

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

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1995 ГОДА

**11
2000**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

Главный редактор д.т.н. С.П.Алексеев

Редакционная коллегия:

В.А.Авдонюшкин, к.т.н. А.И.Баранов (секретарь), к.т.н.С.П.Баринов,
д.т.н. Б.Н.Беляев, д.в.н. П.Г.Бродский (заместитель главного редактора),
к.т.н. К.А. Виноградов, 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. Г.И.Емельянцеv, к.т.н. А.В.Зинченко (ответственный за выпуск),
д.т.н. Б.Е.Иванов, к.т.н. И.В.Козырь, к.ф.-м.н. П.И.Малеев,
к.т.н. С.И.Мастрюков, д.в.-м.н. А.П.Михайловский,
д.т.н. Н.Н.Неронов, к.т.н. А.Б.Опарин, д.т.н. В.И.Пересыпкин,
акад.РАН В.Г.Пешехонов,
к.т.н. Ю.В.Румянцев, к.т.н. С.А.Рудас (заместитель главного редактора),
чл.-кор.РАН А.Е.Сазонов, чл.-кор.РАН А.И.Сорокин,
д.в.н. В.Н.Фрадкин

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

2000

**THE STATE RESEARCH NAVIGATION-HYDROGRAPHIC
INSTITUTE**

**NAVIGATION AND
HYDROGRAPHY**

PUBLISHED SINCE 1995

**11
2000**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint -Petersburg

Editor-in-chief

ScD S.P.Alekseyev

Editorial board

V.A.Avdonyushkin, PhD A.I.Baranov (secretary), PhD S.P.Barinov,
ScD B.N.Belyaev, ScD P.G.Brodsky (vice editor-in-chief),
PhD K.A.Vinogradov, PhD A.A.Dadashev, PhD V.G.Dzyuba,
ScD A.N.Dobrotvorsky (first vice editor-in-chief),
ScD G.I.Yemelyantsev, PhD A.V.Zinchenko (responsible for the issue),
ScD B.E.Ivanov, PhD I.V.Kozyr, PhD P.I.Maleyev, PhD S.I.Mastryukov,
ScD A.P.Mikhaylovsky, ScD N.N.Neronov, PhD A.B.Oparin,
PhD A.G.Panov, ScD V.I.Peresyarkin, Acad. RAS V.G.Peshekhonov,
PhD Yu.V.Rumyantsev, PhD S.A.Rudas (vice editor-in-chief),
CM RAS A.E.Sazonov, CM RAS A.I.Sorokin,
ScD V.N.Fradkin

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

2000

Уважаемые читатели!

Редакционная коллегия и редакция журнала «Навигация и гидрография» поздравляет Вас с 2001 годом!

Желаем Вам здоровья, счастья,
благополучия в жизни и успехов
в плодотворном сотрудничестве с нами
в третьем тысячелетии.

Главный редактор
Начальник ГНИНГИ МО РФ
д.т.н., контр-адмирал С. Алексеев

Dear Readers!

Editorial board and staff of the
journal «Navigation and Hydrography»
congratulate you on the Year
2001!

We wish you good health,
happiness, prosperity in your
life and success
in fruitful cooperation with us
in the Third Millennium.

Editor-in-chief
Chief of the GosNINGI
ScD, Rear-admiral S. Alekseyev

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ	11
С.П.Алексеев, В.Г.Дмитриев, А.Н.Добротворский. О базе метаданных по комплексной проблеме утилизации российских атомных подводных лодок.....	11
С.Б.Балясников, С.И.Мастрюков, А.Б.Опарин. Концепция построения военного контура Единой системы информации об обстановке в Мировом океане.....	21
МЕТОДЫ, ТОЧНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАВИГАЦИИ. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШТУРМАНА	34
Б.Е.Иванов. О линейных и прицельных навигационных створах.....	34
Б.Е.Иванов. Об оценке вероятности навигационной безопасности плавания по фарватеру.....	40
СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	46
М.А.Лукьянова, Ю.И.Никитенко. Особенности алгоритмов однозначной пространственной угловой ориентации судна по многозначным одномоментным интерферометрическим отсчетам фаз сигналов всех видимых ИСЗ СРНС.....	46
Г.А.Семенов, С.Б.Болошин, С.П.Зарубин, С.Б.Писарев. Оптимизация размещения мобильных радионавигационных систем, обеспечивающего минимум погрешности местоопределения в локальной области.....	58
СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ГИДРОГРАФИИ, МОРСКОЙ КАРТОГРАФИИ И ГЕОФИЗИКИ	63
К.Г.Ставров, Л.Ф.Пушкина, В.И.Гусева, А.А.Стахов. Информационно-справочная система автоматизированного банка морских геофизических данных.....	63
А.А.Симинеев. Оценка возможности применения программной цифровой фотограмметрической системы обработки аэрофотоснимков PHOTOMOD в морской картографии.....	69
Э.С.Кочанов, Д.Л.Щенников. Причины образования и уровень электромагнитного фона основных районов Мирового океана.....	75
В.И.Колесова, М.А.Эфендиева. Метод аналитического и цифрового описания градиентов геомагнитного поля с целью их использования при решении геологических и навигационных задач.....	81
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРЕПЛАВАНИЯ	86
А.Н.Добротворский, А.А.Федоров. Использование метеорологической радиолокации для гидрометеорологического обеспечения флота.....	86
А.А.Ерошко, В.М.Кушнир, А.М.Суворов. Картирование течений Северо-Западного сектора Черного моря на основе использования комплекса ГЗП-2000.....	91
В.Г.Лямзина, С.И.Мастрюков, С.Л.Носова, Н.Н.Пихоленко, В.Ю.Тугарев. Принципы контроля качества гидролого-гидрохимических данных НИЦ ГНИНГИ МО.....	99

С.И.Мастрюков, В.Ю.Тугарев. Технология контроля качества данных батитермографных наблюдений НИЦ ГНИНГИ МО	105
МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ	110
С.П.Алексеев, В.Г.Дмитриев, А.Н.Добротворский, Ю.Н.Жуков, А.А.Зотов. Об интегрированной системе мониторинга районов проведения работ по утилизации российских атомных подводных лодок	110
А.А.Зотов. Влияние гидрометеорологических факторов на состояние экологической безопасности Военно-Морского Флота	125
СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ	130
Е.Г.Бабинов, Г.И.Безбородов, И.В.Зикий. Трехвековая эволюция “навигационных наук” и преобразования штурманской службы ВМФ России	130
В.Н.Костин. История развития отечественных морских астронавигационных систем.....	133
ЗА РУБЕЖОМ	137
António Carrilho, Luís Monteiro. The Role of the Navigation Division of Portuguese Hydrographic Office in Improving Safety of Navigation	137
Антониу Кэррилью, Луиш Монтейру. Задачи отдела навигации Португальской гидрографической службы по повышению безопасности мореплавания	141
В.Г.Дмитриев. Некоторые аспекты проблемы учета неопределенности гидрометеорологической информации в практике принятия решений.....	145
КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ, СЕМИНАРЫ	157
Научно-практическая конференция «Штурманская служба флота, ее роль и место в современной системе безопасности кораблевождения и судовождения, повышении эффективности применения сил и оружия, перспективы развития»	157
Шестая международная конференция по судам и морским конструкциям в холодных районах ICETECH' 2000	158
XXII научно-техническая конференция памяти Н.Н.Острякова.....	159
4-я Российская научно-техническая конференция “НО–2001”	159
ABSTRACTS	161
СТРАНИЦА ПАМЯТИ	165
ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ	166

CONTENTS

GENERAL MATTERS.....	11
S.P. Alekseyev, V.G. Dmitriyev, A.N. Dobrotvorsky. On the Base of Metadata on the Complex Problem of Scrapping the Russian Nuclear Submarines	11
S.B. Balyasnikov, S.I. Mastryukov, A.B. Oparin. Concept of Building the Military Network of the Single Information System Covering the Situation in the World Ocean (SISSWO)	21
METHODS, ACCURACY AND EFFICIENCY OF NAVIGATION. NAVIGATOR'S ACTIVITY	34
B.E. Ivanov. On the Linear and Multiple Navigational Ranges	34
B.E. Ivanov. On the Estimate of the Navigation Safety Probability in Channel	40
NAVIGATION AND INTEGRATED SYSTEMS	46
M.A. Lukyanova, Yu.I. Nikitenko. Peculiarities of the Algorithms of Unambiguous Spatial Angular Vessel's Orientation by Multiple-Meaning Single-Moment Interferometric Readings of Signal Phases for All Visible SNS Satellites	46
G.A. Semyonov, S.B. Boloshin, S.P. Zaroubin, S.B. Pisaryev. Optimization of Arrangement of the Ground Transmitting Stations (GTS) for the Mobile Navigation System, providing the Minimum Position Fixing Error in a local Area Situated at a Given Distance from the GTS	58
MEANS AND METHODS OF HYDROGRAPHY, MARINE CARTOGRAPHY AND GEOPHYSICS	63
K.G. Stavrov, L.F. Pushkina, V.I. Gouseva, A.A. Stakhov. Information-Reference System of the Automated Marine Geophysical Data Bank	63
A.A. Simineyev. Estimate of the Practicability of the PHOTOMOD Program Digital Photogrammetric System for Processing the Aerial Photographs in Marine Cartography	69
E.S. Kochanov, D.I. Shchennikov. Causes of Formation and the Level of the Electromagnetic Background in the Main Areas of the World Ocean	75
V.I. Kolesova, M.A. Efendiyeva. Method of Analytical and Numerical Description of the Geomagnetic Field gradients for Using them When Solving the Geological and Navigational Problems	81
HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT OF MARINE NAVIGATION	86
A.N. Dobrotvorsky, A.A. Fedorov. Meteorological Radiolocation in the System of Hydrometeorological Support for the Navy	86
A.A. Yeroshko, V.M. Kushnir, A.M. Souvorov. Charting the Currents of the North-West Sector of the Black Sea, Using the GZP-2000 system	91
V.S. Lyamzina, S.I. Mastryukov, S.L. Nosova, N.N. Pikholenko, V.Yu. Tougarev. Principles of Quality Control for Hydrologic-Hydrochemical Data of the Gos.NINGI MoD Research Centre	99
S.I. Mastryukov, V.Yu. Tougarev. Technology of Data Quality Control for Bathythermograph Observations of the Gos.NINGI MoD Research Centre	105

MARINE ECOLOGY	110
S.P. Alekseyev, V.G. Dmitriyev, A.N. Dobrotvorsky, Yu.N. Zhukov, A.A. Zotov. On the Integrated Monitoring System for the Areas in Which the Nuclear Sub- marines are Scrapped	110
A.A.Zotov. The Influence of Hydrometeorological factors on the State of the Navy's Ecological Safety	125
HISTORY PAGES	130
E.G. Babinov, G.I. Bezborodov, I.V. Ziky. Three-centuries-old Evolution of "Navigatskiye Sciences" and. Reorganization of the Russian Navy Navigation Service.....	130
V.N. Kostin. The History of Development of the National Marine Astronaviga- tion Systems	133
ABROAD.....	137
Antonio Carrilho, Luis Monteiro. The Role of the Navigation Division of Portuguese Hydrographic Office in Improving Safety of Navigation.....	137
V.G.Dmitriyev. Some Aspects of the Hydrometeorological Information uncer- tainty account in Decisions' set up practice	145
CONFERENCES, SYMPOSIA, SEMINARS.....	157
Scientific-Practical Conference "The Navigation Service of the Navy, its Role and Place in the Present-Day System of Navigation Safety, in Enhancement of the Effectiveness of the Forces And Weapons Employment, Prospects of its Development"	157
The Sixth ICETECH' 2000 International Conference on the Vessels and Ma- rine Structures in the Cold Regions.....	158
The fourth "NO-2001" scientific-technical conference.....	159
The XXII scientific-technical conference in memory of N.N. Ostryakov.....	159
ABSTRACTS.....	161
IN MEMORY	165
INFORMATION ABOUT AUTHORS	166

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

ГРНТИ 75.25.25.29.31.29.29

О БАЗЕ МЕТАДАННЫХ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПРОБЛЕМЕ УТИЛИЗАЦИИ РОССИЙСКИХ АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

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

Кратко анализируются общие задачи системы информационного обеспечения проблемы утилизации АПЛ. Характеризуется подзадача создания базы метаданных по рассматриваемой проблеме и подходы к классификации информации. Перечисляются проблемные вопросы создания базы метаданных, описываются возможные пути их решения.

Введение. Чернобыльская катастрофа, а также факты других аварий на атомных объектах поставили радиоактивное загрязнение планеты в перечень вопросов общемирового значения, требующих неотложного решения.

В настоящее время процесс утилизации российских атомных подводных лодок (АПЛ) приобрел массовый характер, стал проблемой национального масштаба не только для России, но и для всего человечества. Основными причинами этому являются отсутствие необходимых национальных производственных мощностей и финансирования для проведения соответствующих работ в полном объеме. Поскольку количество российских АПЛ, выводимых из боевого состава, увеличивается, нехватка хранилищ для отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов, ухудшающееся техническое состояние и сложности в обслуживании большого количества выведенных из эксплуатации атомных кораблей создают потенциальную угрозу выхода радиоактивных продуктов в окружающую среду. Пока что атомные корабли выводятся из боевого состава ВМФ и размещаются в основном в пунктах отстоя, где они находятся продолжительное время. Если в ближайшее время не будут предприняты эффективные меры, этот процесс локального накопления активных зон может привести к экологической катастрофе.

Основная тяжесть проблемы по утилизации атомных кораблей лежит на Военно-морском флоте. Три года назад председателем Комитета Государст-

венной думы Российской Федерации по делам Севера и председателем соответствующего подкомитета Палаты Представителей США была подписана декларация о необходимости реализации программы по техническим аспектам обращения с радиоактивными отходами. Инициативы этой декларации были поддержаны постановлением Государственной Думы РФ и резолюцией Сената США с последующим решением о финансировании первого этапа программы «Изучение воздействия выведенных из эксплуатации российских АПЛ и их утилизации на безопасность окружающей среды».

Одним из ключевых элементов указанной программы следует считать задачу подготовки к созданию системы информационного обеспечения проблемы утилизации российских АПЛ, в частности, важнейшую на первом этапе подзадачу создания базы метаданных по состоянию различных аспектов проблемы утилизации АПЛ.

Задачи системы информационного обеспечения проблемы утилизации АПЛ. Система информационного обеспечения проблемы утилизации АПЛ создается с целью создания условий полноты, оперативности и качества всесторонней информационной поддержки процесса управления комплексом работ по утилизации АПЛ.

Перечень задач системы информационного обеспечения включает:

- обеспечение информационной поддержки принятия управленческих решений;
- сбор, комплексирование, хранение, совместную обработку и предоставление информации о состоянии влияющих факторов и функционировании соответствующих служб;
- предоставление информации о текущем и прогнозируемом состоянии дел в районах утилизации АПЛ в виде фактической информации о состоянии всего комплекса работ по разделке АПЛ, а также их длительного хранения и обзорно-аналитической информации по различным аспектам проводимых работ;
- обеспечение условий для проведения анализа информации, характеризующей проведение работ;
- планирование деятельности участников процесса утилизации АПЛ;
- централизованное распределение заданий исполнителям различного уровня и контроль их выполнения;
- доведение принятых решений до исполнителей, контроль хода и результатов их выполнения;
- обеспечение информационного взаимодействия пользователей.

Подзадача создания базы метаданных по проблеме. Назначение метаданных. Как известно, метаданные предназначены для получения информации о состоянии и содержании информационных ресурсов с учетом современного уровня развития информационных технологий, т.е. фактически это вспомогательные данные о данных, которые допускают машинную интерпретацию и обработку. Метаданные позволяют использовать весь арсенал высокопроизводительных поисковых программ для обеспечения быстрого доступа к необходимой информации, а также для поддержания системы метаданных в актуальном режиме, для обмена информацией с другими информационными системами и т.д.

Примерный состав метаданных. В качестве предварительного перечня метаданных можно предложить, используя материалы [1], следующий набор метапараметров произвольного информационного ресурса (приводятся лишь в качестве примера):

- название;
- тема и ключевые слова;
- описание, аннотация;
- тип;
- агент (автор, издатель, редактор ...);
- формат;
- дата;
- диапазоны дат;
- идентификатор ресурса;
- язык;
- связь;
- охват, распространение;
- авторские права.

В данном случае под **названием** понимается имя, данное ресурсу автором или издателем. **Тема** ресурса описывается как с помощью выбора соответствующих элементов из словарей, так и перечислением ключевых слов. Актуален выбор тезауруса для характеристики предметной области (рубрикатора тем). Выбор конкретного, ограниченного по объёму списка облегчает поиск информации и улучшает качество поиска. Для организации поиска обычно используется предметный тезаурус и функциональный тезаурус.

Предметный тезаурус содержит понятия предметной области и отражает содержание ресурса. Термины и структура верхних уровней этого словаря, общие для любых применений, заимствуются из категорий популярной поисковой системы. Дополнительно добавляются термины, специфические для проблемы утилизации АПЛ.

Функциональный тезаурус отражает роль ресурса в человеческой деятельности. Таким образом, этот словарь предназначен для классификации ресурсов по их применению в деятельности по утилизации АПЛ, а также для классификации организаций и персоналий по их видам деятельности и предоставляемым услугам.

Описание, аннотация предоставляет краткое описание содержания ресурса, включая аннотацию для ресурсов-документов. **Тип** ресурса отражает жанр, категорию его содержания и выбирается из соответствующего списка.

Агент – это физическое лицо/организация, имеющее отношение к созданию и/или распространению описываемого ресурса. **Формат** отражает среду, формат данных ресурса, материал, из которого состоит ресурс (если это физический объект), и, возможно, его физические размеры. **Дата** создания ресурса в данной форме, последнего изменения и т.д. **Диапазоны дат** указываются как даты начала и конца жизненного цикла информационного ресурса.

В общем случае, под **Идентификатором ресурса** понимается строка или число, используемое для однозначной идентификации ресурса. Предполагается, что уникальный идентификатор данного ресурса не совпадает ни с

одним идентификатором любого другого ресурса во всём мире и во все времена. Идентификатор ресурса присваивается в процессе формирования информационного репозитория.

При указании **Языка** информационного ресурса просто указывается, на каком языке составлен данный ресурс. Описание **Связи** ресурса с другими ресурсами содержит как Идентификатор другого ресурса, так и вид связи: кем или чем приходится указанный ресурс описываемому ресурсу. **Охват, пространство** показывают масштаб ресурса в пространстве и во времени, а также целевую аудиторию.

Ссылка на описание **Авторских прав** указывает правила пользования ресурсом или на службу, которая даёт информацию на эту тему.

Проблема лингвистической поддержки. Основные проблемы лингвистической поддержки процесса формирования базы метаданных состоят в отсутствии единой терминологии для описания информационных ресурсов, касающейся формализации заполнения таких полей макета базы метаданных, как тема ресурса, точнее говоря, в отсутствии соответствующих предметного и функционального тезаурусов. Применительно к проблеме утилизации АПЛ при формировании тезаурусов необходимо принимать во внимание следующие факторы.

Схема утилизации АПЛ в общем виде в качестве основных этапов включает:

- вывод кораблей из эксплуатации:
 - выгрузка оружия и других запасов;
 - сокращение экипажа;
- передислокацию в место отстоя;
- выгрузку отработанного ядерного топлива;
- утилизацию (разрезку) – отделение реакторного отсека и разделка «чистых» отсеков;
- конвертовку и транспортировку реакторных отсеков к пункту длительного хранения с обеспечением контроля радиационной безопасности.

В соответствии с приведенной схемой к общим радиоэкологическим проблемам утилизации АПЛ в первом приближении можно отнести:

- проблемы отстоя:
 - буксировка реакторных отсеков на отстой;
 - сроки отстоя;
 - способы безопасного хранения невыгруженных активных зон в реакторах;
 - контроль состояния активных зон, находящихся в ядерных реакторах;
 - контроль оборудования ядерной установки;
- проблемы, связанные с выгрузкой активных зон реакторов:
 - способы выгрузки активных зон из реакторов выведенных в отстой АПЛ;
 - транспортировка реакторных отсеков;
- проблемы быстрого вывоза отработанного ядерного топлива (ОЯТ), выгруженного из кораблей;
- проблемы длительного хранения ОЯТ, выгруженного из кораблей:
 - способы безопасного хранения;
 - сроки хранения;
- проблемы реализации продукции утилизации на внешнем рынке;

- проблемы утилизации аварийных АПЛ:
 - обеспечение непотопляемости;
 - обеспечение взрывопожаробезопасности;
 - обеспечение ядерной безопасности;
 - обеспечение радиационной безопасности;
 - обеспечение экологической безопасности.

Инфраструктура по переработке, хранению и захоронению радиоактивных отходов включает:

- места отстоя АПЛ с невыгруженными активными зонами;
- места отстоя АПЛ с выгруженными активными зонами;
- оборудованные пункты долговременного хранения реакторных отсеков;
- хранилища ОЯТ:
 - основные;
 - оперативные;
 - плавучие;
 - временные.

