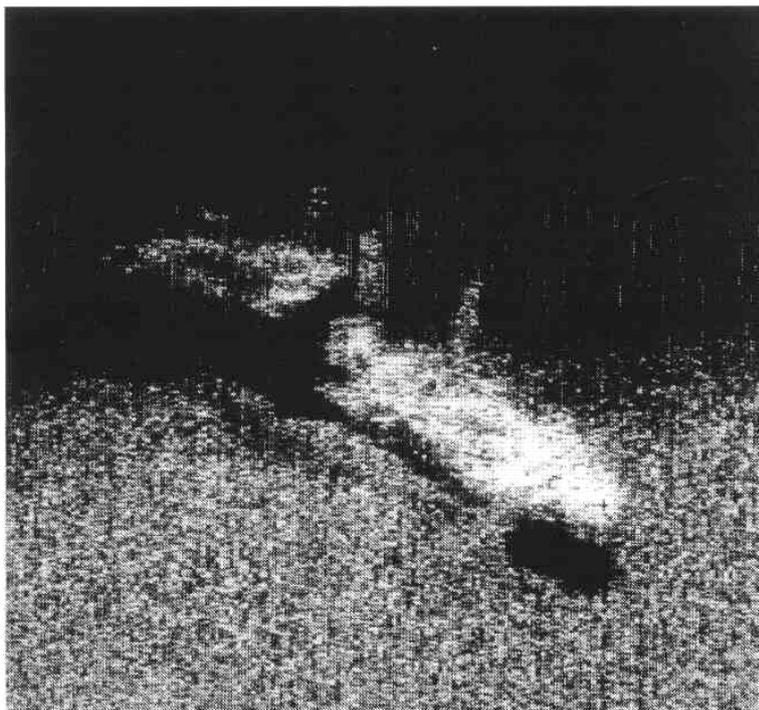


Рис. 7. Затопленное судно с радиоактивными отходами в Карском море (глубина 355 м, ГБО М-164, частота 30 кГц).

Получаемая в ходе исследований информация поступает в базу данных, имеющую специально разработанное оригинальное программное обеспечение. Все картографические построения выполняются с использованием графического пакета Canvas с последующей трансформацией в ГИС «ARCVIEW».

Методика прошла апробацию во время проведения организациями НПА «Севморгеология» в 1991-2001 гг. комплексных геоэкологических исследований Западного сектора Арктики, в который вошли: Норвежское, Баренцево, Карское, Белое и Печорское моря, западная часть Гренландского и Северного морей, бухты Новой Земли (Безымянная и губа Черная), устья крупных рек (Оби и Енисея), а также детальные полигоны в местах предполагаемого освоения Штокмановского ГКМ и Приразломного НМ. Она была использована АО «Росшельф» при подготовке ТЭО по Штокмановскому ГКМ и Приразломному НМ, АО «Коминнефть» для оценки последствий Усинской аварии, НИИ ВМФ России при совместной разработке методики обследований мест захоронения РАО.

Проведение геоэкологических исследований арктического шельфа и организация мониторинга требуют комплексного методологического осмысления потенциальных источников загрязнения, путей миграции, трансформации и накопления ЗВ, а также выбора критериев оценки состояния природной среды. Все это поможет правильно определить перечень обследуемых сред, масштаб работ, набор методов полевых наблюдений и лабораторного комплекса, и таким образом до минимума сократить и оптимизировать исследования и уменьшить ассигнования на их проведение.

ЛИТЕРАТУРА

7. Иванов Г. И., Грамберг И. С., Пономаренко Т. В. Геоэкология арктического шельфа: методология // Разведка и охрана недр. – 1996. – №12. – С. 31–39.
8. Vogt P. R., Cherkashev G., Ginsburg G., Ivanov G. et al. Naakon Mosby Mud Volcano Provides Unusual Example of Venting // EOS. – 1997. – v. 78. – N 48. P. 549–557.
9. Петрова В. И., Иванов Г. И. Органо-геохимические аспекты экологии Баренцева моря. // Освоение шельфа арктических морей России. – СПб.: 1995. – С. 371–372.
10. Иванов Г. И., Леонова Е. М., Бордуков Ю. К., Тушев С. И. Геоэкологическая оценка состояния природной среды в районе Штокмановского ГКМ и Приразломного НМ // Геология морей и океанов. – М.: ИО РАН, 1994. – Т.1. – С. 110–112
11. Crane K., Herrington S., Egorov A.. High heat flow and warm water-methane enriched plumes above the Naakon Mosby mud volcano.// AGU 1997 Spring Meeting. – Baltimore, 1997. – P. 187.
12. Иванов Г. И., Шевченко В. П., Нещеретов А. В. Рейс в желоб Святой Анны // – Природа. – 1995. – N 10. – С. 56–62.
13. Емельянов Е. М. Седиментация в бассейне Атлантического океана. М.: Наука, 1982. – 190 с.
14. Емельянов Е. М. Барьерные зоны в океане. Осадко- и рудообразование, геоэкология. Калининград: Янтарный Сказ, 1998. – 416 с.
15. Свальнов В. Н. Динамика пелагического литогенеза. – М.: Наука, 1991. – 256 с.
16. Wimbush M., Munk W. The benthic boundary layer // The sea. N.Y. ; Wiley, 1971. – Vol. 4. – P.731–758.
17. Холлистер Ч. Д., Науэлл А. Р., Джумарс П. А. Неспokoйные глубины // В мире науки. – 1984. – №5. – С. 4–16.
18. Иванов Г. И., Свертилов А. А. Физические свойства поверхностного слоя осадков и характер процессов седиментации в желобе св. Анны //Геология морей и океанов. Тез. докл. 12 Международной школы морской геологии. М.: Изд-во Института океанологии РАН, 1997. – Т. 2. – С. 73–75.
19. Svertilov A. A., Ivanov G. I. Physical-mechanical properties of surface sediment layer and classification of sedimentation environments in the St. Anna Trough // Berichte zur Polarforschung. – 1999. V. 342. – P. 183–205.
20. Иванов Г. И., Грамберг И. С., Крюков В. Д. Уровни концентраций загрязняющих веществ в придонной морской среде западно-арктического шельфа // ДАН РАН. – 1997. Т. 355. № 3. – С. 365–368.
21. Иванов Г. И., Грамберг И. С., Пономаренко Т. В. Уровни концентраций загрязняющих веществ в придонной морской среде Печорского моря. ДАН РАН. – 1999. – Т. 365. – № 5. С. 689–693.
22. Иванов Г. И., Грамберг И. С. Экогеохимические параметры и критерии оценки состояния природной среды Западно-Арктического шельфа России // Освоение шельфа Арктических морей России (РАО-99). – СПб.: ЦНИИ им. А. Н. Крылова, 1999. –Т. 1. – С. 370–378.
23. Пономаренко Т. В., Иванов Г. И. Ландшафтно-экогеохимический подход к дифференциации морских экосистем // Концептуальные проблемы геоэкологического изучения шельфа. – СПб.: ВНИИ-Океангеология, 2000. – С. 78–90.
24. Шевченко В. П., Виноградова А. А., Иванов Г. И. И др. Распределение и состав аэрозолей Западной Арктики // ДАН РАН. – 1997. –Т. 355. №5. – С. 673–676.
25. Шевченко В. П. Аэрозоли – влияние на осадконакопление и условия среды в Арктике: Автореферат к геол.-мин. н. – М.: ИО РАН, 2000. – 32 с.
26. Шевченко В. П., Иванов Г. И., Буровкин А. А. И др. Потоки осадочного вещества в желобе Святой Анны и в восточной части Баренцева моря // ДАН. – 1998. – Т. 359. – N 3. – С. 401–404.
27. Иванов Г.И., Иванов В.Н., Криницкий П.И. Отработка методики использования геоакустики при проведении геоэкологических работ на шельфе Арктики // Проблемы развития морских геотехнологий, информатики и геоэкологии. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 1994. – С. 136–138.
28. Ivanov G. I., Bordukov Yu. K., Krinitski P. I. et al. Investigation of a potential radioactive waste dumpsite in the Kara Sea. Abstracts of the conference «Arctic nuclear waste assessment program». – Workshop WHOI, Woods Hall, 1995. (no pages).

G. I. Ivanov, V. P. Shevchenko, A. A. Svertilov**Complex Geoecological Investigations of the Arctic Shelf of Russia: Methods and Methodology**

Based on the proposed approach to the problem of ecological investigations of the Arctic shelf (ecogeochemical sedimentology), determining the system study of the sources, migration, transformation, and accumulation of pollutants, the methodology and methods of research have been developed in VNIIOkeangeologiya. The methodology is based on the principles of system and complex approaches.