Краткий обобщенный перечень промышленных организаций-участников и технологических звеньев цепочки процесса утилизации АПЛ составляют:

- специализированные предприятия (технологические участки) для разделки корпусов подводных лодок:

- заводы оборонных отраслей промышленности;
- заводы ВМФ;

- технологические и технические схемные решения быстрой разделки кораблей и соответствующая документация, в т.ч.:

–транспортно-технологические схемы обращения с реакторными отсеками, включая:

- ♦ схемы временного экологически безопасного хранения на плаву;
- ♦ схемы захоронения жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и твердых радиоактивных отходов (ТРО);

–конструкторско-технологическая документация для утилизируемых АПЛ;

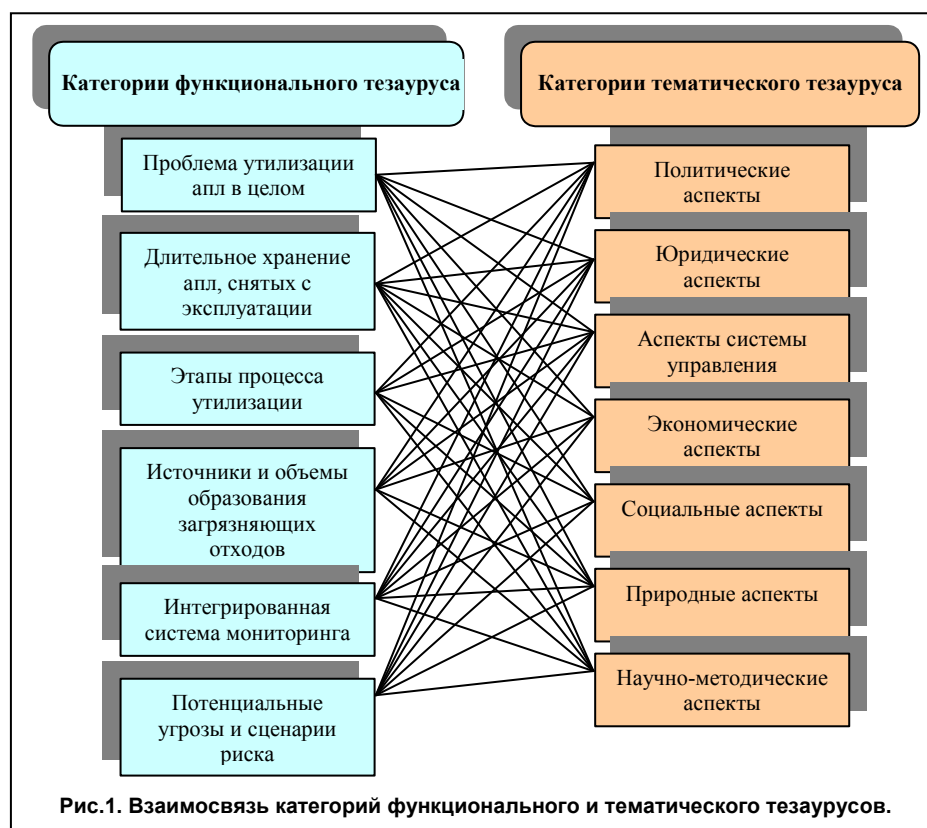
- специализированное оборудование для выгрузки поврежденных активных зон;
- производственные мощности для быстрой разделки корпусов;
- установки для переработки ЖРО;
- силы и средства для выгрузки ОЯТ из реакторов;
- силы и средства для временного хранения ОЯТ;
- силы и средства для транспортировки ОЯТ;
- пункты длительного хранения, в т.ч.:

–специализированные хранилища (места) для длительного хранения реакторных отсеков и крупногабаритных ТРО;

–подземные выработки;

–приповерхностные хранения реакторных отсеков.

Перечисленные выше категориальные понятия могут быть положены в основу формирования тематического и функционального тезаурусов системы метаданных по проблеме утилизации АПЛ (рис.1).



Проблема согласования стандартов метаданных. Создание рассматриваемой базы метаданных представляет собой непростою как в организационном, так и в техническом отношении задачу. Во-первых, в настоящее время законодательная база России по проблемам регулирования информационными процессами далека от совершенства, вследствие чего отсутствует строгая нормативно-правовая основа информационного взаимодействия различных ведомств. Во-вторых, нормативно не установлены и требования к формированию метаданных, отсутствует общепринятый стандарт на формирование подобных данных.

Справедливости ради следует отметить, что в настоящее время таких стандартов нет ни в одной стране мира, хотя работы в этом направлении ведутся уже достаточно длительное время. Наиболее существенные результаты по выработке единых требований к метаданным достигнуты в США [2, 3]. Определенные успехи получены и в Европе (см., например, работы Дублинской группы [4]). И хотя у нас также проводятся исследования по созданию стандартов описания данных, говорить об отечественном стандарте метаданных еще рано.

Подходы к классификации информации. Анализ изложенных выше материалов позволяет выделить следующую группу понятий для формирования функционального тезауруса:

- проблема утилизации АПЛ в целом;

- длительное хранение снятых с эксплуатации АПЛ;
- этапы процесса утилизации;
- источники и объемы образования загрязняющих отходов;
- потенциальные угрозы и сценарии риска для здоровья людей и окружающей среды;
- интегрированная система мониторинга;
- потенциальные угрозы и сценарии риска.

Анализ общих классификаций информационных ресурсов, используемых для поддержки управленческой деятельности (см., например, [5]) дает возможность выделения группы понятий для формирования тематического тезауруса:

- политические аспекты;
- юридические аспекты;
- аспекты системы управления;
- экономические аспекты;
- социальные аспекты;
- природные аспекты;
- научно-методические аспекты.

При необходимости общие и специализированные тематические разделы могут быть детализированы, например, следующим образом:

Специализированные тематические разделы:

-
- источники и объемы образования загрязняющих отходов:
 - радиоактивные отходы;
 - экологически вредные отходы;
-

- интегрированная система мониторинга районов проведения работ по утилизации АПЛ:
 - механизмы распространения загрязняющих веществ;
 - контроль параметров безопасности;
 - изученность физико-географических и гидрометеорологических факторов;
 - физико-географическая и гидрометеорологическая характеристика районов отстоя и утилизации;
 - оценка влияния физико-географических и гидрометеорологических факторов;
 - требования к системе мониторинга;
 - пути технической реализации;
-

Общие тематические разделы:

-
- политические аспекты:
 - международная политика;
 - национальная политика;
 - социально-экономические прогнозы;
 - разграничение полномочий;
 - юридические аспекты:
 - нормативно-правовая база;

- аспекты системы управления:
 - система управления территориями, в т.ч.:
 - ◆ гражданская оборона и ЧС;
 - система управления процессами утилизации АПЛ;
 - информационное обеспечение;
 - международное сотрудничество;
 - экономические аспекты:
 - финансирование;
 - формы собственности;
 - промышленные организации;
 - сельскохозяйственные организации;
 - транспорт;
 - связь;
 - энергетика;
 - строительство;
 - жилищно-коммунальное хозяйство;
 - природопользование;
-
- природные аспекты:
 - инфраструктура районов отстоя и утилизации АПЛ;
 - физико-географические условия:
 - ◆ климат;
 - ◆ ландшафт;
 - природные ресурсы;
 - охрана природы и экологическая безопасность;
 - научно-методические аспекты:
 - профессиональный состав экспертов;
 - методология;
 - теории;
 - методы;
 - методики;
-

Подобное раскрытие и детализация тематических разделов функционального тезауруса применительно к рассматриваемой тематике очевидно требует концентрации усилий ВМФ и промышленности (в первую очередь судпрома).

Проблемные вопросы создания базы метаданных и пути их решения.

Метаданные представляют собой блок информации о данных, начиная с технических деталей, от размера записи базы данных до списка целей, для которых предназначены различные фрагменты данных. Описания обеспечивают конечным пользователям быстрый доступ к нужной информации и помогают им понять, что значат представляемые в конечном итоге пользователю данные и насколько оперативными они являются.

Информационные ресурсы общего пользования должны содержать данные в формализованном (или структурированном) виде, что облегчает их ведение и усвоение программными средствами различных информационных систем и авто-

мативированных рабочих мест. Данные должны кодироваться на основе общесистемных кодификаторов или принимать значения, определяемые общесистемными словарями-справочниками (тезаурусами).

Современное состояние информационных технологий и широкое распространение технологий хранилищ данных стимулирует интерес к метаданным. Корректное множество метаданных дает возможность быстрее принимать более правильные решения, поскольку пользователям предоставляется возможность автоматизированного поиска необходимой им информации.

Однако процесс создания баз метаданных все еще представляет собой достаточно сложную проблему. Прежде всего потому, что метаданные в отделах информационных технологий чаще всего создаются вручную. Кроме того необходима постоянная поддержка баз метаданных в актуальном режиме, т.е. отслеживание всех изменений и внесение соответствующих поправок в описания. Этот процесс также не подлежит автоматизации и выполняется вручную. Особую сложность привносит то обстоятельство, что различные данные по широкой проблеме утилизации АПЛ находятся у владельцев и собственников различной ведомственной принадлежности, в результате чего информационный обмен в ряде случаев может не отвечать требованиям оперативности обновления данных.

Еще одна проблема состоит, как уже было отмечено, в отсутствии стандартов на обмен метаданными между различными системами. Большинство производителей депозитариев данных и разработчиков инструментальных средств, которые переносят данные из систем обработки в базы данных, для поддержки принятия решения сейчас используют собственные форматы метаданных, что ставит дополнительную задачу конвертирования данных.

Одним из путей решения создания базы метаданных по проблеме утилизации АПЛ видится в концентрации усилий в одной специально выделенной организации, наделенной соответствующими полномочиями по сбору метаданных. Такой организацией мог бы выступить Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт МО РФ (рис.2), обладающий большим опытом комплексных научных исследований природных территориальных объектов и акваторий, как в национальных, так и в международных интересах и владеющий богатейшими данными гидрографических экспедиций на акваториях районов утилизации АПЛ.

Заключение. Как видно из изложенного, все информационные ресурсы по проблеме утилизации АПЛ должны характеризоваться жестко структурированной метаинформацией, входящей в лингвистическое обеспечение системы информационного обеспечения и представленной в виде баз метаданных. Базы метаданных совместно с унифицированными программными средствами их обработки обеспечат возможность учета и однозначной идентификации информационных объектов, а также унифицированного доступа к ним как в рамках одной информационной системы или рабочей группы, так и при информационном взаимодействии в рамках решения общенациональной проблемы утилизации АПЛ,

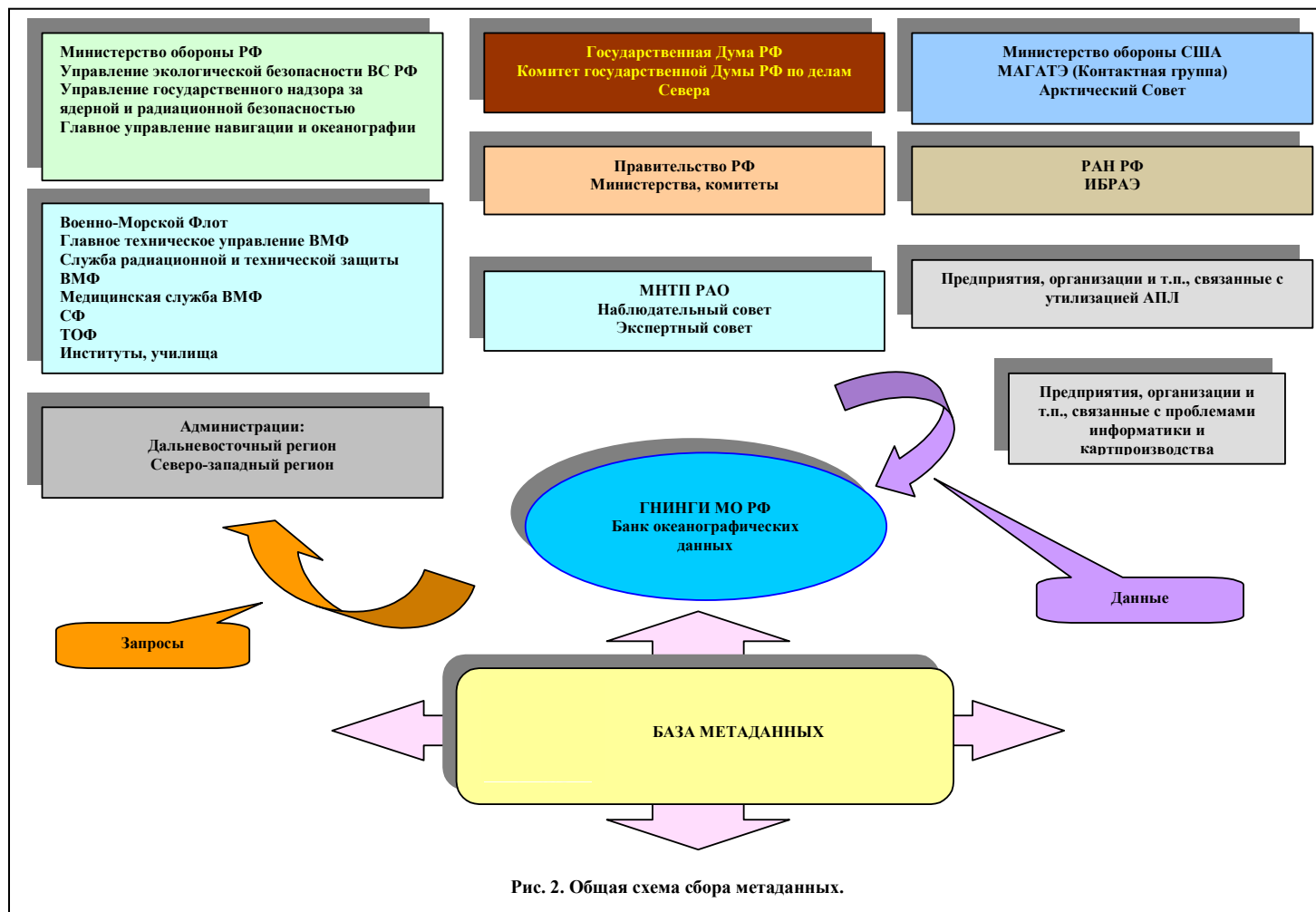


Рис. 2. Общая схема сбора метаданных.

что позволит интегрировать информационные ресурсы локальных информационных систем в единое информационное поле.

В целом решение задачи создания базы метаданных по проблеме утилизации АПЛ сталкивается с большим количеством как научных, так и организационных проблем, включая проблемы межведомственного взаимодействия. Для эффективного преодоления возникающих трудностей представляется целесообразным сосредоточить усилия по созданию метаинформационных ресурсов в одной организации, в качестве которой может выступить Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт МО РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Набор элементов метаданных "Электронной библиотеки НКО": Описание // URL: http://www.ngo.org.ru/ngoss/support/NGOSS_ElementSet.shtml
2. FGDC Standards Reference Model // Federal Geographic Data Committee, March 1996. – 26 pp.
3. Utilities Data Content Standard // Facilities Working Group / Federal Geographic Data Committee, June 2000. – 255 pp.
4. User Guide Working Draft 1998-07-31 // User Guide Working Group / URL: <http://purl.org/dc/documents/wd-guide-current.htm>
5. Дмитриев В.Г. Примерная классификация (рубрикация) информационных ресурсов администрации муниципального образования // Вестник Международной академии. – № 11. – 1999. – 25 с.

ГРНТИ 78.01.29

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ВОЕННОГО КОНТУРА ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБСТАНОВКЕ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

**С.Б.БАЛЯСНИКОВ,
С.И.МАСТРЮКОВ,
А.Б.ОПАРИН**
(ГНИНГИ МО РФ)

Изложено начальное видение разработчиков военного контура ЕСИМО комплекса нормативно-методических, информационно-технологических и организационных элементов подсистемы и связей между ними. Предлагаемая концепция согласована со стратегией построения ЕСИМО и должна уточняться и развиваться по ходу создания ЕСИМО. Обоснованы требования к подсистеме, предложены ее организационно-функциональная структура, типовая архитектура модулей военного контура, состав информационных ресурсов, формы информационного обеспечения абонентов военного контура ЕСИМО. Отмечены основные организационные решения, принятие которых должно обеспечить создание военного контура ЕСИМО.

Перспектива дальнейшего развития мирового сообщества непосредственно связывается с расширением освоения Мирового океана как источника минеральных, топливных и биологических ресурсов – по прогнозам ЮНЕСКО, к 2100 г. численность населения Земли в прибрежной зоне увеличится с 5 до 11 млрд. чел. или с 60 до 75 % от всего населения Земли. В этом плане уже сегодня наши национальные интересы диктуют настоятельную необходи-

мость определения перечня и путей решения основных проблем, с которыми стране придется столкнуться в XXI веке.

Географическое положение России предопределяет широкие возможности использования морских и океанских акваторий как в экономическом, так и в оборонном отношении. Для полноценного решения задач, связанных с освоением океана, особенно задач государственного значения, к которым относится и оборона страны, необходимо использовать всю имеющуюся в стране информацию о состоянии природной среды Мирового океана, создать условия для оперативного доступа к этой информации и результатам ее обработки.

В настоящее время эта информация собирается в ряде отечественных ведомств и мореведческих организаций. Доступ к ней, выполнение комплексной оценки состояния, мониторинг и долгосрочный прогноз состояния природной среды существенно затруднены. Осознана идея создания единого информационного пространства по проблемам природной среды Мирового океана. Более 40 мореведческих организаций страны уже приступили к выполнению Подпрограммы 10 "Создание единой системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО)" федеральной целевой программы (ФЦП) "Мировой океан". ГНИНГИ МО РФ определен головным исполнителем по разработке военного контура ЕСИМО.

В данной работе изложено начальное видение разработчиков военного контура ЕСИМО нормативно-методических, информационно-технологических и организационных элементов системы и связей между ними. Концепция создания военного контура ЕСИМО утверждена Начальником Главного управления навигации и океанографии МО РФ, в ней нашли развитие сформировавшиеся ранее взгляды на создание современного банка океанографических данных МО РФ [1]. Эта концепция согласована с предложенной стратегией построения ЕСИМО [2] и будет уточняться и развиваться по ходу создания последней.

Концепция создания военного контура ЕСИМО разработана при участии специалистов 373 Центра ВМФ и 280 ЦКП ВМФ. Под военным контуром Единой системы информации о природной среде Мирового океана (ЕСИМО) понимается подсистема, обеспечивающая информационное взаимодействие существующих систем гидрометеорологического и навигационно-гидрографического обеспечения Минобороны России данными о природной среде Мирового океана с общегосударственной системой информации об этой среде.

Создаваемая система является «единой» – интегрированной – только в части информационно-технологического пространства и не является новой организационно-функциональной структурой. Она не подменяет действующих в МО России и других ведомствах систем и порядка информационного (гидрометеорологического, навигационно-гидрографического, других морских видов) обеспечения данными о природной среде. Учитывая сказанное, военный контур ЕСИМО должен базироваться на выделенных из состава ВМФ для информационного взаимодействия центрах сбора, обработки, хранения и распространения навигационно-гидрографической, геофизической и гидрометеорологической информации.

Целевое назначение военного контура ЕСИМО состоит в:

- интеграции информационных ресурсов ВМФ по природной среде Мирового океана, сопряжении центров ВМФ, в функции которых входит сбор, обработка и хранение данных о природной среде Мирового океана и прибрежных территорий, с другими субъектами ЕСИМО на базе единых информационно-технологических стандартов в целях повышения эффективности информационного обеспечения частей и подразделений МО РФ, а также других пользователей ЕСИМО при соблюдении заранее определенных условий доступа к информации;

- развитию информационного обеспечения абонентов военного контура (ВМФ, частей морской охраны ФПС РФ и др.) данными и информационной продукцией путем обеспечения непосредственного доступа центров военного контура к информации и информационным ресурсам субъектов ЕСИМО;

- обеспечении доступа пользователей ЕСИМО к открытой (некатегорированной) информации военного контура, необходимой для обеспечения безопасности общего мореплавания, решения других задач, связанных с освоением и изучением океана.

Для достижения указанных целей военный контур ЕСИМО должен обеспечивать выполнение следующих задач:

- ведение единых информационно-технологических стандартов по предметной области системы;

- формирование и ведение баз и банков данных по проблемам Мирового океана;

- долговременное и гарантированное хранение данных Гидрографической службы ВМФ по Мировому океану;

- предоставление данных и информационной продукции для информационного обеспечения обороны страны и морской деятельности в соответствии с категориями доступа пользователей;

- реализацию функций ведомственных центров в государственных программах.