The complex character lies in the study of all the main elements of the ecosystem – aerosols, streams of substance, suspension, body of water, bottom sediments, pore waters, and benthic communities. The sampling rate is determined by the scale of the work and the organizational level of the ecosystem fragment being studied. Based on the analysis of more than 1100 integrated stations, the background content of the main groups of the pollutants (chlororganic compounds, heavy metals, phenols, polycyclic aromatic hydrocarbons, oil hydrocarbons, detergents, radionuclides) in the water and bottom sediments, have been proposed as the geochemical estimate criteria. They have been calculated for different levels of geological objects complexity. In addition to the existing geochemical parameters, the new parameters – the index of the bottom sediments pollution and the index of the nearbottom pollution have been proposed.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ. ЮБИЛЕИ

ГРНТИ 78.21.39.17

**О ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЛУЖБЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(К 175-ЛЕТИЮ ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАВИГАЦИИ И ОКЕАНОГРАФИИ)**

Н. Н. НЕРОНОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Изложены основные задачи, решаемые гидрографической службой в России, показано изменение этих задач на начало XXI века. Сформулировано понятие Единой государственной гидрографической службы Российской Федерации и предложены мероприятия по улучшению НГО морской деятельности страны

Главное управление навигации и океанографии Минобороны РФ является научно-административным учреждением РФ. Оно основано в 1827 г. при Морском министерстве России под названием Управление генерал-гидрографа, в 1885 г. преобразовано в Главное Гидрографическое управление, в 1918 г. переименовано в Главное гидрографическое управление (ГГУ) Российской республики, а в мае 1924 г. – в ГГУ СССР. В годы Советской власти ГГУ неоднократно реорганизовывалось. В 1972 г. было создано Главное управление навигации и океанографии Минобороны СССР (с 1992 г. – Российской Федерации), к которому и перешли функции Главного Гидрографического управления. Оно руководит гидрографической службой ВМФ РФ и представляет Российскую Федерацию в международных организациях МГО, ИМО, МАМС и др.

Гидрографическая служба страны представляет собой комплекс административных, научных, производственных организаций и осуществляет комплекс организационных мероприятий. Она ведает вопросами изучения акваторий (океанов, морей, крупных озер и водохранилищ, устьевых участков рек, доступных для морских судов), занимается описанием берегов, островов, выявлением мелей, рифов, камней, затонувших объектов и других опасностей для мореплавания, оповещает мореплавателей об изменениях навигационной обстановки. Гидрографические службы (ГС) в том или ином виде существуют во всех государствах, имеющих флоты. В их ведении, как правило, находятся специальные органы в центре и на местах, а также суда, технические средства и специальные подразделения для выполнения гидрографических исследований и работ. В ряде стран, включая и Россию, ГС ведают строительством, установкой и содержанием средств навигационного оборудования, к которым относятся морские радионавигационные системы, морские радиомаяки, световые маяки, навигационные знаки и плавучие предостерега-

тельные знаки (буи и вехи), разрабатывают технические средства навигации и снабжают ими корабли ВМФ. Кроме того, в функции ГС входит издание морских карт, лоций, руководств для плавания, описаний огней и знаков, морских астрономических ежегодников, таблиц приливов, атласов течений и различных справочных материалов гидрофизических и гидрологических данных на районы, охватываемые деятельностью данной ГС, а также снабжение этими изданиями кораблей и судов всех министерств и ведомств внутри страны и за рубежом.

В России гидрографическая служба была создана при Петре I одновременно со строительством военного и коммерческого флотов, но организационно была оформлена как специальная служба общегосударственного значения только в 1827 году. К концу 90-х годов XX столетия ГС имела в своем составе: Главное управление навигации и океанографии МО РФ с Государственным научно-исследовательским навигационно-гидрографическим институтом, Центральным картографическим производством и Центральной картографической фабрикой, центральными складами и ремонтными предприятиями. На флотах имелись управления и отделы ГС флота (гидроотделы), районы и участки ГС (гидрорайоны и гидроучастки). В распоряжении управлений (отделов) ГС флотов – гидрографические или океанографические экспедиции (экспедиционные отряды), отдельные гидрографические отряды, гидрографические суда, промерные гидрографические боты и катера, средства навигационного оборудования, склады, мастерские и другие специальные подразделения, выполняющие задачи навигационно-гидрографического обеспечения Военно-Морского, торгового, промыслового, исследовательского флотов, а также организаций и предприятий, занятых освоением Мирового океана. ГС осуществляет широкий международный обмен картографической и навигационной информацией.

Во все время своего существования Управление являлось и является научной организацией, решающей задачи перспективного развития морской гидрографии, навигации и морской картографии. Оценить 175-летнюю деятельность ГУНиО позволяет тот факт, что задачи, которые ставились перед отечественными гидрографами в различные периоды существования государства, были успешно решены.

К началу XXI века в России составлена мировая коллекция морских карт, создана система навигационного оборудования морских и океанских районов, разработаны и поставлены флоту современные технические средства навигации.

Несмотря на то что значительное сокращение финансирования ГС ВМФ привело ее почти в критическое состояние, первоочередные задачи обеспечения морской деятельности страны решаются, и российская гидрография все еще занимает высокое положение среди ГС стран мира.

Известно, что в начале XXI века произошел некоторый рост интереса хозяйствующих органов государства к Мировому океану.

Данное обстоятельство обусловило появление большого числа негосударственных предприятий и организаций, представляющих услуги по навигационно-гидрографическому обеспечению субъектам Федерации, использующим и осваивающим пространства и ресурсы Мирового океана. Это привело к

необходимости создания организации, осуществляющей навигационно-гидрографическое (НГО) и гидрометеорологическое обеспечение (ГМО) безопасности морской деятельности всех организаций, имеющих отношение к последней.

В Морской доктрине Российской Федерации на период до 2020 года в разделе «Реализация национальной морской политики» в пункте «Обеспечение безопасности морской деятельности» среди мер, которые связаны с особенностями водной стихии, перечисляются мероприятия, обеспечивающие безопасность мореплавания. Указано, что эта безопасность обеспечивается, в том числе, поддержанием и развитием средств НГО и ГМО и созданием в Российской Федерации Единой государственной гидрографической службы.

Можно предложить следующее определение последнего понятия: Единая государственная гидрографическая служба – это система органов управления с подчиненными частями, подразделениями, учреждениями, организациями и предприятиями в центре и регионах, которая предназначена для НГО и ГМО морской деятельности субъектов Российской Федерации и выполнения обязательств по международным соглашениям в области освоения и использования Мирового океана. Система функционирует в мирное и военное время для решения задач в интересах обороны, в интересах освоения и использования ресурсов океана (транспортных, энергетических, пищевых, минеральных и др.).

В общем случае задачи НГО Минобороны и экономики страны можно сформулировать следующим образом:

- подготовка морских и океанских районов в навигационно-гидрографическом отношении;
- поддержание заданного уровня готовности технических средств навигации, гидрографии, морской картографии и системы НГО в целом;
- непосредственное НГО боевых действий ВМФ, его повседневной деятельности и навигационной безопасности плавания кораблей и судов, а также работы предприятий, организаций, занятых в освоении и использовании Мирового океана.

Подготовка морских и океанских районов предусматривает:

- исследование Мирового океана;
- создание и поддержание на современном уровне навигационного поля на акваториях;
- создание и поддержание на современном уровне банка данных о параметрах Мирового океана;
- отображение информации об океане и доведение ее до потребителя в виде карт, пособий, электронных карт, книг, справок и т. п.;
- обоснование и разработка методов исследований и технологий «подготовки...»;
- обмен гидрографическими данными с зарубежными организациями.

Поддержание заданного уровня готовности системы НГО включает:

- обоснование путей развития технических средств навигации, гидрографии, морской картографии и океанографии, разработки требований к этим средствам;

- заказ и наблюдение за разработкой техники в промышленности, ее серийным производством и поставкой на корабли и суда;
- обоснование и разработка методов использования этих средств;
- поддержание технических средств на заданном уровне (эксплуатация, ремонт, замена, мобилизационный запас и т. п.).

Непосредственное НГО включает:

- участие сил и средств ГС в подготовке и проведении боевых действий (операций) Флота и его повседневной деятельности;
- участие сил и средств ГС в работах предприятий, организаций и ведомств России и зарубежных стран по использованию Мирового океана.

Эффективное решение указанных задач должно стать главной обязанностью Единой государственной гидрографической службы.

Неудовлетворительное финансирование ГС даже в одной области обеспечения навигационной безопасности мореплавания несовместимо с реализацией национальных интересов Российской Федерации в Мировом океане и чревато возрастанием аварийности кораблей и судов, в том числе танкеров. Последствия аварийности последних попадают под санкции Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года и могут принести невосполнимый ущерб экологии целых регионов, они создают предпосылки возникновения техногенных катастроф, общий экономический ущерб от которых может оказаться несопоставимым с финансовыми средствами, необходимыми для нормального функционирования ГС.

Упомянутый риск может быть значительно снижен увеличением объема гидрографических работ; созданием и приобретением отечественных технических средств гидрографии, удовлетворяющих современным требованиям гидрографических, геофизических и картографических работ; приобретением необходимого количества гидрографических (исследовательских и лоцмейстерских) судов; разработкой и внедрением новых технологий создания карт.

Для улучшения дел в области НГО морской деятельности видится целесообразным следующее.

1. Создать нормативно-правовую базу, регламентирующую деятельность Единой гидрографической службы, и, прежде всего, разработать и вынести на рассмотрение Правительства РФ проект Закона РФ «О морской гидрографии и морской картографии», а также предложения по корректировке существующих законов и постановлений по данному вопросу.

2. Разработать Федеральную программу по навигационно-гидрографическому обеспечению морской деятельности РФ и определить финансирование на ее осуществление.

При подготовке статьи использованы: «История Гидрографической службы Российского Флота» (СПб, МО РФ, ГУНиО МО, 1997); Большой энциклопедический словарь, изд. 2 (М., Н.И.БРЭ., 1997); Военный энциклопедический словарь (М., Воениздат, 1984); Военно-морской словарь (М., Воениздат, 1990); Морской энциклопедический словарь (СПб., Судостроение, 1993).

N. N. Neronov

The Head Department of Navigation and Oceanography is 175 Years Old

The principal tasks carried out by the Hydrographic Office in Russia, their changes by the beginning of the XXI century are set forth. The formulation of the notion «The single State Hydrographic Office of the Russian Federation» and measures to be taken to enhance the navigation-hydrographic support for the maritime activities of the country are suggested.

ГРНТИ 37.01.99; 78.09

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ
(К 140-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Н. В. МОРОЗОВА)**

О. В. МАКСИМОВА

(Русское географическое общество)

Статья посвящена жизни и деятельности исследователя Севера, гидрографа, генерал-майора корпуса флотских штурманов Николая Васильевича Морозова и содержит не известные ранее факты. Автор использует архивные документы и личную переписку Н. В. Морозова.

В Российском государственном архиве Военно-Морского Флота хранится ходатайство начальника Главного гидрографического управления С. П. Блинова, поддержанное Русским географическим обществом и Российским гидрологическим институтом, о назначении персональной пенсии и звания Почётного сотрудника ГГУ гидрографу Николаю Васильевичу Морозову. В его докладе начальнику Морских Сил СССР говорится: «Н. В. Морозов является одним из первых знатоков северных морей... К его обширному знанию и опыту обращаются все экспедиции и отдельные лица, отправляющиеся на Север...» [1].

Высокая оценка. Но путь к этому не был для Морозова простым и лёгким.

Родился Николай Васильевич в 1862 г. в селе Знаменское Шигровского уезда Курской губернии. Его отец, купец Василий Никанорович, умер, когда Николаю ещё не было и 10 лет. После смерти матери его опекуном стал дядя – отставной армейский капитан Андрей Фомич Воронцов. Он-то и определил племянника в Техническое училище Морского ведомства в Кронштадте, решив таким образом его дальнейшую судьбу.



В 1882 г. произведенный в прапорщики корпуса флотских штурманов Морозов начинает службу на кораблях Балтийского флота. Плавание на Балтике и работа в составе Отдельной съёмки Восточного океана под руководством лейтенанта К. Д. Андреева (в прошлом начальника первой русской полярной станции на Новой Земле), а потом и одиннадцатимесячный переход из Владивостока в Кронштадт на крейсере «Владимир Мономах» стали хорошей школой для молодого гидрографа.

И всё же направление всей его дальнейшей деятельности определилось лишь в 1894 г. во время плавания на крейсере «Вестник» в Баренцевом, Белом и Карском морях. Тогда-то и появились его рукописные заметки по лоции и «Обзор Самоедского берега (от мыса Канин Нос до Карского моря)». Работая над своей первой лоцией, поручик Морозов использовал как материалы, собранные им самим в плавании 1894 г., так и сведения, полученные его предшественниками – штурманами П. К. Пахтусовым, И. Н. Ивановым и И. А. Бережных. Составленная им Лоция Самоедского берега Северного Ледовитого океана от мыса Канин Нос до острова Вайгач – первое на русском языке руководство для плавания на этом участке морского пути в Сибирь – была издана летом 1896 г. и сразу передана для отпуска на суда и продажи.

Тогда же Морозов начинает работать над новой лоцией, которая должна была включать в себя описание берега и вод, находящихся в границах России от мыса Святой Нос до залива Варангер-фьорд. Сам Николай Васильевич напишет об этом так: «В 1896 г. я получил лестное для меня предложение от Главного гидрографического управления пополнить из разных источников лоцию Рейнеке и предполагал сделать это тем же способом, как и подполковник Неупокоев, т. е. подстрочными примечаниями, но когда эта работа значительно подвинулась вперед, то выяснилось неудобство такого способа, а именно: местами подстрочных примечаний оказалось больше текста и пользование такой книгой на практике было бы неудобно; поместить примечания в самый текст во многих случаях оказалось совершенно невозможно, так как через это нарушилась бы ясность и стройность изложения, особенно если принять во внимание, что описание некоторых местностей у Рейнеке не согласуется с новейшими сведениями» [2, с. 30]. Стало очевидным, что целесообразнее составить лоцию Лапландского берега заново и вести описание не с востока на запад, как было у М. Ф. Рейнеке, а с запада на восток – как удобнее рассматривать карты. Основу лоции составили материалы, собранные Морозовым при описных работах в 1894 г. на крейсере «Вестник», в 1896-1897 гг. на транспорте «Самоед» и в 1899 г. на «Пахтусове» – в Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана (ГЭСЛО).

К концу января 1900 г. работа Морозова над лоцией была закончена и рукопись книги передана в Главное гидрографическое управление. Лоция Мурманского берега Северного Ледовитого океана от острова Вардэ до Белого моря – обширный труд с картой и кратким поморским словарём – вышла в свет весной 1901 г. Её тираж насчитывал 800 экземпляров.

Важным этапом в жизни Н. В. Морозова стало участие в Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана в 1899-1904 гг. Назначение в ГЭСЛО Николай Васильевич получил после ухода из неё лейтенанта А. С. Боткина, желавшего завершить работы, начатые им на озере Байкал. В

ГЭСЛО Морозов работает в должности помощника начальника экспедиции и старшего штурмана в плавании по Белому и Карскому морям и Ледовитому океану, а по окончании кампании заведует пароходом «Пахтусов» и сводной ротой судов, зимующих в Архангельске.

И в этот период сделано было немало. Не имея возможности в одной статье написать обо всём, приведу лишь некоторые примеры. Так, в августе 1901 г. [3] во время пребывания экспедиции в Медвежьем заливе капитану корпуса флотских штурманов Н. В. Морозову удалось определить астрономический пункт, что представляло особенный интерес, так как на карской стороне Новой Земли, к северу от Маточкина Шара, не было ни одного определения долготы места. Несколько определений широт было сделано П. К. Пахтусовым в 1835 г. А в 1902 г. при описи Карских Ворот капитану Морозову и капитану 2 ранга Варнеку удалось найти в губе Дыровой закрытую от всех ветров и напора льдов якорную стоянку для больших морских судов, удобную даже для зимовки.

Под руководством Николая Васильевича осваивал профессию молодой Г. Я. Седов. Вот как пишет об этом командовавший в 1902 г. экспедицией А. И. Варнек: «Вся работа... велась двумя мензулами, с одной из них работал капитан Морозов и с другой – поручик Седов, сначала под руководством капитана Морозова, а потом самостоятельно» [4, с. 21].

Нелегко далась экспедиции в 1904 г. опись Ямала и острова Белого, затруднявшаяся изменностью берегов, их однообразием и значительной удалённостью, что требовало пеленгования с парохода каждые пять минут. Подойти ближе не позволяла отмелость берегов. Тем не менее, как отмечает начальник экспедиции полковник Ф. К. Дриженко: «...вся эта работа произведена капитаном Морозовым с полным тщанием, увлечением и любовью к делу» [5].

Ещё в марте 1899 г., обращаясь в Морское министерство с просьбой о переводе Морозова из Ревельского флотского полуэкипажа в ГЭСЛО, начальник ГГУ генерал-лейтенант К. И. Михайлов сообщал: «...Имея в виду, что штабс-капитан Морозов хорошо знаком с плаванием на севере и что дальнейшие его там плавания могут принести существенную пользу ещё и в отношении пополнения составленной им и изданной Управлением лоции Самоедского берега, Главное Гидрографическое Управление признало такое замещение открывающейся в экспедиции Северного Ледовитого океана вакансии крайне важным и представило о сём на благоусмотрение Управляющего Морским Министерством» [6]. И вот уже в июне 1902 г. начальник ГЭСЛО А. И. Варнек передаёт в ГГУ материалы по лоции Северного Ледовитого океана, составленные капитаном Морозовым на основании работ 1901 г., и предлагает издать их в виде двух приложений, из которых одно – к Лоции Мурманского берега и другое – к Лоции Самоедского берега, составленных тем же автором. Обе брошюры вышли из печати в 1903 г.