В настоящее время в ВМФ функционируют следующие ответственные центры, осуществляющие сбор, накопление, хранение информации и распространение данных о природной среде Мирового океана:

- 373 Центр ВМФ осуществляет сбор гидрометеорологической информации от Росгидромета, частей и подразделений ВМФ и обеспечивает ВМФ, а также Главные штабы видов Вооруженных Сил, штабы военных округов, главные и центральные управления МО гидрометеорологической и иной информацией в оперативном режиме;

- Научно-исследовательский (океанографический) центр Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института МО (НИЦ ГНИНГИ МО) осуществляет сбор, обработку, контроль, хранение результатов океанографических наблюдений ВМФ и других ведомств на постоянной основе, обеспечивает ВМФ, а также Главные штабы видов Вооруженных Сил, штабы военных округов, главные и центральные управления МО, другие организации океанографической, метеорологической, сейсмической, геофизической и иной информацией в задержанном режиме;

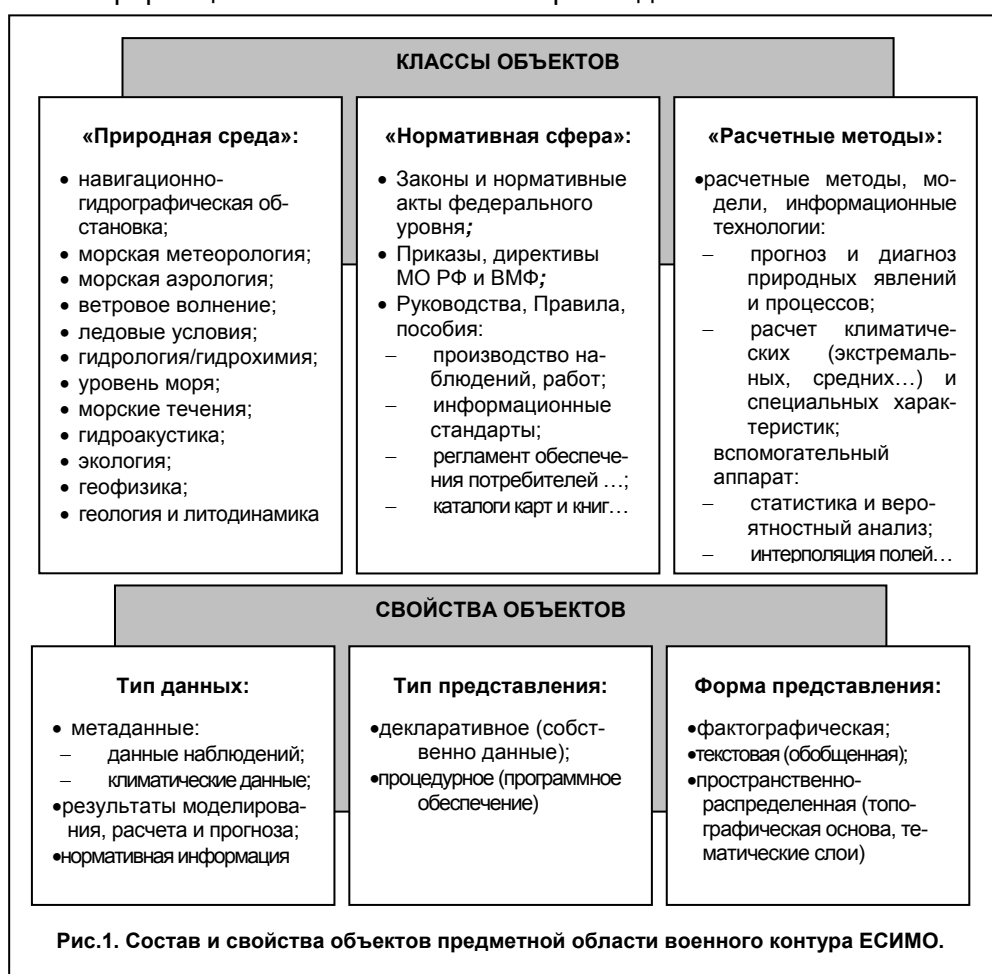
- 280 Центральное картографическое производство ВМФ (280 ЦКП ВМФ) – ответственный по МО центр сбора батиметрических и геофизических

данных, картографических и описательных материалов, осуществляет обеспечение МО, а также всех заинтересованных организаций и частных лиц морскими картами и пособиями, сведениями об изменении навигационной обстановки и другой навигационно-гидрографической и морской информацией в задержанном режиме.

Сфера деятельности, функции и возможности позволяют рассматривать перечисленные центры в качестве основных звеньев военного контура ЕСИМО и выделить их в состав военного контура ЕСИМО.

Наиболее важными нормативными параметрами военного контура являются основные требования к системе в части:

- предметной области военного контура ЕСИМО, т.е. к составу информации и информационной продукции, с которыми будет связана работа системы;
- формирования единого информационного пространства по проблемам природной среды Мирового океана;
- информационного обеспечения морской деятельности.



Основные классы объектов предметной области военного контура (рис.1) создают основу схемы информационного фонда подсистемы.

В соответствии с определением, приведенным в «Концепции формирования и развития единого информационного пространства России и соответствующих государственных информационных ресурсов» «...единое информационное пространство представляет собой совокупность баз и банков данных, технологий их ведения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе общих принципов и по общим правилам».

В целях создания и поддержания единого информационного пространства по проблемам Мирового океана и прибрежных акваторий военный контур ЕСИМО должен удовлетворять следующим основным требованиям.

1. Соблюдение существующей законодательно-правовой базы (Закона об информации, информатизации и защите информации; Закона о шельфе, приказов Министра обороны и Главного командующего ВМФ и др.) посредством выработки и практического применения нормативных актов, конкретизирующих информационную деятельность и вопросы взаимодействия ведомств, пользователей и поставщиков данных и других участников деятельности.

2. Адекватность отображения предметной области и доступность информационных ресурсов. Адекватность отображения предметной области достигается, с одной стороны посредством включения в информационный фонд системы всех доступных исторических данных по природной среде Мирового океана, а с другой – путем поддержки развития эффективных и высокопроизводительных систем наблюдений. Кроме того, ЕСИМО должна обеспечить доступ ко всем имеющимся государственным информационным ресурсам путем их перевода в единое информационное пространство по проблемам Мирового океана. Учитывая своеобразие современных условий взаимодействия участников деятельности, это требование реализуется посредством развития нормативной базы функционирования системы, решениями по организации размещения информационных ресурсов и разграничению полномочий доступа.

3. Качество информационных ресурсов и координированность их получения. Первое из этих требований связано с обеспечением необходимого уровня сертификации информационной продукции, создаваемых информационных технологий и систем, а второе – с координацией работ НИУ МО РФ, центров военного контура по формированию интегрированных информационных ресурсов для снижения совокупных затрат.

4. Разграничение полномочий по доступу к информационным ресурсам и защите информации. Это требование реализуется посредством категорирования информации и абонентов военного контура ЕСИМО, что закрепляется в «Положении о военном контуре ЕСИМО», а также путем использования систем связи, обеспечивающих защиту информации, комплексом других мер по защите информации центров военного контура от несанкционированного доступа. При невыполнении условий защиты информации в состав информационных ресурсов военного контура ЕСИМО включение закрытой или конфиденциальной информации не допускается.

5. Интегрированность информационных ресурсов. Реализуется за счет развития и использования единых средств унификации данных, форматов и протоколов обмена данными и систем классификации и кодирования информации.

6. Развитие информационных ресурсов и информационных технологий. Обеспечивается на постоянной основе посредством плановой деятельности по вовлечению новой информации в информационное пространство и разработки средств обработки, управления и анализа данных с применением современных систем типа СУБД, ГИС и коммуникационных систем.

Принципы построения военного контура ЕСИМО:

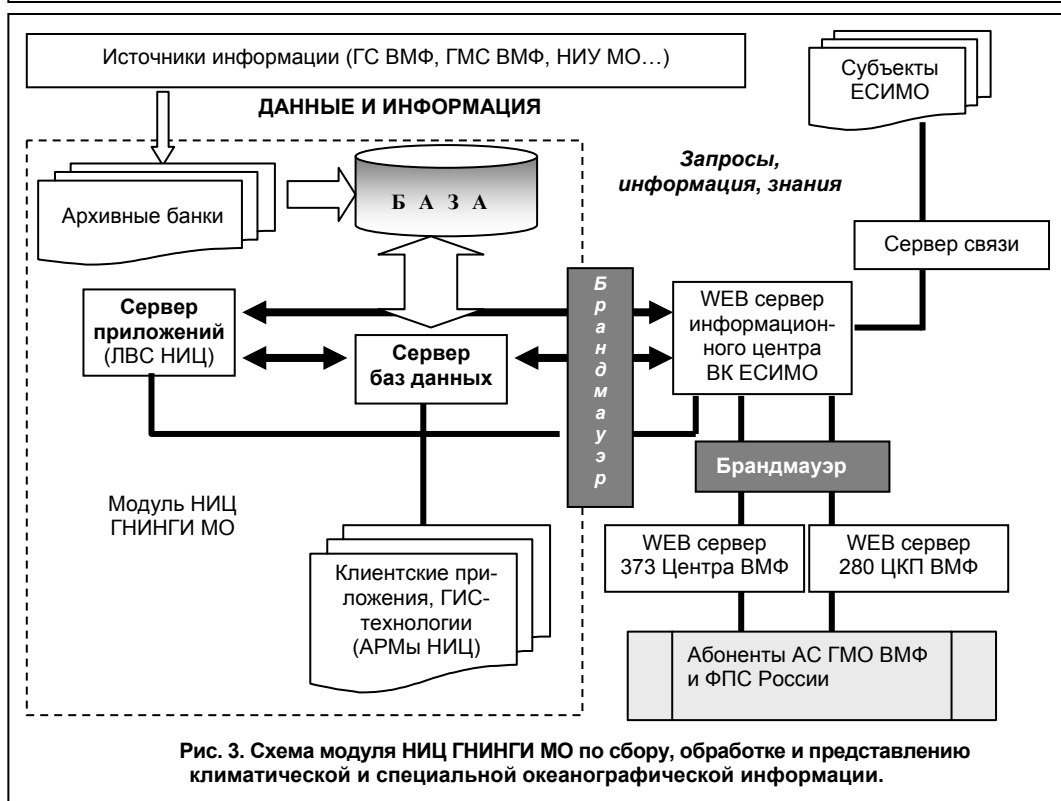
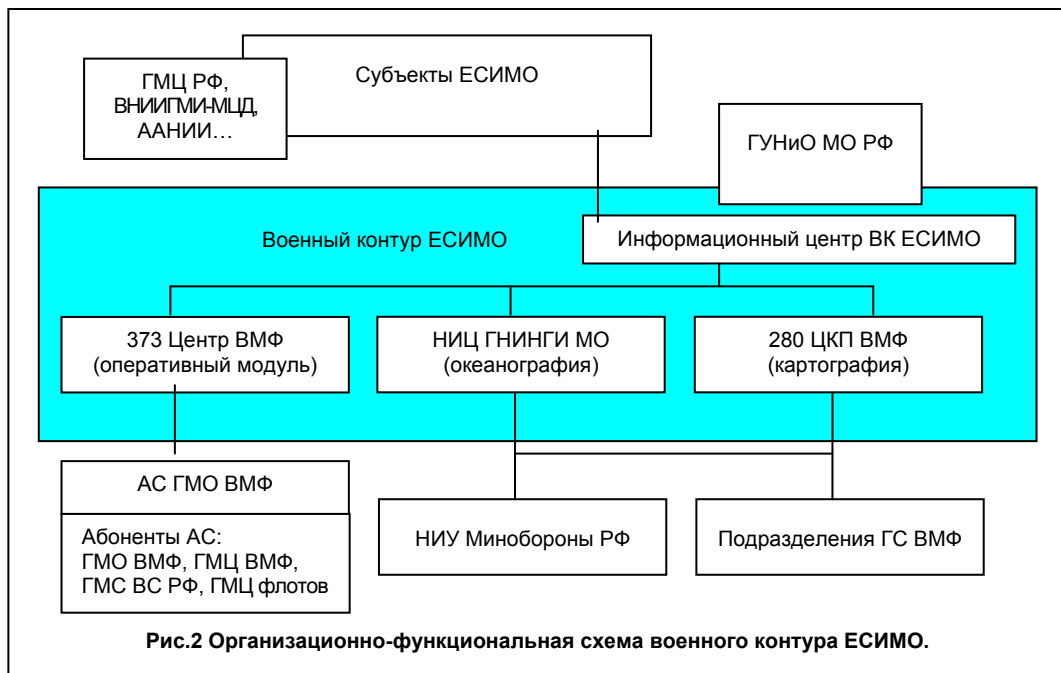
- выделение структурных элементов подсистемы по предметной области и функциональному назначению (сбор и накопление данных, обработка, оперативное обеспечение и др.);
- разработка и использование единых стандартов различного назначения для достижения интегрированности всех элементов системы;
- композиционность построения (выделение элементов системы по тематической направленности, функциям...);
- открытость подсистемы (способность к расширению задач, включению новых видов ресурсов...);
- выработка на основе существующего в РФ законодательства согласованных межведомственных решений по вопросам управления и использования информации о состоянии Мирового океана.

В организационно-функциональном плане военный контур ЕСИМО можно представить в виде трехуровневой иерархической структуры, состоящей из:

- центрального сегмента (ГНИНГИ или иной организации) – ядра интегрированной подсистемы военного контура, где размещается сервер баз данных военного контура и посредством которого осуществляется взаимодействие с другими субъектами ЕСИМО и выделенными центрами военного контура;
- поддерживающего сегмента (НИЦ ГНИНГИ МО, 373 Центр ВМФ, 280 ЦКП ВМФ), где производится развитие и модернизация компонент и базовых элементов интегрированной базы данных, актуализация баз, подготовка информационной продукции, создание запросов, использование информации в интересах обороны;
- обеспечивающего сегмента (373 Центр ВМФ) посредством которого осуществляется доведение информации до частей ВМФ и ФПС России.

Таким образом, в состав военного контура ЕСИМО предлагается включить три модуля – модуль 373 Центра ВМФ по оперативной гидрометеорологической информации, модуль НИЦ ГНИНГИ МО по климатической и специализированной океанографической информации, модуль 280 ЦКП по навигационно-гидрографической информации (рис.2).

В качестве системообразующей среды головными проектантами системы на начальном этапе создания ЕСИМО определена сеть общего доступа Интернет. Исходя из этого, в состав информационных ресурсов военного контура, как и других субъектов ЕСИМО будет включаться только открытая информация. Для организации взаимодействия с ЕСИМО на начальном этапе планируется создать на базе ГНИНГИ автономный Информационный центр военного контура (см.рис.2) с абонентским пунктом сети Интернет. Примерная схема модуля НИЦ ГНИНГИ приведена на рис.3.



Архитектура военного контура ЕСИМО. ВК ЕСИМО представляет собой сложную информационную систему в составе ЕСИМО, которая должна базироваться на единых с ЕСИМО нормативно-методических, программно-технологических, вычислительных, телекоммуникационных, информационно-лингвистических и организационных компонентах, обеспечивающих единую среду разработки и функционирования.

Используя идеи, изложенные в работах [1–4], представляется, что функциональные модули ВК ЕСИМО должны состоять из подсистемы архивных банков данных, интегрированного банка данных и подсистемы проблемно ориентированных приложений для непосредственной реализации функций ВК ЕСИМО по сбору, накоплению, обработке, анализу, интерпретации и представлению данных.

Подсистема архивных банков данных (АБД) накапливает данные об окружающей среде, систематизирует и преобразует их во внутренние информационные стандарты. Результатом работы АБД являются независимые и документированные файлы данных по различным тематическим направлениям и регионам.

Сформированные в АБД массивы данных поступают в интегрированный банк данных (ИБД). Его назначение состоит в поддержании данных в связанном состоянии на основе более сложной модели, учитывающей как предметную область системы, так и функциональные требования, возникающие в различных ситуациях использования данных для решения прикладных задач. Результатом работы ИБД является комплексная база данных (результаты наблюдений и расчетов, литературные данные, топографические и тематические карты и др.), поддерживаемая в актуальном состоянии для обеспечения работы следующего блока – подсистемы проблемно-ориентированных приложений (ПРОП). Последняя представляет совокупность специально подобранных (под конкретную задачу) тематических данных, ранее полученных знаний и прикладных программ, реализующих методы и модели расчетов характеристик природной среды, которые интегрированы в виде информационно-технологического комплекса для получения новой информации, необходимой при выборе решений, вариантов действий с учетом состояния природной среды.

Функциональные подсистемы ВК ЕСИМО должны быть взаимосвязаны, что должно достигаться применением при их разработке единой и согласованной с ЕСИМО совокупности компонент. Примерная структура подсистемы архивных банков (АБ) ВК ЕСИМО в соответствии с составом предметной области может быть представлена в нижеследующей табличной форме. Каждый АБД ВК ЕСИМО состоит из фонда данных в твердой копии (на бумаге), базы данных на технических носителях ПЭВМ, системы управления базами данных (СУБД) и прикладных программных средств.

Фонд данных в твердой копии содержит материалы наблюдений и исследований в виде формализованных текстовых документов, таблиц, карт, схем на бумаге. База данных состоит из массивов данных на технических носителях в стандартизованных форматах и связанных с ними метаданных (описаний массивов, форматов, таблиц кодов, каталогов).

Специфика форматного представления данных на технических носителях ПЭВМ и особенности их автоматизированной обработки приводят к целесообразности разделения данных на фактографические, пространственные, текстовые данные, знания и метаданные.

Структура подсистемы архивных банков ВК ЕСИМО

Архивные банки	Виды данных	Тематическая направленность	Районы или объекты
По природной среде	Метаданные	Все области природной среды	Океаны, прибрежные акватории
	Фактографические	Гидрометеорология (метеорология, аэрология, гидрология/гидрохимия, течения, волнение, уровень) Геофизика Сейсмоакустика	Океаны, прибрежные акватории
	Пространственные	Гидрография (морские карты) Гидрометеорология Геофизика Сейсмоакустика	Океаны, прибрежные акватории
	Текстовые	Гидрография/навигация (пособия) Гидрометеорология Геофизика Гидроакустика	Океаны, прибрежные акватории
Нормативно-методической и законодательной информации	Метаданные	По названным областям информации АБ	Океаны, прибрежные акватории
	Текстовые	Морское законодательство Положения, Руководства Правила, ГОСТы, ВСНы...	Океаны, прибрежные акватории
Сведений о влиянии природной среды	Метаданные	Все виды сведений	Виды средств, действий
	Текстовые данные, знания	Функции влияния, критические значения, набор правил действий	Виды средств, действий
Методов расчета	Метаданные	Все методы расчетов	Виды средств, действий
	Текстовые	Гидрометеорология (метеорология, аэрология, гидрология/гидрохимия, течения, волнение, уровень) Геофизика Сейсмоакустика	Виды средств, действий

Материалы фонда данных и базы данных группируются по указанным видовым разделам, а внутри этих разделов – по тематической направленности, географическим районам, объектам и т.п.

Архивный банк методов расчета должен содержать комплекс методик, алгоритмов, программных средств и сведений о них, подчиненных единым требованиям и соглашениям по обмену входными данными и информационной продукцией с внешней программной средой; сведений о верификации методов и моделей.

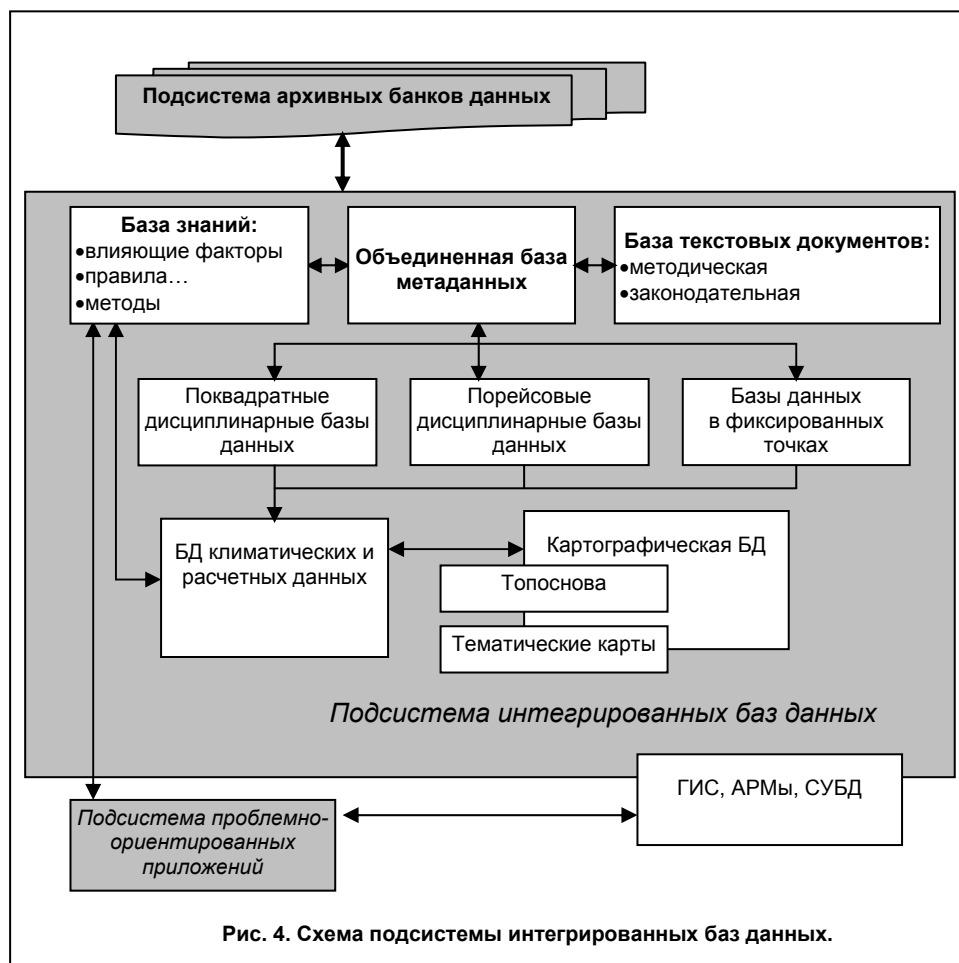
В состав подсистемы АБД должны входить автоматизированные рабочие места (АРМы) занесения информации, АРМ Администратора и АРМ пользователя.

Подсистема ИБД должна обеспечивать накопление данных, контроль их качества и представление информации по предметной области ВК ЕСИМО. Структурно она должна состоять из баз данных и комплекса технических и программно-технологических средств управления и обработки данных (рис.4).

Порейсовые базы данных должны объединять данные ГС ВМФ, относящиеся к государственным информационным ресурсам, и данные в виде отчетов о рейсах, «поквадратные» – всю совокупность данных, но без обязательной привязки к конкретным рейсам. Непременным условием включения

информации в интегрированную базу данных является предварительный контроль качества данных.