Работу над совершенствованием этих лоций и подготовку ко 2-му их изданию Морозов вёл на протяжении всей своей жизни. Немного не дожил Николай Васильевич до выхода в свет в 1925 г. нового, дополненного издания Лоции Мурманского берега.

В архиве мне довелось видеть и материалы по лоции Карского моря, собранные и обработанные Морозовым в этот же период его деятельности.

Вполне понятен и интерес Николая Васильевича к поморским народным мореходным книгам. Одну из таких народных лоций Н. В. Морозов опубликовал в 1909 г. в 30-м томе сборника «Записки по гидрографии» [7]. Эта рукопись, уже много раз переписанная, была передана ему капитаном парохода «Мурман» А. М. Падориным, который получил её от своих родственников. Предваряя публикацию, Николай Васильевич так оценил значение поморской лоции: «Не говоря уже о том интересе, который возбуждают в каждом любителе нашей старины вообще, и севера в особенности, подобные произведения самостоятельного, чисто народного творчества, надо признать, что сохранение и обновление подобных памятников для современников и потомства желательно и с чисто практическими целями. Например, для составителей современных лоций далеко не бесполезно знать те названия приметных мест, которые у простого народа и на наших картах произносятся различно» [7, с. 270].

В 1905 г., командуя пароходом «Пахтусов», Морозов провёл через Карское море на Енисей 22 судна Северной морской экспедиции Министерства путей сообщения с грузами для строительства Транссибирской железнодорожной магистрали. Успех экспедиции убедительно доказал возможность использования морского пути в Сибирь для торгового мореплавания, а сама проводка судов стала крупнейшей транспортной операцией начала XX века в Северном Ледовитом океане.

Но Морозов понимал, что для безопасности судоходства на Севере предстоит ещё немало сделать: «...не следует забывать, – писал Николай Васильевич, – что на головном судне экспедиции, транспорте «Пахтусов», находились люди, принимавшие непосредственное участие в описи берегов Карского моря и постройке в нём знаков с 1894 по 1904 г. включительно» [8, с. 504]. Необходимо было сделать морской путь в Сибирь доступным широкому кругу мореплавателей.

В 1905-1909 гг. Николай Васильевич возглавляет партию Отдельной съёмки Мурманского берега и командует пароходом «Пахтусов». А в 1911 г. его, уже начальника картографической части ГГУ, командируют на «Пахтусов» для плавания в южной части Карского моря с комиссией Министерства внутренних дел для выбора наиболее удобных мест для строительства радиотелеграфных станций. Морозов показал комиссии такие места на мысе Марре-Саля на Ямале, в проливах Югорский Шар и Карские Ворота. И уже на следующий год он начинает работу по строительству железных створных знаков на подходах к будущим радиостанциям с моря.

Морозов был последним, кто видел в 1912 г. в море «Св. Анну» лейтенанта Г. Л. Бруилова. «3 сентября днём, – вспоминал Николай Васильевич, – я видел очень красивую баркантину, шедшую очень смело из Югорского Шара прямо во льды Карского моря; я догадался, что это "Анна" лейтенанта Бруилова» [8, с. 520]. Капитаны судов, стоявших на якоре в Югорском Шаре возле строящейся радиостанции, рассказывали потом, что во время своей недолгой стоянки здесь Георгий Львович надеялся встретить первого лоцмейстера Карского моря, так называют Морозова, и посоветоваться с ним. Но встретиться им не было суждено.

В 1913 г. работы по строительству створных знаков были продолжены. «Согласно договора моего с Главным гидрографическим управлением от 22

мая 1913 года, – напишет Николай Васильевич в статье "Оборудование морского пути в устья рек Оби и Енисея", – я обязан был только построить знаки на островах Белом, Вилькицкого и Вернса и на мысе Ептарма; всё же прочее сделано мною по собственному почину, попутно, и без всякого ущерба для главной цели плавания – постройки вышеназванных знаков. Добавочные работы: астрономические, съёмочные и нивелировочные, а также наблюдения метеорологические, футшточные и над течениями моря я считал преступным не делать в местностях, столь редко посещаемых лицами, получившими специальное гидрографическое образование.

Прикладные часы в столь важной части Карского моря, как линия островов Белый, Вилькицкого и Вернса, определены мною впервые. Мне не известно также, делались ли кем-либо наблюдения над течениями моря у островов Белый и Вилькицкого.

Астрономическое определение северных оконечностей островов Белого и Вилькицкого по береговым наблюдениям сделано мной несомненно впервые, а на острове Вилькицкого совсем не было ни одного берегового астрономического пункта, так как он весь был нанесён на карты по наблюдениям с моря» [8, с. 545].

Но не только лоции занимали ум и сердце Николая Васильевича. «У нас сейчас нет хороших морских писателей вроде Станюковича, и я не могу назвать Вам ни одного имени, хотя очень слежу за морской литературой» – признаётся он в одном из писем к географу и зоологу Б. М. Житкову. При этом Морозов выделяет три качества, которыми должен обладать «морской» писатель:

- любить море и своё судно *больше* дома на берегу;
- иметь достаточные *технические* познания;
- обладать хорошим слогом и *живым* воображением, чтобы заинтересовать читателя и заставить его полюбить море и судно, как нечто живое.

Писать для молодёжи о море и кораблях он считал делом очень важным, просто необходимым. Мечтал и сам написать для юношества биографию исследователя Новой Земли П. К. Пахтусова и рассказать о подвигах русских моряков на Севере и на Востоке. На просьбу указать, кто может написать популярную книгу по океанографии, Николай Васильевич отвечает: «Не могу Вам указать, кроме Шокальского, кого-либо способного написать путное по океанографии для юношества, но ведь Шокальский страшно занят. Все заняты страшно, и я в том числе» [9].

В январе 1913 г. Николай Васильевич уходит в отставку с чином генерал-майора корпуса флотских штурманов, но продолжает работать в ГГУ уже по вольному найму.

Первая мировая война прервала работы, проводившиеся Морозовым на Карском море. Но почти ежегодно издаются его Дополнения к лоциям Самодского и Мурманского берегов и к составленной А. Н. Арским Лоции Белого моря, которую он редактировал.

В 1918 г. в Петрограде Николая Васильевича арестовали. Его не допрашивали, а держали в качестве заложника. Затем Морозов снова на действительной службе, возглавляет Комиссию по изучению Северного Ледовитого океана ГГУ, участвует в работах Российского гидрологического института сначала в качестве члена Подготовительной комиссии по организации мор-

ского отдела, а потом члена Совета и учёного специалиста этого отдела. Его избирают действительным членом Постоянной полярной комиссии Академии наук. Именно ему в 1920 г. поручают в кратчайшие сроки составить первое на русском языке Руководство для плавания во льдах Белого моря, которое, несмотря на все трудности, увидит свет уже год спустя.

В своём новом труде Николай Васильевич даёт наиболее полную для своего времени классификацию полярных льдов, указывает признаки их близости, советует капитанам, как подготовить судно к плаванию во льдах. Одним из лучших в то время знатоков полярных льдов назовёт Н. В. Морозов в своей книге «Моря Советской Арктики» известный русский полярный исследователь В. Ю. Визе [10].

В октябре 1924 г. Николай Васильевич тяжело заболел. Во время наводнения в Ленинграде ему пришлось идти по колено, а местами и по пояс в холодной воде, это и стало причиной его болезни. Рассчитывать на полное восстановление трудоспособности не приходилось. Тогда-то и появилось ходатайство ГГУ о назначении персональной пенсии заболевшему гидрографу, чтобы «вознаградить его за долгую и полезную службу» и «пользоваться его совершенно исключительной опытностью во всех вопросах по северным морям СССР». Здесь же и отзыв Совета Русского географического общества, подписанный Ю. М. Шокальским, в котором говорится:

«...В области побережий и вод Севера Европейской России и той части Сибири, которая граничит на Востоке с островом Диксона, Н. В. Морозов был редкий знаток.

Многие за те же годы плавали в этих же местах, но, однако, не собрали ни таких материалов, как Н. В. Морозов, ни удосужились дать им и всяким другим данным других наблюдателей столь обстоятельной обработки и освещения, какую сумел им придать он.

В этом отношении, да и во многих других, заслуги Н. В. Морозова перед страной очень велики и должны быть последнею вознаграждены широко и по справедливости по отношению к этой пользе, какую его работы не только принесли, но и ещё долго будут приносить» [1].