Подсистема ИБД должна функционировать под управлением СУБД. В качестве базовой головными разработчиками ЕСИМО рекомендуется СУБД "Oracle", однако, по ряду причин ИБД НИЦ ГНИНГИ МО на текущем этапе проектируется под управлением СУБД «Access». В состав подсистемы ИБД должны входить приложения, позволяющие отбирать и просматривать данные, обеспечивать работу ПРОП и др. Эти приложения должны быть оформлены в виде АРМов: администратора базы, оператора базы, пользователя и др.



Операторы и пользователи ИБД в зависимости от их квалификации должны быть разделены по правам доступа, редактирования, копирования тех или иных видов данных и информации.

Назначение подсистемы проблемно-ориентированных приложений:

- анализ данных и информации для решения прикладных задач НИЦ;
- подготовка выходной информационной продукции системы в виде твердых и электронных копий;

- распространение информационной продукции абонентам АС ГМО ВМФ по почте и вычислительным сетям.

Функции подсистемы реализуются посредством выполнения заданий, условно разбиваемых на две категории:

- статические задания, когда осуществляется либо только визуализация (с разнообразным выбором) фактографических данных из комплексной базы ИБД, файлов *.DOC, *.BMP, *.TXT, *.DBF и тематических карт в стандарте ГИС, либо выполняются расчеты (получение элементарной статистики, обработка векторных временных рядов, проведение вероятностного анализа данных и др.);

- динамические задания – реализация математических моделей по заданным сценариям с дальнейшей визуализацией и интерпретацией результатов их выполнения.

С точки зрения пользователя подсистема ПРОП состоит из функциональных блоков, оформленных в виде набора приложений. Эти приложения группируются в несколько АРМов в соответствии с задачами военного контура ЕСИ-МО – анализ климатических и текущих океанографических данных, выполнение специальных расчетов, моделирование состояния среды, оценка влияния среды.

Ниже предлагается примерный перечень проблемно-ориентированных приложений ИБД НИЦ:

АРМ **«Климат океана»** – программный комплекс для выбора информационных объектов из ИБД, их просмотра и обработки.

Функции:

- доступ к информационным объектам ИБД по SQL-запросу и получение представлений с метаданными и данными;

- просмотр данных с согласованием: таблица – карта – график;

- расчет классических статистических характеристик и просмотр результатов.

АРМ **«Моделирование»** – программный комплекс для выполнения заданий по моделированию природных процессов.

Функции:

- расчет ветровой, приливной и суммарной циркуляции и колебаний уровня моря;

- расчет волнения моря;

- расчет характеристик термохалинной структуры океана;

- расчет переноса примеси в море.

АРМ **«Специальные расчеты»**.

Функции:

- расчет дрейфа свободноплавающих предметов;

- расчет условий радиолокационной наблюдаемости;

- расчет условий гидроакустического обнаружения;

- расчет статистических характеристик «окон погоды» по заданным критериям;

- расчет показателей эффективности использования вариантов сил и элементов действий.

Перечисленные функциональные модули (АБД, ИБД, ПРОП) должны выполнять следующие типовые функции:

- обеспечение доступа к аналитическим модулям;

- получение справочных сведений и их обозначение для работы;

- изменение сценария выбранного аналитического модуля, его исполнение и просмотр результатов;
- получение отчета;
- сохранение результатов.

Разработка их должна осуществляться с использованием базовых компонент (программно-технологических, информационно-лингвистических и т.д.), принятых или рекомендованных к применению головными разработчиками «Единой системы информации об обстановке в Мировом океане».

К основным **формам информационного обеспечения** абонентов военного контура ЕСИМО относятся:

- регламентное распространение информационных ресурсов;
- предоставление данных и информации по запросам.

Первая из них состоит в распространении информации (выделенной части информационных ресурсов) на постоянной основе в соответствии с объявленным регламентом (по времени, способам доставки, стоимости услуги). К этой форме относится представление:

- сведений по военному контуру ЕСИМО общего характера (участники, базы метаданных, описание информационных ресурсов, баз и банков данных, электронных карт, лоций, средств обработки, информационной продукции, условий доступа, регламента и т.п.);
- оперативной гидрометеорологической и навигационно-гидрографической информации, информации по опасным явлениям, связанным с угрозой жизни населения и выделенной части режимно-справочной информации о состоянии природной среды морских акваторий.

Ко второй форме информационного обеспечения относится представление информационной продукции по запросам. Информационная продукция в согласованные сроки разрабатывается в соответствии с требованиями потребителей к составу данных, местоположению районов, пространственно-временным масштабам осреднения и т.п. В состав этой информации могут входить выборки первичной информации по предметной области, базы данных, результаты моделирования, специальных расчетов и т.п. Предоставление ее осуществляется на компенсационной или договорной основе.

Регламентное обеспечение абонентов военного контура ЕСИМО ведется в реальном масштабе времени, а обеспечение по запросам – в задержанном режиме. Порядок и условия представления информации штабам, частям, подразделениям, организациям и учреждениям МО и ФПС России ведомственными центрами МО, выделенными в состав ЕСИМО, а также порядок обмена информацией между выделенными центрами военного контура ЕСИМО, регламентируются действующими уставными документами. Структурно подсистема ИБД должна состоять из баз данных и комплекса технических и программно-технологических средств управления и обработки данных. Все виды обеспечения абонентов этой группы осуществляются бесплатно или с возмещением затрат на поиск, выборку и копирование информации.

Выделенные в состав ЕСИМО центры МО должны иметь право реализовывать абонентам ЕСИМО, а также зарубежным организациям навигацион-

но-гидрографическую и гидрометеорологическую информацию и информационную продукцию установленным порядком.

В заключение необходимо перечислить основные мероприятия, последовательная реализация которых должна обеспечить создание военного контура ЕСИМО:

- организация информационного центра военного контура ЕСИМО с абонентским пунктом сети общего доступа сети Интернет;
- согласование нормативно-правовых документов ЕСИМО, утверждение нормативно-правовых документов по военному контуру ЕСИМО;
- подготовка и реализация в рамках ФЦП «Мировой океан», а также в рамках ведомственной программы по автоматизации системы ГМО ВМФ проектов и планов оснащения выделенных центров каналами связи с ЕСИМО, аппаратно-программными средствами и технологиями сбора, обработки и распространения данных, а также средствами их защиты;
- подготовка, согласование и принятие решений об унификации с ЕСИМО нормативных и программно-технологических стандартов;
- организация работ по приведению фонда информационных ресурсов военного контура к единым с ЕСИМО стандартам;
- организация сертификации аппаратно-программных средств сбора и распространения данных в выделенных центрах и у абонентов военного контура ЕСИМО;
- организация и проведение государственного лицензирования выделенных центров на подготовку и распространение информационной продукции среди пользователей ЕСИМО;
- подготовка представления МО РФ на включение выделенных центров в ЕСИМО;
- получение свидетельства об аккредитации выделенных центров в руководящих органах ЕСИМО;
- дополнение уставных документов (Устав, Положение) выделенных центров новыми функциями;
- дополнение уставных документов ГУНиО МО задачами по поддержке функционирования выделенных центров военного контура ЕСИМО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балясников С.Б., Мاستрюков С.И. Информационные ресурсы и перспективы развития банка океанографических данных Министерства обороны РФ. Тез. доклада, Международная конференция «Экспедиционные исследования Мирового океана и океанографические информационные ресурсы (ОИР-98)», Обнинск, 1998г.
2. Единая система информации об обстановке в Мировом океане (Стратегия построения), ВНИИГМИ-МЦД, Обнинск, 1999, 24 с.
3. Михайлов Н.Н., Воронцов А.А., Вязилов Е.Д., Кузнецов А.А. Вопросы построения интегрированной информационной технологии для управления, анализа и распространения данных о морской природной среде. Тез. доклада, Международная конференция ОИР-98, Обнинск, 1998 г.
4. Цвезинский А.С., Тужилкин В.С., Архипов Б.В., Михайлов Н.Н., Воронцов А.А., Шершнева Л.В. Опыт создания интегрированной информационной технологии для обеспечения освоения месторождений углеводородного сырья на шельфе Арктических морей данными о природных условиях /В сб.: Четвертая международная конференция "Освоение шельфа морей России" – С.-Пб.: ЦНИИ им. А.Н.Крылова, 1999.



МЕТОДЫ, ТОЧНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАВИГАЦИИ. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ШТУРМАНА

ГРНТИ 78.25.31.35.29

О ЛИНЕЙНЫХ И ПРИЦЕЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СТВОРАХ

Б.Е.ИВАНОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Получена формула бокового уклонения от оси прицельного навигационного створа с учетом горизонтальной базы. Выполнено сравнение боковых уклонений от оси при использовании линейного и прицельного навигационных створов. Отмечены преимущества и недостатки этих створов.

В настоящее время при плавании в прибрежных акваториях часто используются линейные навигационные створы (ЛНС). Прицельные навигационные створы (ПНС) широкого применения не нашли. В работе [1] это объясняется отсутствием существенных преимуществ перед ЛНС, что приводит к необходимости дальнейших разработок и исследований в области проектирования ПНС. В связи с этим представляется целесообразным проанализировать преимущества и недостатки обоих типов створов.

Рассмотрим формулы боковых уклонений при использовании ЛНС и ПНС. ЛНС представляют собой систему из двух знаков (огней) C и F (рис.1). При использовании ЛНС мореплавателю следует удерживать знаки их на одной вертикали. Боковое уклонение $P_{\text{Л}}$ от оси ЛНС согласно [1] определяется как

$$P_{\text{Л}} = \varepsilon_{\text{Л}} D(D/d + 1), \quad (1)$$

где d – разнос знаков, который соответствует расстоянию CF ;

D – расстояние от переднего знака F до заданной точки O на оси створа CO ;

$\varepsilon_{\text{Л}}$ – горизонтальный критический угол ЛНС.

Ширина $2P_{\text{Л}}$ створной зоны ЛНС равна нулю при $D=0$ и непрерывно увеличивается при возрастании D . Во всей створной зоне знаки переменного уклонения x и соответствующего ему переменного горизонтального угла $\delta_{\text{Л}}$

будут одинаковы: при $x > 0$ задний знак наблюдается справа от переднего и $\delta_{Л} > 0$; при $x < 0$ задний знак наблюдается слева от переднего и $\delta_{Л} < 0$.

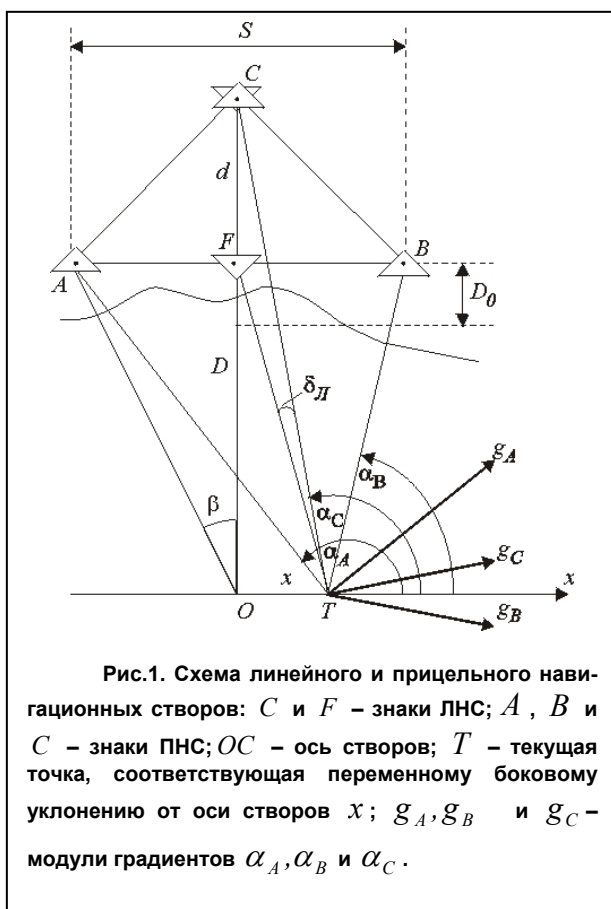


Рис.1. Схема линейного и прицельного навигационных створов: C и F – знаки ЛНС; A , B и C – знаки ПНС; OC – ось створов; T – текущая точка, соответствующая переменному боковому уклонению от оси створов x ; g_A, g_B и g_C – модули градиентов α_A, α_B и α_C .

ПНС отличается от ЛНС тем, что представляет собой систему из трех знаков (огней) A , B и C (см. рис.1), расположенных в вершинах равнобедренного треугольника ABC , обращенного основанием AB к морю. Следуя по такому створу, мореплавателю следует удерживать задний знак C точно посередине между передними знаками A и B . Однако, несмотря на такое различие, в [1] для вычисления бокового уклонения $P_{П}$ от оси ПНС предлагается использовать ту же формулу (1) при подстановке в нее горизонтального критического угла ПНС $\varepsilon_{П}$ вместо $\varepsilon_{Л}$. Однако очевидно, что для корректного расчета $P_{П}$ должна использоваться формула, учитывающая горизонтальную базу S , равную расстоянию между передними знаками A и B . Для

вывода такой формулы можно использовать свойства градиентов навигационных параметров.

Пусть переменное боковое уклонение x соответствует отрезку OT . Тогда переменный горизонтальный угол ПНС $\delta_{П}$, соответствующий полуразности углов ATC и CTB , в текущей точке T будет равен

$$\delta_{П} = 0,5(\alpha_A + \alpha_B) - \alpha_C, \quad (2)$$

где α_A, α_B и α_C – углы между осью x и направлениями на знаки A , B и C соответственно.

Возьмем производную $\delta_{П}$ по x и, переходя к отношению приращений функции и аргумента при $x=0$, получим

$$\varepsilon_{П} / P_{П} = 0,5(g_A + g_B) \cos \beta - g_C, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{П}$ – горизонтальный критический угол ПНС;

$P_{П}$ – боковое уклонение от оси ПНС;

g_A, g_B и g_C – модули градиентов углов α_A, α_B и α_C в точке O соответственно;

β – угол в точке O между направлениями на знаки A и C .

Согласно [2] модули градиентов углов между осью и направлениями на знаки равны обратным величинам расстояний от точки O до знаков A, B и C соответственно. Выразим эти модули и тригонометрические функции угла β через элементы ПНС d, S и D . Подставляя полученные выражения в (3), найдем боковое уклонение от оси ПНС

$$P_{\Pi} = \varepsilon_{\Pi} (D + d) (D^2 + 0,25S^2) / (dD - 0,25S^2). \quad (4)$$

Из (4) следует, что боковое уклонение ПНС меняет знак в зависимости от расстояния D . В большинстве случаев боковое уклонение положительно и только в непосредственной близости от знаков принимает отрицательное значение. Расстояние, на котором происходит смена знака, равно (см. рис.1)

$$D_o = 0,25S^2 / d. \quad (5)$$

При выводе формулы (4) сделано допущение – отношение приращений функции и аргумента приравнено производной. Поэтому необходимо оценить достоверность полученной формулы. С этой целью рассмотрим переменный горизонтальный угол ЛНС, который в текущей точке T равен

$$\delta_{\Pi} = \alpha_F - \alpha_C, \quad (6)$$

где α_F – угол между осью x и направлением на знак F .

Преобразуя равенство (6) так же, как выражение (2), получим зависимость, в точности соответствующую (1) для бокового уклонения от оси ЛНС. Следовательно, применение градиентов навигационных параметров при решении рассматриваемой задачи допустимо.

Другой оценкой достоверности формулы (4) может быть сравнение вычисленных по ней величин с эталонными значениями δ_{Π} . Для получения эталонных значений используется равенство (2) и отношения проекций отрезков AT, BT и CT на ось створа OC и ось x . После соответствующих преобразований получим

$$\delta_{\Pi} = 0,5 \arctg((x + 0,5S)/D) + 0,5 \arctg((x - 0,5S)/D) - \arctg(x/(D + d)). \quad (7)$$

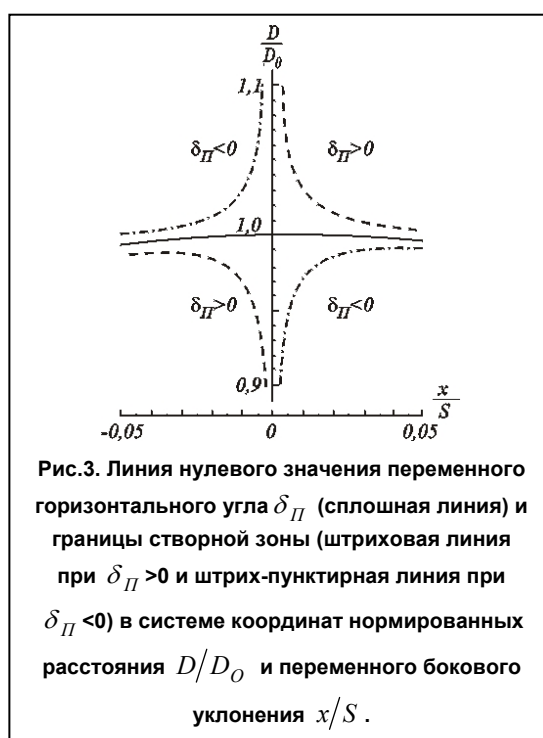
Если задать переменный горизонтальный угол δ_{Π} равным горизонтальному критическому углу ПНС ε_{Π} , то вычисленное по формуле (7) переменное боковое уклонение x будет соответствовать боковому уклонению P_{Π} . Поскольку искомая величина выражена в неявной форме, то для ее определения может быть применен метод последовательных приближений. Выполненные расчеты показали, что значения P_{Π} , вычисленные по формуле (4), полностью соответствуют эталонным значениям этой величины, вычисленным по формуле (7), за исключением небольшой области, непосредственно примыкающей к точке со значением расстояния $D = D_o$. В этой точке величина P_{Π} , вычисленная по формуле (4), стремится к бесконечности, а эталон-

ное значение P_{Π} , вычисленное по формуле (7), принимает конкретное числовое значение.

По формуле (7) выполнены вычисления и получены значения переменного бокового уклонения x при $\delta_{\Pi}=0$ (рис.2). Линия, соответствующая нулевому горизонтальному углу, соединяет передние знаки и точку со значением расстояния $D = D_0$. Эта линия представляет собой дугу окружности, проходящей через точки A, B и C и имеющей радиус, равный $0,5(D_0 + d)$.

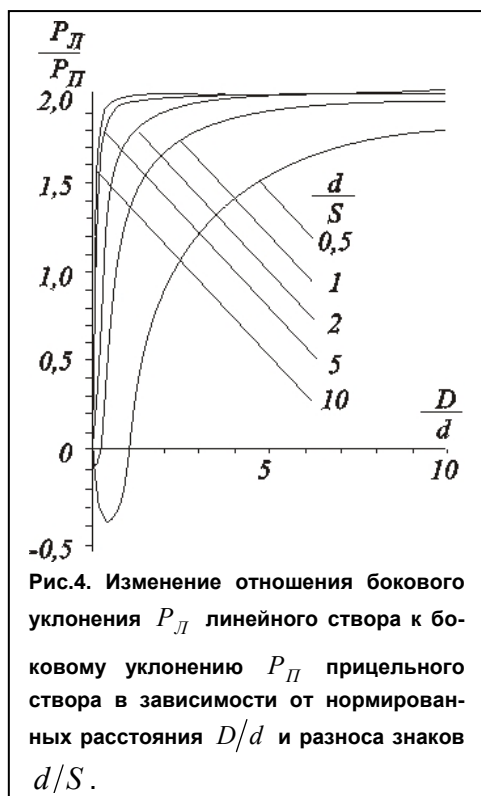
Кроме того, по формуле (7) были вычислены значения x при $\delta_{\Pi}=0$ и $\delta_{\Pi} = \varepsilon_{\Pi}$ и определены границы створной зоны вблизи точки со значением расстояния $D = D_0$, для случая $d = 0,5S$ и $\varepsilon_{\Pi} = 0,5'$. Полученные результаты представлены на рис.3, на котором сплошная линия соответствует нулевому значению горизонтального угла, а штриховая и штрих-пунктирная линии – границам створной зоны с положительным и отрицательным горизонтальными углами соответственно.

Из формулы (4), а также приведенных на рис.2 и 3 зависимостях следует, что в отличие от ЛНС, ПНС имеет нулевое значение горизонтального угла не только на оси створа, но и на линии, соединяющей передние знаки, а створная зона представляет собой крестообразную фигуру, три оконечности которой сходятся в точки, совмещенные со знаками A, B и C .



Выявив принципиальные различия между ЛНС и ПНС, рассмотрим, как они повлияют на качество определения по ним. Сравним боковые уклонения

ЛНС и ПНС. Сначала отметим, что в соответствии [1] горизонтальный критический угол ЛНС $\varepsilon_{Л}$ существенно зависит от вертикального угла створа и изменяется от 1' до 3'. Горизонтальный критический угол ПНС $\varepsilon_{П}$, практически не зависит от вертикального угла створа и составляет, примерно 0,5' [1,3].



По формулам (1) и (4) были вычислены боковые уклонения ЛНС и ПНС. Изменение отношения $P_{Л}/P_{П}$ в зависимости от D/d и d/S при $\varepsilon_{Л}/\varepsilon_{П} = 2$ показано на рис.4. Видно, что, начиная с определенного значения D/d , боковое уклонение ЛНС становится больше бокового уклонения ПНС. С увеличением D/d отношение $P_{Л}/P_{П}$ увеличивается и в пределе стремится к отношению $\varepsilon_{Л}/\varepsilon_{П}$. Отношение $P_{Л}/P_{П}$ также увеличивается при увеличении отношения d/S . Используя формулы (1) и (4), можно получить зависимость для расстояния D_m , соответствующего равенству $P_{Л} = P_{П}$,

$$D_m = \frac{K S^2}{8(K-1)d} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{16(K-1)d^2}{K^2 S^2}} \right], \quad (8)$$

где $K = \varepsilon_{Л}/\varepsilon_{П}$.

По формуле (8) были выполнены расчеты, результаты которых показаны в таблице для $\varepsilon_{Л}/\varepsilon_{П} = 2$.

Нормированное расстояние D_m/d , соответствующее равенству боковых уклонений ЛНС и ПНС

d/S	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	15,0
D_m/d	2,414	0,809	0,320	0,197	0,142	0,110	0,091	0,077	0,067	0,059	0,053	0,034

Поскольку ходовая часть створа практически соответствует условию $D > D_m$, то можно подтвердить вывод работы [3] о том, что чувствительность (величина, обратная боковому уклонению) ПНС выше чувствительности ЛНС. В связи с этим ПНС может иметь значительно меньший разнос знаков d по сравнению с ЛНС. Последнее особенно важно в районах, где по местным условиям не представляется возможным разнести знаки на большое расстояние.

В связи с независимостью горизонтального критического угла ПНС от вертикального угла створа и отсутствием необходимости наблюдать знаки на одной вертикали, высота заднего знака ПНС может быть значительно меньше

высоты заднего знака ЛНС. Это является одним из преимуществ ПНС, сказывающимся на затратах при строительстве знаков. Однако как правило, ЛНС состоит из двух знаков, а ПНС – обязательно из трех. По этому признаку следует отдать предпочтение ЛНС.

Когда при плавании по ЛНС мореплаватель наблюдает смещение знаков с одной вертикали, ему сложно судить о степени отклонения от оси створа. При плавании по ПНС мореплаватель всегда может судить о степени отклонения от оси створа по положению заднего знака относительно двух передних. Это должно придать ему большую уверенность в безопасности плавания. Кроме того, знаки ПНС могут использоваться в качестве знаков щелевого створа. В последнем случае створная зона будет ограничиваться ближайшими к оси ПНС визирными окружностями двух линейных створов *АС* и *ВС*, а комбинированный створ не только будет обозначать направление оси фарватера, но и его кромки.

Существующая технология проектирования створов применительно к ПНС значительно более трудоемка по сравнению с ЛНС. Этот недостаток может быть устранен при разработке автоматизированной технологии проектирования на базе использования ПЭВМ. Такая технология должна предусматривать следующую последовательность операций:

- определение кромок и оси фарватера или рекомендованных полос движения на основе цифровой модели рельефа дна, данных о гидрометеорологических и гидрографических условиях рассматриваемого района, размерах и маневренных элементах используемых судов;
- расчет нескольких вариантов элементов створов на основе цифровой модели прибрежной полосы суши с применением метода последовательных приближений;
- выбор наиболее подходящего варианта на основе существующей системы ограничений.

Использование подобной технологии может быть предусмотрено в качестве одного из элементов непрерывного автоматизированного процесса, включающего гидрографическое, топографическое и гидрометеорологическое изучение рассматриваемого района; проектирование его фарватеров, рекомендованных путей и полос движения, а также навигационного оборудования и, в частности, створов.

В целом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что прицельные навигационные створы имеют существенные преимущества по сравнению с линейными.

ЛИТЕРАТУРА

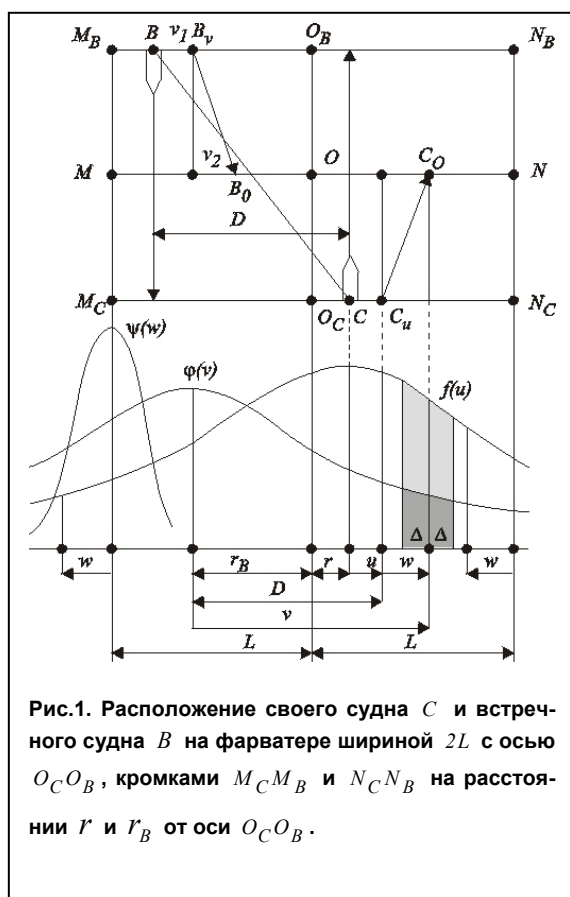
1. Инструкция по навигационному оборудованию (ИНО–89). – Л.: ГУНиО МО, 1990.–304 с.
2. Каврайский В.В. Избранные труды. Т.1. Астрономия и геодезия.– Л.: УНГС ВМФ,1956.–358 с.
3. Калинин И.С. Навигационное оборудование морских театров.–Л.:ВВМУ им.М.В.Фрунзе,1980.–428 с.

ОБ ОЦЕНКЕ ВЕРОЯТНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ ПО ФАРВАТЕРУ

Б.Е.ИВАНОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Рассматриваются существующие подходы к оценке вероятности навигационной безопасности плавания по фарватеру. Уточняются полученные ранее зависимости. Выводятся основные соотношения между указанной вероятностью и погрешностями навигационных параметров в условиях обнаружения встречного судна с помощью радиолокационной или гидроакустической станции.

Можно выделить два подхода к оценке вероятности навигационной безопасности плавания по фарватеру или в полосе заданной ширины. В первом в качестве критерия навигационной безопасности выступает вероятность



события, при котором судно не выйдет за пределы фарватера из-за погрешности определения места [1]. При этом, если траектория движения судна проложена на расстоянии r от оси фарватера шириной $2L$ (рис.1), то вероятность P_1 навигационной безопасности плавания может рассчитываться по формуле

$$P_1 = \int_{-L-r}^{L-r} f(u) du, \quad (1)$$

где $f(u)$ – плотность распределения погрешности u определения места судна по направлению, перпендикулярному оси фарватера.

Развитием такого подхода явилась работа [2], в которой выведена зависимость для оценки вероятности навигационной безопасности плавания с учетом неопределенности положения кромок фарватера. Погрешность положения кромок фарватера может существенно сказываться на безопасности плавания, т.к. в настоя-

щее время точность навигации может быть выше точности картографирования конкретного района. При этом следует заметить, что рис.2 в работе [2] относится к средней квадратической погрешности определения места судна, равной половине ширины полосы L , а не половине ширины фарватера.

Анализ формулы (1) показал, что при симметричной плотности распределения $f(u)$ максимальное значение вероятности будет при $r=0$. Если исходить из требования иметь максимальное значение P_1 , то траекторию судна следует прокладывать непосредственно по оси фарватера. Такая рекомендация действительно будет обеспечивать большую безопасность движения, но только в случае, когда фарватер закрыт для встречных судов. В большинстве же случаев фарватеры открыты для движения в обоих направлениях. Поэтому для обеспечения расхождения судов прокладка их траектории движения ведется справа от оси фарватера на расстоянии, устанавливаемом на основании опыта мореплавателя. В этом случае требование иметь максимальное значение P_1 не должно выполняться, а первый подход к оценке вероятности навигационной безопасности плавания не должен применяться.

Во втором подходе в качестве критерия навигационной безопасности плавания выступает вероятность события, при котором судно не только не выйдет за пределы фарватера из-за погрешности определения места, но и не столкнется с другими судами. Реализация такого подхода представляет собой более сложную задачу. Первым шагом к ее решению стало получение зависимости для оценки вероятности навигационной безопасности плавания по фарватеру с учетом ненаблюдаемого встречного судна [3]. Однако, поскольку при этом не вполне корректно были применены положения теории вероятностей, потребовалось уточнение полученной зависимости. Такая задача решается ниже.

Рассмотрим вероятности несовместных событий: вероятность P_B выхода своего судна за пределы фарватера и вероятность P_C столкновения со встречным судном при нахождении своего судна на фарватере. Тогда согласно [4] вероятность аварии

$$P_A = P_B + P_C. \quad (2)$$

Учитывая формулу (2) и свойства вероятностей противоположных событий [4], можно выразить вероятность P_2 навигационной безопасности движения по фарватеру с учетом наличия ненаблюдаемого встречного судна

$$P_2 = P_1 - P_C. \quad (3)$$

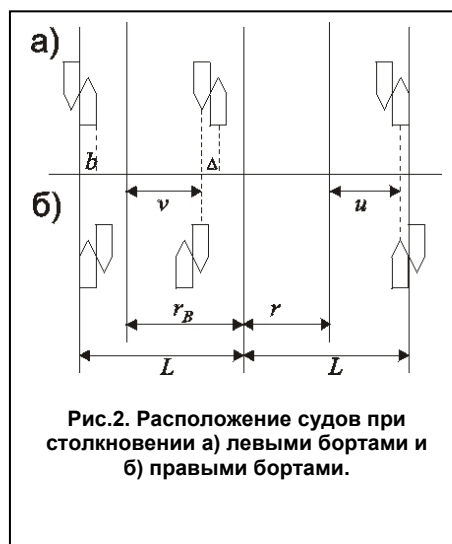


Рис.2. Расположение судов при столкновении а) левыми бортами и б) правыми бортами.

Вероятность P_I определяется по формуле (1). Остается найти выражение для вероятности P_C .

При движении параллельными курсами суда могут сближаться до тех пор, пока расстояние между их центрами не уменьшится до величины

$$\Delta = 0,5(B + B_B),$$

где B и B_B – значения ширин корпуса своего и встречного судов соответственно, рассчитанные с учетом сноса и зоны безопасности.

Если траектория движения встречного судна проложена на расстоянии r_B от оси фарватера (см.рис.1), то условная вероятность P^* столкновения судов

$$P^* = \int_{v-r-r_B-\Delta}^{v-r-r_B+\Delta} f(u) du, \quad (4)$$

где v – погрешность определения места встречного судна по направлению, перпендикулярному оси фарватера.

Вероятность P^* численно равна площади фигуры на рис.1, заштрихованной как бледной, так и густой сетками. При выводе формулы (4) величина w (см. рис.1) должна быть принята равной нулю.

Учитывая плотность распределения $\varphi(v)$ погрешности v и вероятность q появления встречного судна на траверзе нашего судна, на основе формулы полной вероятности из [4] получим

$$P_C = q \int_{r_B-L}^{r_B+L} P^* \varphi(v) dv. \quad (5)$$

С учетом закона Пуассона [4] вероятность появления встречного судна может вычисляться по формуле

$$q = 1 - \exp[-S/(V + V_B)T],$$

где S – длина фарватера;

V и V_B – скорости своего и встречного судов соответственно;

T – средний промежуток времени между двумя прохождениями судов по данному фарватеру.

Используя формулы (1), (3), (4) и (5), можно оценить вероятность своей навигационной безопасности плавания по фарватеру с учетом наличия ненаблюдаемого встречного судна. При наличии нескольких встречных судов потребуется преобразовать только формулу (5), что может быть выполнено на основе формулы полной вероятности [4]. Так, для двух встречных судов преобразованная формула (5) примет вид

$$P_C = q_1(1 - q_2)J_1 + q_2(1 - q_1)J_2,$$

где q_1 и q_2 – вероятности появления первого и второго встречного судов на траверзе своего судна соответственно;

J_1 и J_2 – значения интеграла в формуле (5), относящиеся к первому и второму судам соответственно.

В связи с тем, что в пределах интегралов (1) и (5) не учтена ширина судов, полученные зависимости могут использоваться тогда, когда ширина фарватера значительно больше ширины любого судна. В случае, когда это условие не выполняется, необходимо учесть следующие изменения.

Во-первых, в формуле (1) величина L уменьшается на половину ширины своего судна с учетом, если это необходимо, зоны безопасности. Во-вторых, вероятность столкновения судов оценивается как сумма вероятностей столкновений левыми и правыми бортами, каждая из которых вычисляется по формулам (4) и (5) с учетом следующих изменений пределов интегрирования. При столкновении левыми бортами (рис.2а) в формуле (4) из нижнего предела исключается $-\Delta$, а в формуле (5) устанавливается нижний предел $r_B - L - \Delta + 0,5B$ и верхний предел $r_B + L - \Delta - 0,5B$. При столкновении правыми бортами (рис.2б) следует в формуле (4) из верхнего предела исключить $+\Delta$, а в формуле (5) установить нижний предел $r_B - L + \Delta + 0,5B$ и верхний предел $r_B + L + \Delta - 0,5B$.

Необходимо отметить, что при установлении области интегрирования многими авторами не учитывается, как правило, ширина судна. В целях упрощения полученных зависимостей это будет применено ниже. При необходимости однако эти зависимости могут уточняться как указано выше.

Положения работы [3] с учетом сделанных в данной статье уточнений могут использоваться для оценки вероятности навигационной безопасности плавания при плохой видимости при выходе из строя РЛС или запрещения на ее использование в связи с установлением режима радиомаскировки. Не только в этом случае, но и в других ситуациях вероятность P_2 будет более объективно соответствовать процессу движения по фарватеру, чем вероятность P_1 .

Указанные положения могут использоваться при проектировании рекомендованных путей движения, разработке рекомендаций по прокладке траектории судна в пределах заданной полосы движения, планировании развертывания средств навигационного оборудования, выполнении навигационных расчетов на поход судна. При этом функция $\varphi(v)$ может выступать как вероятностная мера распределения судов по всей ширине фарватера, которая не обязательно связывается с погрешностями навигации. Эта мера может устанавливаться экспериментально путем наблюдения за движением судов или путем анализа навигационных прокладок, выполненных на большой группе судов. В ряде случаев в качестве подобной вероятностной меры может выступать и функция $f(u)$.

При этом условие ненаблюдаемости встречного судна не может являться недостатком рассматриваемого предложения, поскольку при решении указанных выше задач траектория движения встречного судна заведомо неизвестна и может рассматриваться только с вероятностных позиций.

Продолжим рассмотрение второго подхода для случая, когда средства наблюдения своего судна заблаговременно обнаруживают встречное.

Пусть в какой-то момент времени на фарватере с кромками $M_C M_B$ и $N_C N_B$ определено место C своего судна. И с помощью радиолокационной или гидроакустической станции получено относительное место B встречного судна (см.рис.1). Вследствие наличия погрешности определения места u место своего судна смещается из точки C в точку C_U . Погрешности измерения пеленга и расстояния между судами обуславливают появление погрешности v_1 относительного места встречного судна. Вследствие погрешности v_1 относительное место встречного судна смещается из точки B в точку B_V .

Суда, перемещаясь встречными курсами, сближаются на линии MN (см.рис.1). При этом вследствие ветрового дрейфа и течения они смещаются на величины w (свое судно) и v_2 (встречное судно). Величина v_2 может быть также обусловлена случайным изменением курса встречного судна. В результате место своего судна будет находиться в точке C_O , а относительное место встречного судна – в точке B_O .

Для оценки вероятности навигационной безопасности плавания необходимо использовать плотности распределения $f(u)$, $\varphi_1(v_1)$, $\varphi_2(v_2)$ и $\psi(w)$ случайных величин u , v_1 , v_2 и w .

Проекция D измеренного расстояния BC между судами на перпендикуляр к оси фарватера не зависит от погрешности u определения места своего судна. Погрешность проекции D выражается случайной величиной v_1 . Истинное расстояние D_O между судами на линии MN выражается зависимостью

$$D_O = D - v_1 - v_2 + w. \quad (6)$$

Сумма $v = v_1 + v_2$ выражает суммарную погрешность положения встречного судна относительно места C_U своего судна по направлению, перпендикулярному оси фарватера.

Плотность распределения $\varphi(v)$ этой погрешности может быть определена на основе плотностей распределения $\varphi_1(v_1)$ и $\varphi_2(v_2)$ по формулам для композиции законов распределения из [4]. Тогда по аналогии с формулой (4) и с учетом формулы (6) условная вероятность столкновения судов будет равна

$$P_C = \int_{D+w-\Delta}^{D+w+\Delta} \varphi(v) dv. \quad (7)$$

Вероятность P_C численно равна площади фигуры на рис.1, заштрихованной густой сеткой.

Аналогично формулы (1) может быть получена зависимость для условной вероятности нахождения своего судна в пределах фарватера

$$P_O = \int_{-L-r-w}^{L-r-w} f(u) du. \quad (8)$$

Погрешность w может выступать в качестве погрешности положения кромок фарватера. При этом, в отличие от [2], в данном случае обе кромки имеют одно и то же случайное смещение. Тогда на основе формулы полной вероятности из [4] можно выразить вероятность навигационной безопасности плавания в общем виде

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(w) P_o (I - P_c). \quad (9)$$

Подставив выражение $\psi(w)$ плотности распределения погрешности w , формулы (7) и (8) в равенство (9), можно оценить искомую вероятность навигационной безопасности плавания по фарватеру при обнаружении встречного судна с помощью радиолокационной или гидроакустической станции.

Аналогичным образом можно получить зависимость для вероятности навигационной безопасности плавания не только при обнаружении одного встречного судна, но и при других ситуациях, например, при обнаружении нескольких встречных судов, либо при обнаружении впереди идущих судов с малой скоростью и сзади идущих судов с большой скоростью. Можно получить зависимость для вероятности навигационной безопасности плавания не только одного своего судна, но и для группы судов, следующих по фарватеру.

Оценка вероятности навигационной безопасности плавания, полученная на момент обнаружения встречного судна, может служить основой для принятия решения на маневрирование с целью уклонения от встречного судна и невыхода за пределы фарватера. Для этого на судне следует предусмотреть установку модуля навигационной безопасности, который должен оснащаться базой необходимых исходных данных и программами оценки вероятности и выработки рекомендаций на маневрирование. Создание такого модуля представляет собой сложную научно-техническую задачу. Одним из шагов на пути ее решения могут считаться изложенные в данной статье предложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна. 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Транспорт, 1989. – 230 с.
2. Иванов Б.Е. Влияние неопределенности положения кромок фарватера на безопасность плавания // Записки по гидрографии.–2000.–N 249.–С.25–30.
3. Иванов Б.Е. Об оценке навигационной безопасности плавания по фарватеру // Записки по гидрографии. – 1998.– N 244. – С.13–19.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. 3-е изд., испр.– М.: Наука, 1964. – 576 с.



СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

ГРНТИ 78.25.31.35.29.31.29.33

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМОВ ОДНОЗНАЧНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ УГЛОВОЙ ОРИЕНТАЦИИ СУДНА ПО МНОГОЗНАЧНЫМ ОДНОМОМЕНТНЫМ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИМ ОТСЧЕТАМ ФАЗ СИГНАЛОВ ВСЕХ ВИДИМЫХ ИСЗ СРНС

М.А.ЛУКЬЯНОВА
(ВНИИРА),
Ю.И.НИКИТЕНКО
(ГМА им.адм.С.О.Макарова)

Рассматриваются известные принципы максимально правдоподобной оценки количества целых циклов в каждом из одномоментно измеренных интерферометрических отсчетов фаз сигналов видимых ИСЗ. С привлечением понятий многомерной геометрии обсуждается выявленный алгоритм, предусматривающий группирование ИСЗ в триады и тетрады.

1. Исходные принципы и соотношения. Параметры пространственной угловой ориентации (которые, в частности, входят в выражения истинного курса, крена, дифферента судна) обычно вычисляются по определяемым из измерений направляющим косинусам (НК) ортов баз закрепленных на объекте не менее двух двухантенных интерферометров с использованием, например, матриц [1].

1.1. Рассмотрим задачи определения НК b_χ, b_ν, b_ζ орта \bar{b} одной базы (направленного отрезка $\bar{l} = l \cdot \bar{b}$ между двумя приемными антеннами) в выбранной ортогональной системе координат χ, ν, ζ . В общем случае фазовые характеристики двух настроенных на несущую $f_\mu = c/\lambda_\mu$ антенно-приемных трактов интерферометра неидентичны, создавая аддитивную и почти постоянную за длительный сеанс работы составляющую $\varphi_{\Pi\mu}$. Пусть ведется прием сигналов от $m \geq 5$ видимых ИСЗ с предвычисленными на известные моменты времени ортами $\bar{r}_\mu = \bar{R}_\mu / R_\mu, \mu = 1, 2, i, j, k, \dots, \mu \dots m$) радиус-векторов,

направленных от центра базы интерферометра к ИСЗ. Одновременно по всем m ИСЗ с точностью до аддитивной шумовой гауссовой составляющей (со среднеквадратической погрешностью σ_φ , полагающейся неизменной для сигналов всех ИСЗ) получают фазовые отсчеты φ_μ , однозначные лишь в пределах от $-0,5$ до $0,5$ цикла. Полная же разность фаз наведенных в антеннах колебаний выражается далее как

$$\Phi_\mu = n_\mu + \varphi_\mu = \bar{b} \cdot \bar{r}_\mu \cdot l / \lambda_\mu + \varphi_{1\mu} = (b_\chi r_{\chi\mu} + b_\nu r_{\nu\mu} + b_\zeta r_{\zeta\mu}) \cdot l / \lambda_\mu + \varphi_{1\mu} = \phi_\mu + \varphi_{1\mu}, \quad (1)$$

где λ_μ – длина волны, зависящая от номера ИСЗ ГЛОНАСС, причем в GPS $\lambda_\mu = \lambda$ и $\varphi_{1\mu} = \varphi_\Pi$.