Ходатайство осталось без резолюции. А через несколько месяцев, 1 марта 1925 г. Николай Васильевич умер. Он похоронен в Петербурге на Смоленском православном кладбище рядом с сыном Георгием, кадетом Морского корпуса.

В советское время о Николае Васильевиче Морозове вспоминали редко. И всё-таки память о нем сохранилась. Остались составленные им лоции и карты, статьи в журналах. Память о Н. В. Морозове хранят и названные его именем 8 географических объектов – остров, пролив, бухточка и 5 мысов – в Баренцевом, Белом, Карском, Японском морях и в море Лаптевых.

ЛИТЕРАТУРА

1. РГАВМФ. Ф. Р-180. – Оп. 3. – Д. 130. – Л. 9–12.
2. Морозов Н. В. Лоция Мурманского берега Северного Ледовитого океана от островов Вардэ до Белого моря. СПб.: 1901. – 712 с.
3. Варнек А. И. Краткий очерк плавания парохода «Пахтусов» в Ледовитом океане летом 1901 г. – СПб: 1902.
4. Варнек А. И. Краткий очерк работ Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана в 1902 г. // Записки по гидрографии. – 1904. – Т. 36.

5. Дриженко Ф. К. Работа гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана за 1904 г. // Морской сборник. – 1906. – Т. 332. – № 1, 2.
6. РГАВМФ. – Ф. 404. – Оп. 1. – Д. 313. – Л. 23.
7. Мореходная книга или лоция беломорских поморов // Записки по гидрографии. – 1909. – Т. 30. – С. 269-305.
8. Морозов Н. В. Оборудование морского пути в устья рек Оби и Енисея. // Записки по гидрографии. – 1914. – Т. 38. – Вып. 4. – С. 501–554.
9. Архив Русского географического общества. – Ф. 38. – Оп. 1. – Д. 67, 94.
10. Визе В. Ю. Моря Советской Арктики. – М-Л.: Изд-во Главсевморпути, 1948. – 396 с.

O. V. Maksimova

Explorer of the North Seas

The article is devoted to the life and activities of N. V. Morosov, Major-General of the Naval Navigators Corps, the North explorer, hydrographer. It contains the facts that had not been known previously. The archive materials and personal correspondence are used.

КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ, СЕМИНАРЫ, ВЫСТАВКИ

ГРНТИ 73.34.17

СЕМИНАР ПО НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОМУ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПЕРАЦИЙ ПО ПОИСКУ И СПАСАНИЮ НА МОРЕ

18 декабря 2001 г. в Брюсселе на заседании Совместного Постоянного Совета Россия-НАТО на уровне министров обороны была утверждена «Программа работы России и НАТО по сотрудничеству в сфере поиска и спасания на море на 2002 г.». В соответствии с этой программой 18–19 июня 2002 г. в Главном управлении навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации (г. Санкт-Петербург, Россия) проведен семинар по навигационно-гидрографическому и гидрометеорологическому обеспечению операций по поиску и спасанию на море для обмена опытом и подготовки рекомендаций по практическому осуществлению сотрудничества между Российской Федерацией и странами НАТО в указанных сферах.

Со стороны России семинаром руководил начальник ГУНиО МО РФ адмирал А. А. Комарицын, со стороны НАТО – заместитель председателя Военного Комитета НАТО вице-адмирал М. И. Фэйджес. В семинаре принял участие руководитель постоянного представительства НАТО в Москве генерал-майор П. Вильямс.

В работе семинара участвовали делегации девяти стран. Общее число участников семинара составило: 56 – от России и 22 – от стран НАТО. Со стороны Российской Федерации в семинаре приняли участие: начальник международно-договорного управления ГУ МВС, представители Управления поисково-спасательных работ, Ленинградского военного округа, Морского научного комитета ВМФ, Военно-Морской академии имени адмирала Н. Г. Кузнецова, Высших специальных офицерских классов ВМФ, Гидрометеорологической службы ВМФ, Гидрографической службы Северного флота, Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института Министерства обороны Российской Федерации и других научно-исследовательских учреждений Минобороны России, научно-исследовательских учреждений и организаций промышленности, а также администрации Санкт-Петербурга.

На семинаре обсуждались следующие основные вопросы:

- необходимость развития сотрудничества в сфере навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения (НГО и ГМО) операций по поиску и спасанию на море;

- целесообразность создания соответствующих нормативно-правовых документов, определяющих зоны ответственности государств, состав привлекаемых сил и средств национальных служб, порядок их использования, организация оповещения и управления, обязательства по заблаговременному изучению вероятных районов выполнения НГО и ГМО;

- возможность совместного осуществления НГО и ГМО операций по поиску и спасанию на море с использованием накопленного опыта и технических и информационных ресурсов национальных гидрографических (океанографических) служб.

По основной тематике семинара было представлено десять докладов от трех делегаций, а также сообщения об имеющихся международных механизмах в рассматриваемых областях, в том числе – о работе групп, существующих в рамках НАТО. В ходе семинара рассмотрены предложения Российской Федерации о дальнейшем сотрудничестве.

Всесторонние и высокопрофессиональные доклады российской делегации убедительно свидетельствуют о том, что, располагая силами и средствами стран НАТО и используя собственный высокий научный потенциал и банк океанографических данных, Россия может активно и оперативно осуществлять НГО и ГМО по обеспечению поиска и спасания на море и заблаговременный сбор текущей и ретроспективной океанографической и гидрометеорологической информации. Такая организация работ выгодна как странам НАТО, так и России.

Данная позиция встретила понимание участников со стороны НАТО.

Работа семинара освещалась 3 зарубежными и 18 отечественными средствами массовой информации.

Семинар проходил на высоком профессиональном уровне, в духе конструктивного сотрудничества и взаимопонимания. Стороны выразили удовлетворение проделанной работой.

По итогам семинара его руководителями подписан итоговый документ с признанием целесообразности продолжить обсуждение предложений о сотрудничестве в рассмотренной на семинаре области.

Navigation-Hydrographic and Hydrometeorological Support for Search and Rescue Operations at Sea (Seminar, St.Petersburg, June 18–19, 2002)

Поздравляем с присуждением премии Правительства Российской Федерации!

Выписка из Постановления Правительства Российской Федерации от 21 марта 2002 года № 175 г. Москва

О присуждении премий Правительства Российской Федерации 2001 года в области науки и техники

Рассмотрев предложения Совета по присуждению премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники, Правительство Российской Федерации постановляет:

34. **Андрюшину Олегу Федоровичу**, доктору технических наук, заместителю директора Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-производственное предприятие «Дельта», руководителю работы; **Артамонову Вячеславу Николаевичу**, генеральному директору общества с ограниченной ответственностью «Дельта-М»; **Бахмутскому Владимиру Григорьевичу**, кандидату технических наук, старшему научному сотруднику Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт» Министерства обороны Российской Федерации; **Неронову Николаю Николаевичу**, доктору технических наук, главному научному сотруднику того же предприятия; **Боброву Евгению Ивановичу**, эксперту Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации; **Нестерову Николаю Аркадьевичу**, кандидату технических наук, начальнику отдела того же управления; **Богомолову Олегу Дмитриевичу**, бывшему заместителю директора Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт «Дельфин»; **Черепанову Валентину Александровичу**, кандидату технических наук, начальнику отдела того же предприятия; **Борисову Анатолию Васильевичу**, техническому директору общества с ограниченной ответственностью «Регионстроймонтаж»; **Бурлакову Вячеславу Владимировичу**, кандидату технических наук, генеральному директору акционерного общества «Автотемп»; **Михайлову Александру Сергеевичу**, директору производственно-технической базы общества с ограниченной ответственностью «ОЛЛИ»; **Поддубному Василию Васильевичу**, доктору технических наук, профессору Томского государственного университета; **Татариннову Павлу Аркадьевичу**, начальнику отдела Министерства промышленности, науки и технологий Российской Федерации, – за создание базового судового автоматизированного комплекса сбора и обработки океанографической информации и внедрение на его основе новых технологий мониторинга и картографирования параметров физических полей Мирового океана.