Числитель дробей равен проекции базы на орт ИСЗ (т.е. изменению расстояния, которое проходит фронт волны при движении между двумя антеннами), а n_μ – неизвестное число фазовых циклов, имеющее одно значение (из $2l/\lambda_\mu + 1$) в пределах от $-l/\lambda_\mu$ до $+l/\lambda_\mu$. Из-за конечности отношения длины l базы к расстоянию r до ИСЗ возникает методическая погрешность измерения фазы (до $30l^2/(R\lambda)$ град.), что пренебрежимо для интерферометра с базой порядка метров.

Вводя для GPS обозначение $\phi_\mu = \Phi_\mu - \varphi_\Pi$ и используя понятие обобщенного отсчета $H_\mu = (n_\mu + \varphi_\mu) \lambda_\mu / l = \lambda_\mu \Phi_\mu / l = h_\mu + h_\Pi$ (где $h_\mu = \lambda_\mu \phi_\mu / l$, $h_\Pi = \lambda_\mu \varphi_\Pi / l$), можно (1) записать m строками линейных уравнений $b_\chi r_{\chi\mu} + b_\nu r_{\nu\mu} + b_\zeta r_{\zeta\mu} + h_\Pi = H_\mu$ или в матричной форме

$$\underline{PB} = \underline{H}, \quad (2)$$

где \underline{P} – матрица из m строк ρ_μ в каждой из которых четыре (три НК орта ИСЗ и единица) или три (при заведомо идентичных приемных трактах, т.е. $\varphi_\Pi = 0$) элемента;

\underline{B} – матрица-столбец из четырех (НК орта базы и h_Π) или трех элементов;

\underline{H} – матрица столбец из m элементов.

Система (2) кроме искоемых параметров НК b_χ, b_ν, b_ζ и инструментальной погрешности h_Π содержит искомый набор m целых чисел n_μ циклов в каждом отсчете. В СРНС GPS этот набор будет единственным во множестве из $(2l/\lambda + 1)^m$ всевозможных наборов. Множество двухметровой базы ($l/\lambda \approx 10$) при $m=5$ включает около $4 \cdot 10^6$ наборов, а при $m=2$ – около 400.

1.2. Для облегчения освоения (как и построения) теории алгоритмов угловой ориентации методически целесообразно сначала сосредоточить внимание на особенностях решения задачи для GPS в предположении, что истинный набор чисел n_μ известен, затем рассматривать задачу при $\varphi_\Pi = 0$ и лишь на последнем этапе учесть, что $\varphi_\Pi \neq 0$.

1.3. Следует обратить внимание на то, что система (2) выражается точно так же, как и в [2, 3] линеаризованная система определения трех координат объекта по квазидальномерным измерениям до m излучателей (можно далее к этой системе соотносить обозначение “КД”). А случай $h_{\Pi}=0$ соответствует идеальному дальномеру (“ИД”). Исключить влияние неидентичности приемных трактов ($h_{\Pi} \neq 0$) можно образовав не менее $m-1$ линейно независимых (и не более $m(m-1)/2$ линейно зависимых) разностей строчек (2) – по аналогии с образованием разностнодальномерного (“РД”) алгоритма местопределений.

1.4. Существенное сокращение выкладок достигается при использовании модификации [4] рекуррентного процесса Грамма-Шмидта построения ортогональной системы координат, где в качестве орта одной из координатных осей (пусть оси χ) выбирается орт некоторого ИСЗ с индексом i . Плоскость $\chi O \nu$ совмещается со вторым ИСЗ с индексом j . Меньший 180° угол между ортами взятых ИСЗ обозначим γ_{ij} , а его синус и косинус – как S_{ij} и $Q_{ij} = \bar{r}_i \bar{r}_j$.

Орт третьей оси ζ пропорционален векторному произведению ортов двух других осей.

1.5. Особо упрощаются соотношения при $h_{\Pi}=0$, когда строки системы (2) приобретают свойственный “ИД” вид $\bar{b} \cdot \bar{r}_\mu = H_\mu$ или $b_\chi r_{\mu\chi} + b_\nu r_{\mu\nu} + b_\zeta r_{\mu\zeta} = H_\mu$.

При $m=2$ в получившейся системе координат линейная система (2) дает относительно осей χ и ν значения НК $b_\chi = H_i, b_\nu = (H_j - H_i Q_{ij})/S_{ij}$, а третий НК выражается неоднозначно как $b_{\zeta(m=2)} = \pm(1 - b_\chi^2 - b_\nu^2)^{1/2}$.

При $m=3$ первые два НК выражаются как и при $m=2$, а третьему НК соответствует однозначная формула с использованием орта третьего ИСЗ, обозначаемого индексом k , и объема $V = (\bar{r}_i \bar{r}_j \bar{r}_k)$, построенного на ортах трех ИСЗ

$$b_{\zeta(m=3)} = [H_i (Q_{ij} Q_{jk} - Q_{ki}) + H_j (Q_{ki} Q_{ij} - Q_{jk}) + H_k S_{ij}^2] / (VS_{ij}).$$

1.6. Система (2) при $m>3$ для “КД” (при $m>2$ для “ИД”) может [5] решаться по методу наименьших квадратов (МНК). Приравняв нулю частные производные от суммы ε_m квадратов невязок измеренных и аналитически выраженных величин

$$\varepsilon_m = \sum_{\mu=1}^m (H_\mu - b_\chi r_{\chi\mu} - b_\nu r_{\nu\mu} - b_\zeta r_{\zeta\mu} - h_{\Pi})^2 = (\underline{H} - \underline{PB})^T (\underline{H} - \underline{PB}), \quad (3)$$

по элементам матрицы \underline{B} получим системы линейных уравнений для “ИД” при заведомо нулевом значении $h_{\Pi} = \varphi_{\Pi} \lambda / l = 0$:

$$\begin{bmatrix} A_\chi & B_\chi & C_\chi \\ A_\nu & B_\nu & C_\nu \\ A_\zeta & B_\zeta & C_\zeta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_\chi \\ b_\nu \\ b_\zeta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_\chi \\ D_\nu \\ D_\zeta \end{bmatrix},$$

где все коэффициенты системы выражаются суммой вида $Q = \sum_{\mu=1}^m U_\mu W_\mu$ с множителями, задаваемыми в следующей табличной форме

Q	A_χ	B_χ	C_χ	A_ν	B_ν	C_ν	A_ζ	B_ζ	C_ζ	D_χ	D_ν	D_ζ
U	r_χ	r_χ	r_χ	r_ν	r_ν	r_ν	r_ζ	r_ζ	r_ζ	H	H	H
W	r_χ	r_ν	r_ζ	r_χ	r_ν	r_ζ	r_χ	r_ν	r_ζ	r_χ	r_ν	r_ζ

и для “КД” с оценкой $h_\Pi = \varphi_\Pi \lambda / l \neq 0$:

$$\begin{bmatrix} A_\chi & B_\chi & C_\chi & E_\chi \\ A_\nu & B_\nu & C_\nu & E_\nu \\ A_\zeta & B_\zeta & C_\zeta & E_\zeta \\ E_\chi & E_\nu & E_\zeta & m \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_\chi \\ b_\nu \\ b_\zeta \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_\chi \\ D_\nu \\ D_\zeta \\ D_d \end{bmatrix}$$

с такими же, как обозначенными выше коэффициентами с добавлением коэффициентов $\Gamma_\chi, \Gamma_\nu, \Gamma_\zeta, D_d$, которые равны сумме от $\mu=1$ до $\mu=m$ величин соответственно $r_{\chi\mu}, r_{\nu\mu}, r_{\zeta\mu}, H_\mu$.

Решение этих уравнений имеет вид

$$\underline{B} = (\underline{P}^T \underline{P})^{-1} \underline{P}^T \underline{H} = \underline{G}^{-1} \underline{P}^T \underline{H}, \quad (4)$$

где $\underline{G} = \underline{P}^T \underline{P}$ – квадратная матрица с одинаковым числом строк и столбцов.

Апробированные в [2] представления систем трех уравнений для “РД” с исключением неизвестной величины $h_\Pi = \varphi_\Pi \lambda / l \neq 0$ за счет образования разностей строк (1) имеет такой же вид, как и для “ИД”, но все коэффициенты выражаются как $Q = \sum_{\mu=1}^{m-1} (U_\mu - U_o)(W_\mu - W_o)$.

МНК-решение (4) дает искомые оценки направляющих косинусов НК b_χ, b_ν, b_ζ , т.е. векторную оценку орта \bar{b} базы, совпадающую при безошибочных отсчетах φ_μ с истинным ортом базы.

1.7. Случай откалиброванных антенно-приемных трактов интерферометра ($\varphi_\Pi=0$) заслуживает методически пристального рассмотрения, во-первых, потому, что неидентичность антенно-приемных трактов должна быть достаточно стабильной, а интервал между операциями калибровки – велик. И, во-вторых, в паузах между эпизодическими режимами калибровки для уменьшения вычислительных затрат в аппаратуре потребителя можно ис-

пользовать существенно более простые "ИД" алгоритмы, которые соответствуют известному φ_{Π} (что алгоритмически эквивалентно $\varphi_{\Pi}=0$).

Калибровка φ_{Π} может выполняться, по-видимому, двояко. Во-первых, по алгоритму "КД"-МНК. Здесь найденная оценка φ_{Π} и может играть роль калиброванного значения.

Во-вторых, можно сформировать "РД" отсчеты, устранить многозначность как и в алгоритме "ИД" и получить оценки НК орта базы. Тогда каждая строка (1) даст оценки $\varphi_{\Pi\mu}$, среднее значение которых и явится результатом калибровки.

1.8. При неизвестных наборах целых чисел циклов МНК решения (4) после подстановки в (3) дадут в сумме квадратов невязок ε_m множество минимумов, соответствующих возможным комбинациям m целых чисел n_{μ} . Минимуму-минимуму соответствуют максимально правдоподобные искомые параметры $b_x, b_y, b_z, \varphi_{\Pi}$ и одна комбинация m целых чисел n_{μ} . Причем, что принципиально важно, эти числа должны входить и в ансамбли наборов, получавшихся при меньшем числе $m-1, m-2, m-3...$ ИСЗ. Сравнение наборов и оценок НК может в принципе осуществляться при использовании рекуррентных соотношений МНК [6]

$$\varepsilon_m = \varepsilon_{m-1} + \frac{(H_m - P_m^T B_m)^2}{g_m}, \quad B_m = B_{m-1} + G_{m-1}^{-1} P_m^T (H_m - P_m^T B_{m-1}) / g_m,$$

$$G_m = G_{m-1} + \frac{\rho_m^T \rho_m}{g_m}, \quad G_{m-1}^{-1} - (G_{m-1}^{-1})^T \frac{\rho_m^T \rho_m}{g_m} G_{m-1}^{-1} / g_m, \quad g_m = 1 + \frac{\rho_m^T G_{m-1}^{-1} \rho_m}{g_m}.$$

2. Алгоритмы максимального правдоподобия. Базируясь на изложенном выше, выделим принципиально методически важные алгоритмы патентов [7,8].

2.1. В [7] МНК реализуется на завершающих этапах поиска истинной комбинации чисел целых циклов. На первом этапе здесь формируется (из условия равенства единице суммы квадратов полученных по двум ИСЗ оценок НК орта базы) начальный рабочий ансамбль из около 400 возможно истинных комбинаций пар чисел n_i и n_j .

На втором этапе для любой отдельной комбинации пары этих чисел рассчитывается модуль $\Delta b_z = b_{z(m=3)} - b_{z(m=2)}$ для каждого (соответствующего третьему ИСЗ) возможного числа n_k в пределах от $-l/\lambda$ до $+l/\lambda$. По результатам сопоставления с порогом делается одно из двух заключений: если находится n_k , при котором модуль Δb_z меньше порога, то это число n_k и пара чисел n_i и n_j остаются в ансамбле потенциально возможных истинных комбинаций, если же при любом n_k эти модули для пары n_i и n_j превышают порог – эта комбинация исключается как ложная. Однако, как показано в [9], при переходе от первого этапа ко второму по критерию оценки модуля $\Delta b_z = b_{z(m=3)} - b_{z(m=2)}$ должны возникать непреодолимые трудности в «назначении» порогового уровня (из-за того, что соответствующие аналитические

формулы содержат величины, терпящие разрыв непрерывности при некоторых взаимных положениях ИСЗ и базы интерферометра). При этом должна повышаться и вероятность пропуска истинного решения. Последующие этапы обработки в [7] (базирующиеся на сравнении величин ε_m при нарастании числа m) могут дать не одно, а несколько наборов целых чисел. Тогда рекомендуют провести наблюдения в течение некоторого времени, за которое конфигурация взаимного расположения ИСЗ и базы интерферометра существенно изменится. Лишь только для истинного набора целых чисел величина модуля Δb_ζ не будет изменяться; для всех ложных наборов этот модуль превысит порог.

2.2. В алгоритме [8] недостаток первого этапа [7] исключается за счет отказа от создания начального рабочего ансамбля потенциально возможно истинных наборов. Оценка истинности или ложности потенциально возможного набора чисел целых циклов в фазовых отсчетах нарастающего количества ИСЗ производится по критерию максимального правдоподобия с использованием модификации фильтра Калмана, сложность алгоритма которого примерно соответствует рекуррентным соотношениям МНК п.1.8. Моделирование случая $l/\lambda=10$ при сравнительно малых погрешностях измерения фазы показали сравнительно большое время счета причем более чем в 10% не было получено истинного решения.

Как видно, отказ в [8] от формирования начального рабочего ансамбля наборов потенциально возможно истинных чисел не явился радикально эффективным средством.

2.3. Общей чертой метода [8] и последних этапов метода [7] является то, что ансамбль чисел целых циклов фазовых отсчетов по всем ИСЗ рассматривается как совокупность случайных величин, истинность или ложность набора которых определяется на каждом шаге с обязательной оценкой орта базы традиционными громоздкими статистическими алгоритмами максимального правдоподобия.

3. Алгоритм определения искомого набора чисел по ИСЗ, группированных в триады и тетрады. Задачу поиска искомого набора m целых чисел циклов можно интерпретировать с использованием понятий m -мерного пространства, где каждая из m координатных осей оцифрована либо в значениях полных фазовых отсчетов (1) от $-l/\lambda - 0,5$ до $+l/\lambda + 0,5$ (либо нормированных отсчетов (2) в пределах, несколько выходящих за интервал от -1 до $+1$). Вытекающим (из приведенных в пп. 1.1 – 1.5 соотношений) функциям взаимосвязи различных комбинаций $\mu < m$ координат при $\sigma_\varphi \rightarrow 0$ соответствуют некоторые μ -мерные поверхности, пересечение которых содержит истинный набор целых чисел. При $\sigma_\varphi > 0$ вместо поверхностей придется иметь дело со слоями, толщина которых определяется допуском погрешностей пусть в пределах $\pm 3\sigma_\varphi$. Процессы в рассмотренных выше методах [7, 8] можно лишь с трудом интерпретировать как использующие в неявном виде

поверхностные слои, соответствующие нарастающим значениям μ с трудно определяемым пороговым условием назначения толщины слоев.

В [9, 10] в явном виде и с четким определением пороговых условий формируются поверхностные слои, соответствующие тройкам (триадам) и четверкам (тетрадам) ИСЗ. Следуя п.1.2, рассматриваем случай $\varphi_{\Pi} = 0$.

3.1. Формирование трехмерных эллипсоидальных слоев.

3.1.1. Для формирования первого такого слоя выбирается триада ИСЗ с близким к единице объемом $V_{ijk} = (\bar{r}_i \bar{r}_j \bar{r}_k)$. Анализируя выражение для модуля разности единицы и суммы квадратов найденных в п.1.4 НК $b_x, b_y, b_{z(m=3)}$ можно, развивая [9], установить следующее условие для включения значений трех чисел n_i, n_j и n_k в начальный рабочий ансамбль потенциально возможных истинных наборов чисел целых циклов по одновременно измеренным фазовым “точным” отсчетам $\varphi_i, \varphi_j, \varphi_k$, полученным с погрешностью в пределах $\pm 3\sigma_\varphi$

$$\begin{vmatrix} 1 & Q_{ij} & Q_{ki} & n_i + \varphi_i \\ Q_{ij} & 1 & Q_{jk} & n_j + \varphi_j \\ Q_{ki} & Q_{jk} & 1 & n_k + \varphi_k \\ n_i + \varphi_i & n_j + \varphi_j & n_k + \varphi_k & 1 \end{vmatrix}^2 < 36(M_i^2 + M_j^2 + M_k^2)\sigma_\varphi^2, \quad (5)$$

где M_μ – минор элемента $(n_\mu + \varphi_\mu)$ четвертого столбца.

При любом расположении ИСЗ и интерферометра уровень порога находится надежно, что не должно – как в [7] – вызывать потери истинной комбинации чисел n_i, n_j и n_k .

Если на осях некоторой декартовой системы координат откладывать значения $n_i + \varphi_i, n_j + \varphi_j, n_k + \varphi_k$, то условию (5) соответствует некоторый объем между двумя эллипсоидами. В предположении ортогональности трех ортов ИСЗ, когда все $Q=0$, условие (5) представляет две сферы с радиусами $l/\lambda - 3\sigma_\varphi$ и $l/\lambda + 3\sigma_\varphi$. Объем сфероидального слоя равен $24\pi(l/\lambda)^2$ и относится к объему куба со стороной $2l/\lambda$ (содержащего первоначально возможный ансамбль потенциально истинных решений) как $3\pi(l/\lambda)\sigma_\varphi$. При $l/\lambda=10$ первоначально возможный ансамбль составляет около 8000 вариантов, а после тестирования по условию (5) при $\sigma_\varphi=5^\circ$ сократится примерно в 70 раз. Таким образом, после использования информации о сигналах трех ИСЗ, можно методом перебора образовать начальный ансамбль в количестве 100–200 потенциально возможных наборов n_i, n_j, n_k , которые содержатся в эллипсоидальном слое и среди которых имеется один истинный.

3.1.2. Для исключения далее операций перебора следует перейти к п.3.2.

3.1.3. Можно методом перебора продолжить тестировать по условию (5) новую триаду ИСЗ с прошедшими отбор индексами i, j и с заменой индекса k на (по очереди) новый (μ) индекс и на каждом шаге уменьшать количество наборов с парами чисел n_i, n_j , среди которых обязательно содержится истинная пара этих чисел. При благоприятных условиях на $(m-2)$ -шаге останется одна искомая пара чисел n_i, n_j , которой в полученных на предыдущих шагах наборах троек чисел будут соответствовать истинные искомые значения иных n_μ . Можно повторить такие процедуры перебора начав с новой триады (с отличными от i, j, k индексами).

Все эти операции перебора эквивалентны определению элемента объема, образованного пересечением соответствующих трехмерных эллипсоидов в m -мерном пространстве.

Любопытно, что здесь можно дать и адекватную интерпретацию в реальном трехмерном пространстве с ортогональной системой осей координат, представляющих три НК. Каждой триаде будет соответствовать свой эллипсоидальный слой и их пересечение определит истинное значение НК, по которым можно рассчитать и искомый набор целых чисел. Заметим, что такую интерпретацию в реальном пространстве нельзя дать в следующем п.3.2.

3.2. Формирование четырехмерных плоских слоев, соответствующих тетрадам ИСЗ. В процессе трудоемких выкладок, отраженных в [9], удалось выявить ранее неизвестную в интерферометрии простую закономерность, которую – ввиду ее важности и эффективности для решения обсуждаемой задачи – можно назвать теоремой [11].

Для ее доказательства достаточно учесть, что любые четыре вектора (и, следовательно орты $\bar{r}_i, \bar{r}_j, \bar{r}_k, \bar{r}_\mu$) связаны линейным соотношением $V_{ijk}\bar{r}_\mu = V_{ijk}\bar{r}_i + V_{i\mu k}\bar{r}_j + V_{ij\mu}\bar{r}_k$, где каждый из объемов должен отличаться от нуля, чтобы тетрада была информативной для процесса устранения многозначности. Подставляя это выражение в (1) с $\varphi_{\Pi} = 0$, получим искомое выражение

$$\lambda_\mu V_{ijk} \Phi_\mu = \lambda_i V_{ijk} \Phi_i + \lambda_j V_{i\mu k} \Phi_j + \lambda_k V_{ij\mu} \Phi_k, \quad (6)$$

которое в случае GPS приводится к виду

$$(n_i + \varphi_i) V_{jk\mu} + (n_j + \varphi_j) V_{ik\mu} + (n_k + \varphi_k) V_{ij\mu} - (n_\mu + \varphi_\mu) V_{ijk} = \delta_n, \quad (7)$$

где δ_n – погрешность левой части при $\sigma_\varphi = 0$.

Формула [7] позволяет (без операций перебора) явно вычислить оценку целого числа n_μ по ранее отобраннным n_i, n_j, n_k , задаваясь приемлемым (для выполнения операций округления) пороговым значением модуля погрешности δ_n . Этот порог, соответствующий правилу $3\sigma_\varphi$, легко устанавливается в виде

$$\delta_n^2 \leq 9[V_{ijk}^2 + V_{jk\mu}^2 + V_{i\mu k}^2 + V_{ij\mu}^2] \sigma_\varphi^2. \quad (8)$$

Если пороговое условие (7) нарушается, то комбинация чисел n_i, n_j, n_k с получаемой по (7) оценкой n_μ исключаются из дальнейшего процесса тестирования. Соотношения (7, 8) не требуют оценок направляющих косинусов НК и выполнения операции перебора целых чисел циклов в отсчетах ИСЗ с индексами, отличными от i, j, k , что необходимо в [7, 8]. После тестирования всех тетрад можно вернуться к п.3.1.3, осуществляя перебор существенно уменьшившегося количества наборов чисел n_i, n_j, \dots . Как только в процессе тестирования выявляется лишь один набор из m целых чисел в фазовых отсчетах – он и считается истинным.