39. **Андрееву Алексею Гурьевичу**, генеральному директору акционерного общества «Пермская научно-производственная приборостроительная компа-

ния», руководителю работы, **Дедку Игорю Алексеевичу**, инженеру-конструктору первой категории, **Ермакову Владимиру Сергеевичу**, исполнительному директору – заместителю генерального директора, **Захарову Валерию Павловичу**, заместителю директора; **Каримову Факлю Гимрановичу**, **Мафтеру Михаилу Борисовичу**, кандидатам технических наук, начальникам конструкторских бюро отдела, **Морозову Виктору Александровичу**, заместителю главного конструктора отдела, **Палко Льву Семеновичу**, начальнику отдела, **Ташлыкову Владиславу Михайловичу**, начальнику отделения, – работникам того же акционерного общества; **Алексееву Сергею Петровичу**, доктору технических наук, начальнику Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт» Министерства обороны Российской Федерации, **Титлянову Владимиру Александровичу**, начальнику отдела, **Яценко Сергею Владимировичу**, кандидату технических наук, начальнику лаборатории, - работникам того же предприятия; **Вечтомову Виталию Михайловичу**, **Шахову Юрию Александровичу**, кандидатам технических наук, начальникам лабораторий федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт «Дельфин», **Комарицыну Анатолию Александровичу**, кандидату военных наук, начальнику Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации, – за разработку и внедрение серии гироскопов нового поколения для высокоскоростных судов и кораблей на базе универсального динамически настраиваемого гироскопа.

Председатель Правительства
Российской Федерации
М. Касьянов

«Российская газета» от 27 марта 2002 г., с. 11

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

АБРАМОВ Александр Михайлович, заместитель начальника НИЦ Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, капитан 1 ранга. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1982) и ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1995). Специализация – гидрография и океанография. Автор 10 печатных трудов.

АЛЕКСЕЕВ Сергей Петрович, начальник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, заслуженный военный специалист РФ, председатель СПб регионального отделения Российского общественного института навигации, действительный член Академии транспорта РФ, контр-адмирал, докт. техн. н. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1972) и ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1983). Специализация – штурман. Автор более 90 печатных трудов.

БЕНРИГХИ Брахим, подполковник, главный штурман ВМС Алжирской НДР, адъютант ВМА им. Н. Г. Кузнецова. Окончил Каспийское ВВМУ им. С. М. Кирова (1979 г.). Специализация – навигация.

БОЛДЫРЕВ Владимир Сергеевич, ведущий научный сотрудник Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института морского флота, докт. техн. н., капитан 1 ранга в отставке. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1948), ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1959). Специализация – навигация, гидрография. Автор более 180 печатных трудов.

БРОДСКИЙ Павел Григорьевич, главный научный сотрудник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, капитан 1 ранга, докт. воен. н. Окончил Каспийское ВВМУ (1974), ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1986). Специализация – штурман. Автор около 90 печатных трудов.

ДАДАШЕВ Анатолий Аганасирович, ведущий научный сотрудник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, канд. в.-м. н, профессор, капитан 1 ранга в отставке. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1947), ВРОК (1952), адъюнктуру ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1967). Специализация – гидрографические исследования и их автоматизация. Автор более 40 печатных трудов, в том числе двух монографий.

ДЕДОВ Николай Вадимович, начальник сектора ФГУП «Российский НИИ Космического приборостроения». Окончил Московский институт радиотехники электроники и автоматики (1990). Специализация – радиотехника. Автор 20 печатных трудов.

Alexandr M. ABRAMOV, Deputy Chief of the Research Centre, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 1-st rank. Graduated from Frunze Naval College (1982), Naval Academy (1995). Speciality: hydrography, oceanography. Author of 10 publications.

Sergey P. ALEKSEYEV, Chief of GNINGI, Rear-Admiral, DSc, Honoured Military Specialist, chairman of St. Petersburg regional branch of the Russian Public Institute of Navigation, member of the Academy of Transport, RF. Graduated from Frunze Naval College (1972) and Naval Academy (1983). Speciality: navigation. Author of more than 90 publications.

Brahim BENRIGHI, Lieutenant-Colonel. Chief Navigator of the Algerian Peoples' Democratic Republic Navy. Graduated from Kirov Caspian Naval College (1979). Began postgraduate student of Kuznetsov Naval Academy. Speciality: navigation.

Vladimir S. BOLDYREV, leading researcher, the Central Research and Design Institute of the Marine, DSc, Senior Reader, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College (1948), Naval Academy (1959). Speciality: navigation, hydrography. Author of more than 180 publications.

Pavel G. BRODSKY, chief researcher of GNINGI, Captain 1-st rank, DSc. Graduated from Caspian Naval College (1974) and Naval Academy (1986). Speciality: navigation. Author of about 90 publications.

Anatoly A. DADASHEV, leading researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, CandSc, professor, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College (1947), Higher Radiolocation Officers' Classes (1952), postgraduate studies at Frunze Naval College (1967). Speciality: hydrographic explorations and their automatization. Author of more than 40 publications, including 2 monographs.

Nikolay V. DEDOV, chief of sector, Federal State Unitary Enterprise «The Russian Institute of Space Device Engineering». Graduated from Moscow Institute of Radio Engineering, Electronics and Automatics (1990). Speciality: radio engineering. Author of 20 publications.

ДЕМИН Сергей Петрович, доцент ВМА им. Н. Г. Кузнецова, канд. воен. н. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1976). ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1988). Специализация – военный инженер-гидрограф. Автор более 50 печатных трудов.

ДМИТРИЕВ Валерий Олегович, аспирант ГМА им. адм. С. О. Макарова, лейтенант. Окончил ГМА им. адм. С. О. Макарова (2001). Специализация – инженер-гидрограф.

ДМИТРИЕВ Виктор Георгиевич, ученый секретарь ГНЦ РФ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, полковник в отставке, канд. техн. н. Окончил ЛГУ (1972). Специализация – математика, военная гидрометеорология, информационные технологии управления. Автор около 50 печатных трудов.

ДОБРОТВОРСКИЙ Александр Николаевич, зам. начальника Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, член-корреспондент Академии Инженерных наук РФ, полковник, докт. техн.н., профессор. Окончил Военную инженерно-космическую академию им. А. Ф. Можайского (1973). Специализация – системное проектирование. Автор около 170 печатных трудов.

ЕМЕЛЬЯНОВ Олег Георгиевич, главный научный сотрудник ЗАО Трансас Марин, канд. техн. н., капитан 1 ранга в отставке. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1961) и ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1972). Специализация – электронная картография. Автор около 200 печатных трудов.

ЖЕРЛАКОВ Александр Васильевич, профессор ГМА им. адм. С. О. Макарова, докт. техн. н. Окончил ЛВИМУ им. адм. С. О. Макарова (1948). Специализация – технические средства навигации. Автор более 120 печатных трудов.

ЖУКОВ Юрий Николаевич, ведущий научный сотрудник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, канд. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт (1972). Специализация – гидрометеорология. Автор более 10 печатных трудов.

ЗАКОЛОДЯЖНЫЙ Виталий Павлович, старший научный сотрудник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, канд. техн. н., лауреат Государственной премии СССР, капитан 1 ранга в отставке. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1948), ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1957). Специализация – спутниковые навигационные системы. Автор более 100 печатных трудов.

ЗАХАРОВ Алексей Григорьевич, старший научный сотрудник Научно-исследовательского испытательного центра Федеральной Пограничной службы России, капитан 1 ранга. Окончил Каспийское ВВМУ (1975), ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1987). Специализация – навигация, автоматизация средств освещения обстановки на море. Окончил Каспийское ВВМУ (1974), ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1986). Автор одной публикации.

Sergei P. DEMIN, Captain 1-nd rank, CandSc, Senior Reader, Naval Academy. Graduated from Frunze Naval College (1976), Naval Academy (1988). Speciality: military engineer-hydrographer. Author of more than 50 publications.

Valery O. DMITRIYEV, postgraduate student, Makarov State Maritime Academy, Lieutenant. Graduated from Makarov State Maritime Academy (2001). Speciality: engineer-hydrographer.

Victor G. DMITRIYEV, scientific secretary of the State Scientific Centre RF, The Arctic and Antarctic Research Institute, Colonel (Ret.), CandSc. Graduated from Leningrad State University (1972). Speciality: mathematics, military hydrometeorology, information technologies of management. Author of about 50 publications.

Alexandr N. DOBROTVORSKY, Deputy Chief of the State Research Navigation-Hydrographic Institute. Colonel, DSc, professor, Corresponding Member of the Academy of Engineering Sciences RF. Graduated from Mozhaisky Military Space Academy (1973). Speciality: system design. Author of about 170 publications.

Oleg G. EMEL'YANOV, senior researcher, Transas Marine Ltd., CandSc, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College (1961), Naval Academy (1972). Speciality: electronic cartography. Author of about 200 publications.

Alexandr V. ZHERLAKOV, professor, the Makarov State Maritime Academy, DSc. Graduated from Leningrad Higher Engineering Marine College (1948). Speciality: technical aids to navigation. Author of about 120 publications.

Yuri N. ZHUKOV, leading researcher of the State Research Navigation-Hydrographic Institute, CandSc. Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute (1972). Speciality: hydrometeorology. Author of more than 10 publications.

Vitaly P. ZAKOLODYAZHNY, senior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, CandSc, State Prize Winner, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College (1948), Naval Academy (1957). Speciality: satellite navigation systems. Author of more than 100 publications.

Alexei G. ZAHAROV, senior researcher, Research Testing Centre, the Federal Border Service of Russia, Captain 1-st rank. Graduated from Caspian Naval College (1975), Naval Academy (1987). Speciality: navigation, automatization of marine aids to navigation. Author of 1 publication.

ИВАНОВ Борис Евгеньевич, главный научный сотрудник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, капитан 1 ранга в отставке, докт. техн. н., профессор, лауреат Государственной премии РФ, заслуженный деятель науки и техники, председатель секции НТО им. акад. А. Н. Крылова. Окончил Балтийское ВВМУ (1957), ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1969). Специализация – морская геодезия, гравиметрия, гидрография, навигация. Автор около 200 печатных трудов.

ИВАНОВ Геннадий Иванович, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института геологии и минеральных ресурсов Мирового океана (ВНИИОкеангеология), канд. геол.-мин. н. Окончил Ленинградский горный институт (1980). Специализация – инженер-геолог. Автор более 200 работ.

КАВРАЙСКИЙ Александр Владимирович, старший научный сотрудник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1955), ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1964), капитан 1 ранга в отставке. Специализация – морская гидрография, математическая картография. Автор более 40 печатных трудов.

КОМАРИЦЫН Анатолий Александрович, начальник Главного управления навигации и океанографии МО РФ, адмирал, докт. техн. наук. Окончил Тихоокеанское высшее военно-морское училище им. адм. С. О. Макарова (1969), Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова, (1981), Академию генерального штаба (1986). Специализация – штурман. Автор более 90 печатных трудов.

КОПАЧ Здислав, профессор Института навигации и гидрографии Военно-морского университета г. Гдыня (Польша), кэптен в отставке. Окончил Высшее военно-морское училище (г. Гдыня, 1960), Военную академию общественных наук (г. Варшава, 1978). Специализация – навигация. Автор более 150 печатных трудов.

МАКАРОВ Геннадий Васильевич, начальник кафедры геодезии ГМА им. адм. С. О. Макарова, докт. техн. н., профессор. Окончил ЛВИМУ им. адм. С. О. Макарова (1967). Специализация – математическая обработка навигационных, гидрографических, геодезических измерений. Автор 70 печатных трудов.

МАКСИМОВА Ольга Вадимовна, заведующая учебной лабораторией в Финансовой академии при Правительстве РФ, действительный член Русского географического общества. Окончила Московский государственный педагогический институт (1980). Специализация – русский язык и литература. Автор 23 печатных работ.

МОРГАСЬ Вацлав, начальник института Навигации и гидрографии Военно-морского университета г. Гдыня (Польша), доктор наук, профессор, кэптен в отставке. Окончил Высшее военно-морское училище (г. Гдыня, 1965), ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1976). Специализация – морская навигация. Автор более 100 печатных трудов.

Boris E. IVANOV, senior researcher of the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 1-st rank (Ret.), DSc, professor, RF State Prize Winner, Honoured Scientist, chairman of Krylov STO section. Graduated from Baltic Naval College (1957) and Naval Academy (1969). Speciality: marine geodesy, gravimetry, hydrography, navigation. Author of about 200 publications.

Gennady I. IVANOV, leading researcher, All-Russian Research Institute for Geology and Mineral Resources of the World Ocean (VNIIOkeangeologiya), RAS, CandSc. Graduated from Leningrad Mining Institute (1980). Speciality: engineer-geologist. Author of more than 200 publications.

Alexandr V. KAVRAISKY, senior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College (1955), Naval Academy (1964). Speciality: marine hydrography, mathematical cartography. Author of more than 40 publications.

Anatoly A. KOMARITSYN, Chief of the Head Department of Navigation and Oceanography MoD RF, Admiral, DSc. Graduated from Makarov Pacific Naval College (1969), Naval Academy (1981), General Staff Academy (1986). Speciality: navigator. Author of more than 90 publications.

Zdislaw KOPACZ, professor, the Institute of Navigation and Hydrography, Naval University of Gdynia, Captain (Ret.). Graduated from Higher Naval School (Gdynia, 1960), Military Academy of Social Sciences (Warszawa, 1978). Speciality: navigation. Author of more than 150 publications.

Gennady V. MAKAROV, chief of geodesy department of Makarov State Maritime Academy, DSc, professor. Graduated from Makarov Leningrad Higher Engineering Marine College (1967). Speciality: mathematical processing of navigation, hydrographic, and geodetic measurements. Author of 70 publications.

Olga V. MAKSIMOVA, head of educational laboratory, the Financial Academy under the Russian Federation Government, member of the Russian Geographical Society. Graduated from Moscow State Pedagogical Institute (1980). Speciality: the Russian language and literature. Author of 23 publications.

Waclaw MORGAS, Chief of the Institute of Navigation and Hydrography, Naval University of Gdynia, PhD, professor, Captain (Ret.). Graduated from Higher Naval School (Gdynia, 1965), Naval Academy (Leningrad, 1976). Speciality: maritime navigation. Author of more than 100 publications.

НЕРОНОВ Николай Николаевич, главный научный сотрудник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, президент Гидрографического общества, капитан 1 ранга (в отставке), д. т. н., профессор. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1950). Специализация – гидрография. Автор более 40 печатных трудов.

ОПАРИН Александр Борисович, начальник НИЦ Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, капитан 1 ранга, канд. техн. н., старший научный сотрудник. Окончил ВВМУ им. М. В. Фрунзе (1977) и ВОСК (1984). Специализация – военный инженер-гидрограф. Автор 56 печатных трудов

РИМСКИЙ-КОРСАКОВ Николай Андреевич, заведующий лабораторией Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, канд. техн. н. Окончил Московский горный институт (1976). Специализация – акустика и ультразвуковая техника. Автор 86 печатных трудов.

РОГАЛЬСКИЙ Владислав Иванович, начальник отдела ФГУП «Российский НИИ Космического приборостроения», канд. техн. н. Окончил Московский энергетический институт (1954). Специализация – радиотехника. Автор 50 печатных трудов.

СВЕРТИЛОВ Алексей Алексеевич, старший научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, канд. геол.-минер. н. Окончил Одесский государственный университет (1976). Специализация – инженер-геолог. Автор более 38 печатных трудов.

СЕЛИВАНОВ Арнольд Сергеевич, начальник отделения ФГУП «Российский НИИ Космического приборостроения», докт. техн. н. Окончил Московский институт инженеров связи (1958). Специализация – радиотехника. Автор 240 печатных трудов.

СПЕХТ Цезари, преподаватель Военно-морского университета г. Гдыня (Польша), докт. техн. н. Окончил Военно-морской университета г. Гдыня (1990). Специализация – спутниковая навигация. Автор 60 печатных трудов.

СЫЧЕВ Виктор Алексеевич, ведущий научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, канд. техн. н. Окончил Московский физико-технический институт (1968). Специализация – радиотехника и электроника. Автор 58 печатных трудов.

УРБАНСКИ Юзеф, ведущий научный сотрудник Института навигации и гидрографии Военно-морского университета г. Гдыня, докт. наук, профессор, кэптен в отставке. Окончил Высшее военно-морское училище (г. Гдыня, 1951), ВМА им. Н. Г. Кузнецова (1959). Специализация – навигация, гидрография. Автор более 200 печатных трудов.

Nikolai N. NERONOV, chief researcher of the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 1-st rank (Ret.), DSc, professor. President of the Hydrographic Society. Graduated from Frunze Naval College (1950). Speciality: hydrography. Author of more than 40 publications.

Alexandr B. OPARIN, chief of the State Research Navigation-Hydrographic Institute Research Centre, Captain 1-st rank, senior researcher, CandSc. Graduated from Frunze Naval College (1977) and Higher Officers' Classes (1984). Speciality: military engineer-hydrographer. Author of 56 publications.

Nikolay A. RIMSKY-KORSAKOV, head of laboratory, Shirshov Institute of Oceanology, RAS, CandSc. Graduated from Moscow Mining Institute (1976). Speciality: acoustics, ultrasonic technology. Author of 86 publications.

Vladislav I. ROGALSKY, chief of department, Federal State Unitary Enterprise «The Russian Institute of Space Device Engineering», CandSc. Graduated from Moscow Energetics Institute (1954). Speciality: radio engineering. Author of 50 publications.

Alexei A. SVERTILOV, senior researcher, Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Cand Sc. Graduated from Odessa State University (1976). Speciality: engineer-geologist. Author of more than 38 publications.

Arnold S. SELIVANOV, chief of section, Federal State Unitary Enterprise «The Russian Institute of Space Device Engineering», DSc. Graduated from Moscow Institute of Communications Engineers (1958). Speciality: radio engineering. Author of 240 publications.