Преимущества [9, 10] в сравнении с [8] подтверждены моделированием.

3.3. Полученные выше формулы (5), (7), (8) соответствуют условию $\lambda_\mu = \lambda, \varphi_{\Pi} = 0$. Их можно распространить и на рассматриваемый в п.3.4 случай $\lambda_\mu \neq \lambda, \varphi_{\Pi\mu} = 0$, если: а) в матрице (5) элементы вида $n_\mu - \varphi_\mu$ с $\mu = i, j, k$ умножить на λ_μ/i ; б) в выражениях (7) и (8) $V_{ijk}, V_{\mu jk}, V_{i\mu k}, V_{ij\mu}$ умножить соответственно $\lambda_{i\mu}, \lambda_i, \lambda, \lambda_k$.

С учетом вышеизложенного всю совокупность формул и правил определения истинного набора целых чисел фазовых циклов при $\varphi_{\Pi\mu} = 0$ методически целесообразно представлять в обобщенном виде оператором

$$L(l, \dots, \bar{r}_\mu \dots \varphi_\mu \dots \lambda_\mu) = \bar{b} = (b_\chi, b_\nu, b_\zeta) \text{ или } N(l, \dots, \bar{r}_\mu \dots \varphi_\mu \dots \lambda_\mu) = (n_i, n_j, n_k, \dots, n_m)_{\text{ист}}. \quad (9)$$

В процессе движения целесообразно вести непрерывное слежение за однозначной величиной Φ_μ для получения текущей оценки \bar{b} орта базы. При возникновении радиовидимости нового q -го ИСЗ можно целое число n_q определить как результат округления величины $\bar{b} r_q l / \lambda_q - \varphi_q$.

3.4. Рассмотрим принципы исключения влияния φ_{Π} в GPS. Учитывая, что φ_{Π} может содержать n_Δ циклов, обозначим $\varphi_{\Pi} = n_\Delta + \varphi_\Delta$ и, используя обозначение для первичных отсчетов $\varphi_\mu + \varphi_\Delta = \varphi_\mu^{\text{изм}}$, можно переписать (1) в виде

$$\Phi_\mu = \phi_\mu + \varphi_{\Pi} = n_\mu + n_\Delta + \varphi_\mu^{\text{изм}} = (b_\chi r_{\mu\chi} + b_\nu r_{\mu\nu} + b_\zeta r_{\mu\zeta}) \cdot l / \lambda + n_\Delta + \varphi_\Delta. \quad (10)$$

Для исключения $\varphi_{\Pi} = n_\Delta + \varphi_\Delta$ достаточно использовать разности равенств (10) при различных номерах $k < \mu \leq m$ ИСЗ

$$\Phi_{\mu k} = \Phi_\mu - \Phi_k = n_\mu - n_k + \varphi_\mu - \varphi_k = \frac{\bar{r}_\mu - \bar{r}_k}{|\bar{r}_\mu - \bar{r}_k|} \cdot \bar{b} \cdot \frac{|\bar{r}_\mu - \bar{r}_k|}{\lambda} \cdot l = \bar{r}_{\mu k} \cdot \bar{b} \cdot \frac{l}{\lambda_{\mu k}}. \quad (11)$$

Из сопоставления с (1) вытекает, что в (11) разностный отсчет $\varphi_{\mu k} = \varphi_\mu - \varphi_k$ эквивалентен дробной части полной разности фаз (1) по фик-

тивному ИСЗ с исходящим из начала координат ортом $\bar{r}_{\mu k} = \frac{\bar{r}_{\mu} - \bar{r}_k}{|\bar{r}_{\mu} - \bar{r}_k|}$ и фик-

тивной длиной волны $\lambda_{\mu k} = \frac{\lambda}{|\bar{r}_{\mu} - \bar{r}_k|}$. Ограничимся рассмотрением ансамбля

(10), в котором нет равенств $|\bar{r}_{\mu} - \bar{r}_k| \ll l$. Общее количество используемых равенств (11) может достигать $0,5m(m-1)$, что при $m=5\div 6$ соответствует $10\div 15$ "фиктивных" ИСЗ. (Если бы дальнейшие операции были линейными, следовало бы использовать $m-1$ равенств). К ансамблю отсчетов (10) применим оператор (9), причем следует использовать те четверки разностных ортов $\bar{r}_{k\mu}$, среди которых нет компланарных, приводящих к нулевым объемам V . Например, четверка реальных ортов ИСЗ с номерами 1, 2, 3, 4 порождает три таких четверки разностных ортов с индексами 41, 12, 23, 34 ; 42, 23, 31, 14; 43, 31, 12, 24. Пятерка ИСЗ дает пять тетрад реальных ортов, каждая из которых порождает три тетрады разностных ортов (15 тетрад разностных ортов) плюс тетраду разностных ортов с индексами 51, 52, 53, 54. Созвездие шести реальных ИСЗ может оказаться достаточным для надежной оценки целых чисел в разностных отсчетах (11).

После подстановки этих целых чисел в (11) перейдем к аналогичным (2) нормированным "РД" отсчетам $H_{\mu o} = H_{\mu} - H_o = \lambda_{\mu o} \Phi_{\mu o} / l$, произведя перенумерацию строк: обозначая "o" индекс общего вычитаемого и учитывая, что останется $m-1$ "РД" уравнений. Приравнявая нулю производные по $b_{\chi}, b_{\nu}, b_{\zeta}$ от суммы квадратов разностей $H_{\mu o} = (\bar{r}_{\mu} - \bar{r}_o) \bar{b}$ получим систему трех уравнений (МНК-"РД"), решение (4) которой (при наличии подходящего созвездия ИСЗ) дает искомые оценки (обозначенные $\hat{b}_{\chi}, \hat{b}_{\nu}, \hat{b}_{\zeta}$) без оценки величины неизвестной постоянной разности фазовых задержек φ_{Δ} .

3.5. Алгоритмическая калибровка (определение) постоянной за длительное время разности трактовых задержек φ_{Π} интерферометра GPS должна - как вытекает из равенств (10) - использовать априорную (для процесса калибровки) информацию о направляющих косинусах орта базы. Идеальные условия калибровки можно воссоздать при размещении интерферометра на неподвижном полевом стенде, обеспечивающем минимальные погрешности оценок $\hat{b}_{\chi}, \hat{b}_{\nu}, \hat{b}_{\zeta}$. Подставляя эти оценки в (10) получим m оценок разностей трактовых задержек и математическое ожидание этих оценок

$$\varphi_{\Pi}(\mu) = \left(\left(\varphi_{\mu}^{изм} - (\hat{b}_{\chi} r_{\mu\chi} + \hat{b}_{\nu} r_{\mu\nu} + \hat{b}_{\zeta} r_{\mu\zeta}) l / \lambda \right) \right); \quad \hat{\varphi}_{\Pi} = \frac{1}{m} \sum \varphi_{\Pi}(\mu), \quad (12)$$

где $((x)) = x - \|x\|$, а $\|x\|$ - результат округления величины x .

Благоприятным обстоятельством является отсутствие необходимости в определении истинного целого числа циклов n_Δ в φ_Π , поскольку в операторе (9) алгоритм (п.п.3.1 и 3.2) выдает однозначную оценку ортов по ансамблю $\varphi_\Pi = \varphi_\mu^{изм} - \varphi_\Delta$. истинное же значение числа n_μ в (1) определяется как

$$n_\mu = \left\| \left(\widehat{b}_\chi r_{\mu\chi} + \widehat{b}_\nu r_{\mu\nu} + \widehat{b}_\zeta r_{\mu\zeta} \right) l / \lambda \right\| + \widehat{\varphi}_\Pi - \varphi_\mu^{изм}. \quad (13)$$

В реальных условиях эксплуатации "априорная" информация для процесса калибровки получается по п.3.4; это обуславливает необходимость подстановки в (12) оценок направляющих косинусов, полученных по разностным отсчетам.

Результаты калибровки можно протестировать двояко. Во-первых, после выполнения (12), (13) в рамках гипотезы, что значение φ_Δ определено точно и (10) превращается в (2), т.е. Φ_μ в ϕ_μ , можно составить и решить систему уравнений "ИД". Полученные по этому тесту оценки $\widehat{b}_\chi, \widehat{b}_\nu, \widehat{b}_\zeta$ должны незначимо отличаться от "РД" оценок. Во вторых, можно проверить гипотезу, что (12) дает оценку $\widehat{\varphi}_\Delta$, отличную от истинного значения на постоянную малую величину $\delta\varphi$. Переходя к нормированным отсчетам обозначим $H_\mu = (n_\mu + \varphi_\mu^{изм} - \widehat{\varphi}_\Delta) l / \lambda \dots d = \lambda \delta\varphi / l$ и по МНК сопоставим ансамблю (10) сумму всех квадратов $H_\mu - \bar{r}_\mu \cdot \bar{b} - d$, которую минимизируем значениями четырех параметров $\widehat{b}_\chi, \widehat{b}_\nu, \widehat{b}_\zeta, d$. Получится "КД" система четырех линейных уравнений. Ее решение по оценкам направляющих косинусов должны совпасть с "РД" оценками, а оценка d должна незначимо отличаться от нуля. Этот вывод вытекает из доказанного в [2, 3] утверждения об одинаковости результатов оценки координат объекта по "РД" и "КД" алгоритмам (естественно в условиях, когда целые числа n_μ стали известны). После того, как с помощью (12), (13) удалось перейти к уравнениям (10) с известными n_μ , эти уравнения и становятся "квазидальномерными".

3.6. Оценка текущего φ_Π после выполненной в момент t_0 калибровки может вестись при $t > t_0$ путем непрерывного отслеживания полных фазовых отсчетов $\widehat{\Phi}_\mu(t) = \widehat{n}_\mu(t) + \widehat{\varphi}_\mu(t)$ без привлечения соотношений (12), (13). Можно базироваться на теореме отсчетов (6) по тетрадам (четверкам) ИСЗ.

В системе GPS $\lambda_\mu = \lambda$, тогда после подстановки $\Phi_p = \widehat{\Phi}_p - \Delta\varphi_\Delta$ в (6) получим искомую оценку разности фазовых задержек по одной тетраде ИСЗ $\Delta\varphi_\Delta = (V_{\mu jk} \widehat{\Phi}_i + V_{i\mu k} \widehat{\Phi}_j + V_{ij\mu} \widehat{\Phi}_k - V_{ijk} \widehat{\Phi}_\mu) / (V_{\mu jk} + V_{i\mu k} + V_{ij\mu} - V_{ijk})$.

Усреднение по ансамблю возможных тетрад ИСЗ видимого созвездия повысит точность оценки.

3.7. Калибровка "неподвижного" интерферометра (т.е. не меняющего своего положения относительно горизонтной или орбитальной системы

координат, в которой обеспечивается предвычисление направляющих косинусов ортов ИСЗ) может базироваться на ансамбле разномоментных однозначных отсчетов по сигналам $m \geq 2$ ИСЗ. Однозначные оценки направляющих косинусов получаются по алгоритмам [5]. Подставляя оценки $\widehat{b}_x, \widehat{b}_y, \widehat{b}_z$ в формулы (12) получим оценку математического ожидания разности трактовых задержек в GPS. При работе по сигналам ГЛОНАСС первая формула (12) после замены $n_\Delta, \lambda, \varphi_\Delta$ на $n_{\mu\Delta}, \lambda_\mu, \varphi_{\mu\Delta}$ дает оценку задержек для "литерных" несущих.

4. Калибровка подвижного интерферометра СРНС ГЛОНАСС, т.е. определение m разностей фазовых задержек $\varphi_{\mu\Delta} = \Delta\Phi_\mu - n_{\mu\Delta}$ для пар каналов приема сигналов с неодинаковыми несущими частотами $f_\mu = c/\lambda_\mu$ ГЛОНАСС невозможно из-за неодинаковости значений $\varphi_{\Pi\mu}$ в (1). Использование совмещенного приемоиндикатора GPS-ГЛОНАСС позволяет осуществить операцию калибровки каналов приема ГЛОНАСС.

5. Заключительные замечания. Алгоритм [9, 10] обладая положительными качественными различиями по сравнению с [7, 8], предусматривает группирование видимых m ИСЗ в триады и тетрады для формирования в n -мерном пространстве соответственно трехмерных эллипсоидальных и четырехмерных плоских слоев, пересечение которых ограничивает объем, содержащий искомый набор целых чисел фазовых циклов. Интерпретация алгоритмов [9, 10] в терминах понятий многомерной геометрии несет возможность совершенствования методики их изложения и достижения обобщенных количественных оценок. Результатам этих исследований планируется посвятить отдельные работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитенко Ю.И. Расширение круга навигационно-динамических параметров, оцениваемых по фазе сигналов спутниковых РНС // Навигация и гидрография. 2000, № 10.
2. Егоров Е.В., Никитенко Ю.И. Сравнение дальномерного и разностно-дальномерного методов местопределения в РНС с методом А.Ф.Смирновского. Вопросы радиоэлектроники. Серия общетехническая. Вып.5., 1973, с.3–10.
3. Боллошин С.Б. и др. РНС СДВ диапазона. Под ред. П.В.Олянюка, Головушкина Г.В.– М.: Радио и связь, 1985, 264 с.
4. Устинов А.В., Никитенко Ю.И. К определению угловой ориентации судна по сигналам двух ИСЗ // Радионавигация и время. 1993. № 1,2.
5. Лукьянова М.А., Никитенко Ю.И. Определение угловой пространственной ориентации двухантенного интерферометра по сигналам не менее трех ИСЗ СРНС // Радионавигация и время. 1993, № 1,2.
6. К.Хартман и др. Планирование эксперимента в исследованиях технологических процессов.– М.: Мир, 1977, 552 с.
7. Hatch R.R. Us patent 4.963.889, октябрь 1990.
8. Knight D.T. Us patent 5.296.861, март 1994.
9. Никитенко Ю.И., Лукьянова М.А. Геометрические особенности задачи ориентации интерферометра по одномоментным неоднозначным отсчетам фазы сигналов ССРНС // Радионавигация и время. 1997, №1, 2.
10. Лукьянова М.А., Никитенко Ю.И. А.с.№ 9610645909(010831), январь 1997.
11. Водиев В.Т. и др. Математический словарь высшей школы. – М. Изд-во МПИ, 1988. С.527.
12. Лукьянова М.А., Никитенко Ю.И. Алгоритм однозначного определения оси неподвижного объекта по разномоментным измерениям фаз сигналов ИСЗ // Радионавигация и время. 1996. № 1,2, с. 34-37.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО МИНИМУМ ПОГРЕШНОСТИ МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ В ЛОКАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

**Г.А.СЕМЕНОВ,
С.Б.БОЛОШИН,
С.П.ЗАРУБИН,
С.Б.ПИСАРЕВ
(РИРВ)**

Решается задача нахождения оптимального распределения положений наземных передающих станций мобильной радионавигационной системы (МРНС), минимизирующей погрешность местоопределения в заданной области, при работе системы в дальномерном или разностнодальномерном режимах.

В современных условиях достаточно часто возникает задача оперативного развертывания МРНС вокруг или вдоль границ локальной области применения специальных (в том числе и гидрографических) работ, позволяющей подвижным объектам определять свое местоположение в этой области с наименьшей погрешностью.

В данной задаче под зоной действия МРНС будем понимать область, центр которой с априорными координатами φ_o, λ_o расположен на заданном расстоянии R_o от линии фронта (или какой-либо МРНС) и в котором система обеспечивает наивысшую точность местоопределения.

Дисперсия погрешности местоопределения σ_M^2 в точке с заданными координатами φ_o, λ_o в МРНС определяется согласно [1] как

$$\sigma_M^2 = SpP, \tag{1}$$

где S_p – след матрицы $P = (H^T B^{-1} H)^{-1}$;

H – матрица измерений;

B – матрица погрешностей измерений.

При работе МРНС из N станций в дальномерном режиме матрица измерений имеет вид

$$H = H_D = \begin{pmatrix} -\sin A_1 & -\cos A_1 \\ \dots & \dots \\ -\sin A_N & -\cos A_N \end{pmatrix}_{N,2}, \tag{2}$$

где A_i – азимут на i -ю станцию из точки с координатами φ_o, λ_o ;

$$B = B_D = \text{diag}\{\sigma_i^2\}_N, \tag{3}$$

где σ_i^2 – дисперсия погрешности измерения по i -ой линии положения.

Задача минимизации погрешности местоопределения в точке φ_o, λ_o сводится к нахождению минимума следа матрицы P и, как следует из (1, 2, 3), определению оптимального распределения азимутов A_i с учетом весовой матрицы B , параметры которой в общем случае являются функциями расстояний R_i от точки до станции и физических свойств среды распространения; в свою очередь A_i и R_i являются функциями координат i -ой (φ_i, λ_i) станции и точки наблюдения, а физические свойства среды могут меняться во времени.

В общем случае выражение для σ_{MD}^2 имеет вид

$$\sigma_{MD}^2 = \frac{\sum_{\substack{i=j=\dots=p=t=1 \\ i \neq j \neq \dots \neq p \neq t}}^N \sigma_i^2 \sigma_j^2 \dots \sigma_p^2 \sigma_t^2}{\sum_{\substack{i=j=\dots=p=t=1 \\ i \neq j \neq \dots \neq p \neq t}}^N \sigma_i^2 \sigma_j^2 \dots \sigma_p^2 \sin^2(A_p - A_i)} \quad (4)$$

Для частного случая, например при $N=3$, выражение (4) примет вид

$$\sigma_{MD}^2 = \frac{\sigma_1^2 \sigma_2^2 + \sigma_1^2 \sigma_3^2 + \sigma_2^2 \sigma_3^2}{\sigma_1^2 \sin^2(A_2 - A_3) + \sigma_2^2 \sin^2(A_3 - A_1) + \sigma_3^2 \sin^2(A_1 - A_2)}$$

При допущении прямопропорциональной зависимости σ_i^2 от длины трассы R_i ($\sigma_i^2 = \sigma_0^2 \cdot R_i$), экспериментально подтвержденной в РНС диапазонов ОНЧ и НЧ [2,3], выражение (4) запишем в виде

$$\sigma_{MD}^2 = \frac{\sigma_0^2 \sum_{\substack{i=j=\dots=p=t=1 \\ i \neq j \neq \dots \neq p \neq t}}^N R_i \cdot R_j \dots R_p \cdot R_t}{\sum_{\substack{i=j=\dots=p=t=1 \\ i \neq j \neq \dots \neq p \neq t}}^N R_i \cdot R_j \dots R_p \sin^2(A_p - A_i)} \quad (5)$$

Из (4, 5) видно, что решение поставленной задачи сводится к нахождению глобального минимума сложной нелинейной функции многих переменных и в общем виде затруднено. В качестве первого приближения можно рассмотреть случай однородной по физическим свойствам области действия МРНС с заданием матрицы B в виде $B = \sigma^2 \text{diag}\{I\}_N$.

В этом случае задача сводится к нахождению глобального максимума функции Z

$$Z = \sum_{i,j=1}^N \sin^2(A_i - A_j), \quad (6)$$

т.е. к нахождению оптимального распределения A_i , что сводится к решению системы из N уравнений

$$\frac{\partial Z}{\partial A_i} = \sum_{j=1}^N \sin^2 2(A_i - A_j) = 0, \quad i = \overline{1, N}. \quad (7)$$

Получив из первого уравнения выражение для A_i

$$\operatorname{tg} 2A_i = \frac{\sum_{j=2}^N \sin 2A_j}{\sum_{j=2}^N \cos 2A_j} \quad (8)$$

и подставив его в остальные, получим следующую систему из $(N - 1)$ уравнений

$$\left[I - \sqrt{N - I + \sum_{\substack{j,k=2 \\ j \neq k}}^N \cos 2(A_j - A_k)} \right] \sum_{\substack{j=2 \\ j \neq m}}^N \sin 2(A_m - A_j) = 0, \quad m = \overline{2, N}.$$

Т.о. для нахождения решения системы (7) необходимо при выполнении (8) решить уравнение

$$\sum_{\substack{j,k=2 \\ j \neq k}}^N \cos 2(A_j - A_k) = 2 - N \quad (9)$$

или/и систему из $N - 2$ уравнений

$$\sum_{\substack{j=2 \\ j \neq m}}^N \sin 2(A_m - A_j) = 0, \quad m = \overline{2, N}. \quad (10)$$

Нетривиальные решения (9) и (10), соответствующие глобальному минимуму σ_M , одинаковы и имеют вид

$$\left. \begin{aligned} A_{i1} &= A_1 \pm \frac{2\pi}{N}(i-1), \quad \text{при } N \geq 3; \\ A_{i2} &= A_1 \pm \frac{\pi}{N}(i-1), \quad \text{при } N \geq 2, \quad i = \overline{1, N}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Первое решение A_{i1} соответствует минимуму σ_M в заданной точке, являющейся центром окружности, по длине которой равномерно с дискретом по азимуту $\frac{2\pi}{N}$ распределены станции; второе решение A_{i2} определяет равномерное распределение станций вдоль линии фронта (полукруга).