Cezary SPECHT, lecturer, Naval University of Gdynia, Poland, DSc, Graduated from Naval University of Gdynia (1990). Speciality: satellite navigation. Author of 60 publications

Victor A. SYCHEV, leading researcher, Shirshov Institute of Oceanology, CandSc. Graduated from Moscow Physicotechnical Institute (1968). Speciality: radio engineering, electronics. Author of 58 publications.

Józef URBAŃSKY, leading researcher, the Institute of Navigation and Hydrography, Naval University of Gdynia, PhD, professor, Captain (Ret.) .Graduated from Higher Naval School (Gdynia, 1951), Naval Academy (Leningrad, 1959). Speciality: navigation, hydrography. Author of more than 200 publications.

УСТИНОВ Юрий Матвеевич, профессор кафедры радионавигационных приборов и связи ГМА им. адм. С. О. Макарова, доктор наук. Окончил Ленинградское высшее инженерно-морское училище в 1953 г. Специализация – радионавигация и связь. Автор более 120 печатных трудов, в том числе 4 монографий.

ФЕДОРОВА Елена Владимировна, ведущий инженер Государственного океанографического института (Москва). Окончила Московский государственный университет (1978). Специалист в области изучения приливов и морской геоморфологии. Автор более 30 печатных трудов.

ЧАПЛЕВСКИ Кшиштоф, преподаватель Военно-морского университета г. Гдыня (Польша), докт. техн. н. Окончил Военно-морской университета г. Гдыня (1991). Специализация – средства навигации. Автор 60 печатных трудов.

ШЕВЧЕНКО Владимир Петрович, старший научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Окончил Московский государственный университет (1989). Специализация – геолог-геохимик. Автор 81 публикации.

ШИГАБУТДИНОВ Альберт Рафаилович, старший научный сотрудник лаборатории морских навигационных систем Центрального научно-исследовательского института морского флота. Окончил Ленинградский электротехнический институт (1984). Специализация – спутниковые радионавигационные и связные системы. Автор 25 печатных трудов.

ШТЕФАНОВ Дмитрий Борисович, главный штурман управления департамента морской охраны Федеральной Пограничной службы России, контр-адмирал. Окончил Каспийское ВВМУ (1972), ВМА им. Naval University of Gdynia (1982). Специализация – навигация. Автор 10 печатных трудов.

Yuri M. USTINOV, professor of the department for radionavigation devices and communications, Makarov State Maritime Academy, DSc. Graduated from Leningrad Higher Marine Engineering College (1953). Speciality: radionavigation, communications. Author of 120 publications, including four monographs.

Elena V. FEDOROVA, leading engineer, Moscow State Institute of Oceanography. Graduated from Moscow State University (1978). Speciality: tides, coastal geomorphology. Author of more than 30 publications.

Krzysztof CZAPLEWSKI, Naval University of Gdynia, Poland, lecturer, DSc, Graduated from Naval University of Gdynia (1991). Speciality: aids to navigation. Author of 60 publications.

Vladimir .P. SHEVCHENKO, senior researcher, Shirshov Institute of Oceanology, RAS. Graduated from Moscow State University (1989). Speciality: geologist-geochemist. Author of 81 publications.

Albert R. SHIGABUTDINOV, senior researcher of laboratory for the maritime navigation systems, Central Research Institute of the Marine. Graduated from Leningrad Ulyanov-Lenin Electrotechnical Institute (1984). Speciality: satellite radionavigation and communication systems. Author of 25 publications.

Dmitry B. SHTEFANOV, Chief Navigator of the Department of the Marine Guard, the Federal Border Service of Russia, Rear Admiral. Graduated from the Caspian Naval College (1972), Naval Academy (1982). Speciality: navigation. Author of 10 publications.



ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

Информация о правилах оформления подписки на издания Государственного научно-исследовательского навигационно- гидрографического института Министерства обороны Рос- сийской Федерации

Юридические и физические лица могут приобрести журнал "Навигация и гидрография", материалы конференций, информационные материалы, разработанные отделом ВНИ МО РФ (аналитические и реферативные обзоры, переводы), оформив подписку как за безналичный, так и наличный расчет. Время оформления подписки не ограничено.

Журнал "Навигация и гидрография" выходит 2 раза в год. В 2002 г. выйдут 14 и 15 номера. Заказ можно оформить на любой номер журнала, начиная с 12. НДС на все печатные издания не начисляется. Цена одного номера журнала – **150** руб.

Ежеквартально отделом ВНИ ГНИНГИ МО РФ выпускаются:

- Реферативно-библиографический указатель. Стоимость одного выпуска - **60** руб.
- Реферативные обзоры. Стоимость одного выпуска - **60** руб.
- Сборники переводов. Стоимость одного выпуска - **60** руб.

Можно приобрести также сборник докладов Четвертой Российской научно-технической конференции "Современное состояние, проблемы навигации и океанографии" (НО-2001) Стоимость 2-х томов Сборника – **350** рублей.

Главному редактору журнала «Навигация и гидрография»
Алексееву С. П.
199106, Санкт-Петербург, Кожевенная линия, 41

БЛАНК-ЗАКАЗ

Прошу оформить подписку (заказ) на:

- ___ экз. журнала «Навигация и гидрография», №№;
- ___ экз. реферативно-библиографического указателя, №№;
- ___ экз. реферативного обзора, №№;
- ___ экз. сборника переводов, №№;
- ___ экз. сборника докладов конференции (НО-2001).

Стоимость подписки в сумме _____

перечислена на расчетный счет ГНИНГИ МО РФ:

ИНН 7801020940

р/сч 40502810100000000107; (кор/сч - нет)

БИК 044081002;

ОКОНХ 95120;

ОКПО 08303504

ПУ ЦБ РФ Флагманское г. С. -Петербург.

Платежное поручение № _____ от " _____ " _____ 200_ г.

Заказ направить по адресу:

индекс п/о _____, область (край, респ.) _____

город, улица, дом _____

Кому _____

(полное название организации и ФИО контактного лица или ФИО заказчика)

В платежном поручении указать: «**Подписная плата за журнал(ы) ...**».

Заполненный бланк-заказ перешлите в редакцию по указанному адресу:

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

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

Требования к оформлению материалов

1. Статьи принимаются на дискетах 3,5" или CD в формате текстового редактора **MS Word for Windows** (версия не ранее 1997 г.) с приложением текста на бумаге (размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5). Все материалы должны быть подписаны авторами.
2. Объем статьи не должен превышать 0,5 авторского листа (20 000 печатных знаков), включая рисунки, таблицы и список литературы.
3. Название статьи должно в наиболее краткой форме отражать ее содержание.
4. В статье указывается индекс ГРНТИ. К работе прилагается аннотация (объемом не более 150 слов) и сведения об авторах (ФИО полностью; полное название учреждения, где работает автор; должность; ученая степень; воинское звание; год окончания и полное название высшего учебного заведения, которое закончил автор; специализация, количество опубликованных научных трудов). Аннотация, сведения об авторах и иллюстрации представляются отдельными файлами. Следует указать почтовый и электронный адреса авторов, а также служебные и домашние номера телефонов. К рукописи прилагается сопроводительное письмо организации, где выполнено данное исследование, и акт экспертизы о возможности открытого опубликования.
5. Для написания формул следует использовать редактор формул **MS Word for Windows**.
6. Используемые в статье величины и единицы измерения должны соответствовать стандартным обозначениям согласно Международной системе единиц СИ.
7. Рисунки представляются отдельным файлом в черно-белом изображении в форматах **.jpg** или **.gif** с разрешением до **300 DPI**. Все рисунки должны быть размером не более 210x140 мм и иметь порядковые номера и подписи.
8. Таблицы должны иметь порядковые номера и названия. Длина строки таблиц при шрифте "Arial" размером 9 не должна превышать 200 мм. При этом таблицы, у которых длина строки при указанном шрифте превышает 145 мм, должны иметь вертикальную ориентацию.
9. 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.
10. Материалы, отправляемые по E-mail, следует направлять в виде присоединенных к письму файлов. Размер одного сообщения не должен превышать 0,5 Mb. Письма большего объема необходимо компрессировать архиваторами (**ZIP, RAR**) или разделять. Графические файлы не должны содержать более одного рисунка.

**Адрес редакции: Россия, 199106, Санкт-Петербург, Кожевенная линия, 41.
Телефон: (812) 322-18-88, 322-34-18 (доб. 215, 249),
Факс: (812) 322-33-19 (в рабочее время).
E-mail: gningi@navy.ru**

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ, 2002, №14

Редактор И. Ю. Бугрова

Компьютерная верстка: А. А. Смирнова

Подписано в печать 29.01.2002 г.

Заказ № 25

Рег. № 013267 от 26.01.95 г.

Комитет РФ по печати

© Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт
Министерства обороны РФ