Полученные решения обеспечивают достижение минимального значения дисперсии местоположения

$$\sigma_{M \min}^2 = \frac{4\sigma^2}{N}, \quad N \geq 2. \quad (12)$$

Из (12) вытекает зависимость точности местоопределения от числа МРНС при оптимальном их размещении

$$\sigma_{M \min, N_1}^2 = \sigma_{M \min, N_2}^2 \cdot \frac{N_1}{N_2}. \quad (13)$$

Зная распределение азимутов МРНС, обеспечивающее минимум σ_M^2 в заданной точке, легко определить длины баз МРНС. Так, при размещении станций вокруг предполагаемой зоны действий длина базы $R_{\delta i, i+1}$ между i -ой и $i+1$ -ой станциями на сфере определяется как

$$R_{\delta i, i+1} = \arccos \left(\cos R_i \cdot \cos R_{i+1} + \sin R_i \cdot \sin R_{i+1} \cos \frac{2\pi}{N} \right),$$

а при фронтальном расположении

$$R_{\delta i, i+1} = \arccos \left(\cos R_i \cdot \cos R_{i+1} + \sin R_i \cdot \sin R_{i+1} \cos \frac{\pi}{N} \right),$$

где R_i – удаление i -ой станции от заданной точки.

Если заданы ограничения по азимутам, т.е. фронт ограничен значениями $A \in (0, n\pi)$, где $n < I$, то глобальный минимум σ_M может не достигаться и решение задачи определяется конкретными значениями n и N .

Следует отметить особенность оптимальной геометрии дальномерной системы из 4-х МРНС, которая заключается в том, что пары станций должны быть сдвинуты на $\pi/2$, а относительное расположение пар станций – произвольно.

При размещении МРНС необходимо учитывать и энергетический фактор, т.е. излучаемая мощность должна обеспечить уверенный прием сигналов на удалениях $R > \max(R_i, R_{\delta i, i+1})$.

Полученные результаты по распределению азимутов МРНС, соответствующему глобальному минимуму σ_M для случая $A_i = A_1 + \frac{2\pi}{N}(i-1)$, и по зависимости точности местоопределения от числа станций (13), справедливы и для разностнодальномерного режима работы МРНС (это подтверждается и результатами численного моделирования). Переход от дальномерных матриц измерений и погрешностей к разностнодальномерным осуществляется путем линейных преобразований вида

$$\begin{aligned} H_{RD} &= CH_D; \\ B_{RD} &= CB_D C^T, \end{aligned}$$

где C – матрица преобразований размера $(N-1) \times N$, составленная из единичной диагональной матрицы размера $(N-1) \times (N-1)$ и присоединенного к ней вектора-столбца.

Положение вектора столбца $(-1)_{N-1}$ в матрице преобразования C определяется номером станции, принимаемой за ведущую. Так, если за ведущую принять станцию с номером 1, то

$$C = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}_{(N-1), N} .$$

Результаты численного моделирования по определению оптимальной геометрии системы в составе 3-х, 4-х и 5-ти МРНС при различных вариантах их расположения, работающих в дальномерном и разностнодальномерном режимах, подтвердили правильность полученных выражений (12) и (13).

Выводы

1. Получены распределения азимутов станций дальномерной мобильной радионавигационной системы, обеспечивающие минимум среднеквадратической погрешности местоопределения в заданной области при условии равенства погрешностей измерений по линиям положения.

2. Получено выражение для минимального значения дисперсии местоопределения при оптимальном размещении станций и его зависимости от их числа.

3. Показано, что равномерное распределение азимутов станций с дискретом $\Delta A = 2\pi/N$, соответствующее минимуму дисперсии местоопределения в дальномерной системе, обеспечивает минимальную дисперсию погрешности местоопределения и в разностнодальномерной системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болошин С.Б., Семенов Г.А. и др. Радионавигационные системы сверхдлинноволнового диапазона. – М.: Радио и связь, 1985.
2. Семенов Г.А. Дисперсия флюктуаций фазы СДВ поля // *Вопр. Радиоэлектроники. Сер. ОВР.* – 1986.
3. Безродный В.Г., Блюх П.В. и др. Флюктуации сверхдлинных радиоволн в волноводе Земля – ионосфера. – М.: Наука, 1984.



СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ГИДРОГРАФИИ, МОРСКОЙ КАРТОГРАФИИ И ГЕОФИЗИКИ

ГРНТИ 78.21.37

ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО БАНКА МОРСКИХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

**К.Г.СТАВРОВ,
Л.Ф.ПУШКИНА,
В.И.ГУСЕВА,
А.А.СТАХОВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

На основе использования современных программно-технических средств разработана информационно-справочная система автоматизированного банка морских геофизических (гравиметрических и магнитометрических) данных. Экспериментальный образец системы реализован на ПЭВМ типа Pentium.

Одной из основных функций ГНИНГИ, как головной организации по использованию результатов изучения Мирового океана в интересах обороны страны, является научно-методическое обеспечение формирования и ведения специализированных баз и банков данных о параметрах природной среды, включая геофизические поля (ГФП).

Действующая система геофизического обеспечения ВМФ обеспечивает сбор, накопление и использование отчетных материалов о результатах съемок, представленных в основном на бумажных носителях. В современных условиях повышение эффективности навигационно-гидрографического обеспечения (повышение информативности предоставляемых пользователям сведений, сокращение сроков доведения информации до потребителей и т.д.) возможно в первую очередь за счет автоматизации процессов учета и оценки информации, имеющейся в ГС ВМФ, формирования баз данных и создания информационно-справочных систем на базе ПЭВМ для актуализации и более широкого использования ранее полученных материалов.

Сбор, накопление и использование первичных данных, полученных при проведении съемок, в особенности больших объемов цифровой геофизической информации на машинных носителях, в настоящее время в должной ме-

ре не регламентированы и недостаточно обеспечены ресурсами. Требуются срочные меры как для сохранения этой важнейшей информации, так и для повышения эффективности ее использования в интересах обороны, народно-хозяйственной деятельности, защиты морской природной среды [1–4].

В течение ряда лет в ГС ВМФ ведутся работы по созданию Автоматизированного банка морских геофизических данных (АБМГД) как совокупности структурированных данных о результатах геофизических съемок в цифровой форме [4–6]. Ввод в эксплуатацию этого банка в будущем требует создания информационной автоматизированной системы соответствующей организационно-технической структуры.

Эта система должна строиться на основе современных компьютерных технологий и обеспечивать геофизической информацией деятельность различных подразделений ВМФ и других организаций МО. Оргструктура, в ведении которой будет находиться данная система, очевидно, должна осуществлять государственное регулирование и межотраслевую координацию по вопросам геофизического изучения, рационального использования и охраны недр континентального шельфа и морской исключительной экономической зоны Российской Федерации, других районов Мирового океана. Система должна обеспечить сохранность и упорядоченное использование геофизической информации, полученной за счет бюджетных средств МО и других государственных ведомств.

Концепция создания информационной системы геофизического обеспечения на базе АБМГД должна учитывать перспективы развития ВМФ России, а также опыт создания подобных систем в наиболее развитых странах. Показателен в этом отношении опыт ВМС США, где функции геофизического и гидрографического обеспечения на национальном уровне возложены на Океанографическое управление ВМС (NAVOCEANO), входящее в состав Военно-морского метеорологического и океанографического командования (NAVMETOCCOM). NAVOCEANO разрабатывается интегрированная система управления базами данных (СУБД) IDBMS, которая должна обеспечить работу со всем набором геофизических данных, включая пространственное и временное моделирование, формирование БД в узлах регулярной сети по региональному принципу, прогнозирование параметров полей и оценку их влияния на действия ВМС, включая поддержку создания моделей принятия решений [7]. Система IDBMS создается на базе взаимодействующих локальных вычислительных сетей (ЛВС), в которых циркулирует открытая и закрытая информация. Физической основой ЛВС служат ПЭВМ и рабочие станции типа Sparc Station (фирмы SUN Microsystems).

В настоящее время ни в одном из гражданских ведомств Российской Федерации нет единого автоматизированного банка морских геофизических данных. Наиболее полно материалы открытых исследований (более 2 млн. миль съемок) представлены в фондах Центра морских геологоразведочных данных – Мирового центра данных (ЦМГД-МЦД) Министерства природных ресурсов. Банк данных ЦМГД-МЦД создается на базе ПЭВМ типа IBM PC AT различных конфигураций с переходом в перспективе на использование станций Sparc Station; основная СУБД–Paradox.

Как уже отмечалось, цель создания АБМГД ВМФ – повышение эффективности навигационно-гидрографического обеспечения обороны страны и общего мореплавания за счет: автоматизации процессов учета и оценки информации о ГФП Мирового океана, имеющейся в ГС ВМФ; уменьшения трудоемкости и сокращения сроков доведения информации до потребителей; повышения информативности получаемых сведений за счет широкого использования систем визуализации данных; повышения качества и надежности хранения данных, защиты их от разрушения и несанкционированного доступа.

АБМГД должен обеспечивать решение как информационных задач (например, поиска сведений о ГФП по запросам пользователей с форматированным выводом данных на экран дисплея или другие периферийные устройства), так и обеспечение данными работы прикладных программ, т.е. специализированную обработку данных по следующим направлениям:

- оценка изменчивости ГФП и разработка предложений по планированию в интересах различных задач ВМФ;
- картирование ГФП Мирового океана различных масштабов;
- вычисление исходных данных и составление картографических материалов для различных пособий, используемых в подразделениях ВМФ.

Решение перечисленных задач обеспечивается при работе в соответствующей информационно-программной среде, выбор которой определяется следующими особенностями:

- геофизические данные, как правило, поставляются для обработки и хранения в виде фрагментов географически (координатно) локализованной информации, относящейся к определенному геофизическому методу;
- при долговременном хранении геофизические данные, как правило, не модифицируются, т.к. это фактические данные, прошедшие перед включением в базы данных лишь стандартную первичную обработку;
- каждый новый фрагмент данных рассматривается как автономный, и, следовательно, система поиска должна обеспечивать оперативный выбор необходимых фрагментов (по их поисковым образам), а также конкретных данных из отображенных фрагментов;
- огромные объемы геофизических данных требуют их компактного хранения, т.е. упаковки данных при их записи во внутреннюю память и на внешние носители ЭВМ;
- технология обработки диктует необходимость доставки геофизических данных во внутреннем механизме программ не по отдельным записям, а сравнительно большими порциями (планшет, галс или профиль и т.д.).

С учетом этих особенностей средой для создания единого банка геофизических данных была выбрана реляционная система управления базами данных СУБД MS Access 7.0, как наиболее мощная из используемых на ПЭВМ типа IBM Pentium и в наибольшей степени приспособленная к обработке массовых потоков информации. Данная СУБД входит в состав пакета Microsoft Office, т.е. хорошо интегрирована с другими популярными и широко используемыми в практике продуктами фирмы Microsoft (Word, Excel, PowerPoint и др.). Кроме того Access позволяет легко объединить связанную информацию, а также предоставляет широкие возможности для работы с

данными из других источников, включая наиболее популярные СУБД для персональных компьютеров (например, dBase, Paradox, Microsoft FoxPro) и базы данных SQL, находящиеся на серверах мини-ЭВМ или больших центральных ЭВМ.

Microsoft Access также обладает развитой системой разработки приложений для Windows, позволяющей быстро создавать необходимые приложения, используя данные независимо от их источника. Для разработки приложений Microsoft Visual Basic Access использует язык программирования Visual Basic (VBA), который является общим языком программирования для приложений Microsoft Office. Наличие общего языка программирования для нескольких приложений позволяет интегрировать объекты в другие приложения с помощью VBA и механизма управления OLE (Object Linking and Embedding).

Вся морская геофизическая информация формируется в единой среде СУБД Access, как методо-ориентированные базы «ГРАВИМЕТРИЯ» (база гравиметрических исследований) и «МАГНИТОМЕТРИЯ» (база магнитометрических исследований), включающие в себя открытые гравиметрические и магнитометрические данные (ФГДО и ФМДО) и данные ограниченного пользования (ФГДЗ и ФМДЗ). Базы «ГРАВИМЕТРИЯ» и «МАГНИ-



ТОМЕТРИЯ» АБМГД (рис.1) имеют единую информационно-справочную систему (ИСС). Единицей хранения информации в базах является рейс. Связь между таблицами внутри файлов и между файлами осуществляется по идентификатору рейса. Число баз может увеличиваться за счет включения в АБМГД других, например, сейсмических данных. Кроме того планируется создание файлов по географическому признаку (по отдельным оперативно-стратегическим районам и акваториям).

АБМГД ВМФ создается на программно-технической основе ПЭВМ 5-го поколения типа Pentium, использующих ОС типа MS Windows 9x, NT и совместимого с ними программно-математическое обеспечение (ПМО), разрабатываемого в системе визуального программирования Visual Basic, а также на языке программирования СИ++ и др. ПЭВМ должны быть укомплектованы

устройствами чтения/записи на компакт-дисках и периферийными устройствами ввода/вывода данных (сканерами, дигитайзерами и плоттерами форматов А3 – А0).

В состав ПМО банка входят три основных модуля:

- предварительной обработки, включающий программы подготовки и формирования БД на технических носителях, переформатирования, контроля качества данных и т.п.;

- управления базами данных, ядром которого является базовая СУБД, при необходимости дополненная программами визуализации данных, статистического анализа и другими стандартными сервисными пакетами программ;

- специальной обработки, обеспечивающего формирование цифровых моделей ГФП, создание карт и специализированных БД по запросам потребителей.

На данном этапе создания АБМГД первоочередной является задача формирования и пополнения цифровых БД на носителях ПЭВМ на основе архивных материалов геофизических съемок. ПМО создания баз данных должно иметь в своем составе программы следующих основных типов:

- подготовки данных для включения их в базу;
- заполнения полей информационно-справочной системы и баз фактографических данных;

- вторичной обработки данных, содержащихся в БД;

- контроля информации, загруженной в БД;

- визуализации данных;

- защиты данных базы.

Часть задач может быть решена базовыми программными средствами СУБД.

Эффективное использование данных АБМГД ВМФ невозможно без создания современной ИСС. Основные задачи, решаемые ИСС и определяющие требования к ее структуре, перечень объектов и характеристик (полей) этой системы следующие:

- получение справочных данных для анализа и оценки изученности ГФП, планирования исследований и подготовки различного рода статистических справок;

- получение технической информации, необходимой для вторичной обработки данных.

Принципы организации баз данных ИСС:

- все записи в БД организованы в файлы;

- файлы делятся на таблицы;

- поля и размерности полей в таблицах фиксированы;

- структурная основная единица записи – рейс (съемка).

Сведения о звеньях и галсах съемок являются дополнительной информацией, позволяющей дифференцировать картину распределения погрешности измерений при анализе качества данных. Таким образом, основная структура базы: РЕЙС – ЗВЕНО – ГАЛС – ТОЧКА.

Таблицы рейсов, звеньев и галсов составляют основу БД ИСС, все таблицы взаимосвязаны полями – ключами. Для самой низшей структурной единицы базы – точки – таким образом приписывается три ключа для связи с таблицей рейса, с таблицей звеньев и таблицей галсов. Каждая из таблиц может дробиться на подтаблицы в соответствии с уровнями доступа к информации и ее географической (региональной) привязки. Таблицы звеньев и

галсов составляются отдельно по каждому рейсу и объединяются в файлы справочной информации о рейсе (ФСИР, рис.2).

По содержанию ИСС включает следующие описательные объекты:

- организационные (страна, организация, дата и т.д.);
- метрологические (МГР, точность, объем исследований и т.д.);
- технические (аппаратура, технология съемки и т.д.);

- методические (например, для ГПЗ: гравиметрическая система, формула нормального поля, различного рода поправки и т.д.);

- координатной привязки (географические координаты района, квадраты Марсдена, номера листов Атласа и т.д.);

- библиографические (источник информации, название отчета, место хранения материалов и т.д.).

Рассмотренные принципы организации баз данных реализованы при разработке программно-математического обеспечения и создании ИСС АБМГД на Норвежско-Гренландский бассейн.

Рассмотренные принципы организации баз данных реализованы при разработке программно-математического обеспечения и создании ИСС АБМГД на Норвежско-Гренландский бассейн.

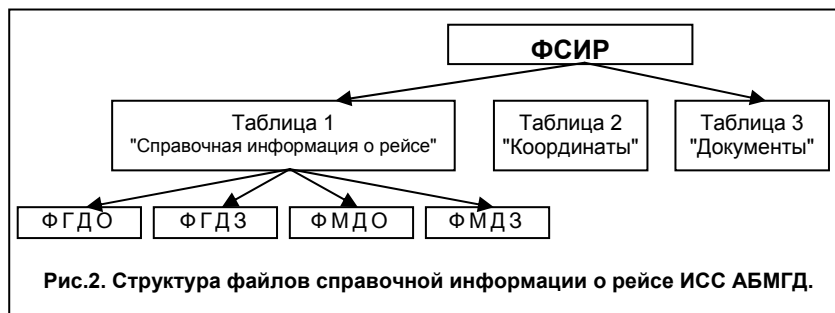


Рис.2. Структура файлов справочной информации о рейсе ИСС АБМГД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демин Б.Н., Ставров К.Г., Егоров М.Ю. Экспериментальная оценка погрешности определения места судна по геофизическим полям //Тезисы докладов Первой научно-технической конференции "Современное состояние, проблемы морской и воздушной навигации". СПб: "Судостроение", 1992. С.145-146.
2. Ставров К.Г., Паламарчук В.К., Георгиевская Л.П. Использование физических полей моря для прогнозирования сейсмической активности //Материалы Третьей Российской научно-технической конференции "Современное состояние, проблемы навигации и океанографии" ("НО-98"). СПб: ГНИНГИ, 1998. С.106.
3. Ставров К.Г. Принципы использования комплекса средств и методов гидрографии и геофизики в целях экологического мониторинга морской среды и предотвращения ее загрязнения // Навигация и гидрография, 1996, № 3. С.122–126.
4. Опарин А.Б. Банк сейсмических данных ВМФ // Материалы Третьей Российской научно-технической конференции «Современное состояние, проблемы навигации и океанографии» («НО-98»). СПб: ГНИНГИ, 1998. С. 106.
5. Колесова В.И., Демин Б.Н., Ставров К.Г. Принципы организации и структура банка магнитных данных для Арктики //Тезисы докладов Второй российской научно-технической конференции "Современное состояние, проблемы навигации и океанографии". СПб: ГНИНГИ, 1995. С. 105.
6. Ставров К.Г., Колышев Н.А., Пушкина Л.Ф., Гусева В.И. Принципы организации и структура автоматизированного банка геофизических данных ВМФ //Материалы Третьей Российской научно-технической конференции "Современное состояние, проблемы навигации и океанографии" ("НО-98"). СПб: ГНИНГИ, 1998. С. 105.
7. Scientific Utility of Naval Environmental Data MEDEA, 1995. USA.

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОЙ ЦИФРОВОЙ
ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ АЭРОФОТОСНИМКОВ
PHOTOMOD В МОРСКОЙ КАРТОГРАФИИ**

А.А.СИМИНЕЕВ
(СПб ГУ)

Показана возможность применения программной цифровой фотограмметрической системы обработки аэрофотоснимков PHOTOMOD для создания фотодокументов на участки побережья и топографической съемки береговой полосы по стереопарам аэрофотоснимков. Охарактеризованы основные модули системы и априорные результаты оценки точности положения точек на топографическом плане. Исходя из погрешностей фотограмметрической обработки аэрофотоснимков и их разрешающей способности, обоснованы требования к оптическому разрешению сканера. Даны рекомендации по составу программных и аппаратных средств. Отмечается, что применение системы PHOTOMOD позволит решить все задачи по оперативному обследованию и картографированию прибрежных районов.

Материалы аэрофотосъемки используются в морской картографии для изготовления фотодокументов на отдельные участки побережья, топографической съемки береговой полосы, корректуры навигационных морских карт прибрежных районов и съемки рельефа дна морского мелководья [1]. Для выполнения указанных гидрографических работ картографическое производство должно располагать специальной фотограмметрической (стереокомпаратор, стереопроектор, фототрансформатор, координатограф), фотометрической (микроденситометр), вычислительной (ЭВМ), а в случае создания цифровых карт и оцифровывающей техникой.

Такая уникальная по своему составу техника имеется в 280 ЦКП ВМФ, что позволяет выполнять весь комплекс работ по заблаговременному картографированию прибрежных районов. Однако необходимость наличия большого количества разнородной, крупногабаритной аппаратуры, требующей для своего размещения значительных производственных площадей и многочисленного, специально подготовленного персонала для ее обслуживания и эксплуатации, не только сдерживает внедрение аэрометодов в гидрографические части флотов, но и снижает оперативность производства работ.

Решить указанную проблему можно с помощью компьютерной технологии, основанной на использовании комплекса автоматизированной обработки материалов аэрофотосъемки. В состав аппаратных средств такого комплекса входит серийная техника: сканирующий прибор (сканер), персональный компьютер и устройство вывода информации (принтер и/или графопостроитель). В качестве программного средства целесообразно использовать имеющуюся на рынке программной продукции программную систему PHOTOMOD ЗАО "Ракурс" (Москва), предназначенную для цифровой обработки стереопар полутонных аэрофотоснимков местности.

Программная система PHOTOMOD (\$5000) включает четыре основных модуля: обработки одиночных стереопар SP; создания, визуализации и редактирования цифровой модели рельефа (ЦМР) DTM; дешифрирования пространственных объектов StereoDraw; создания и вывода на печать электронных карт VektOr.

Программный модуль SP предназначен для выполнения внутреннего, взаимного и внешнего ориентирования цифровых изображений, полученных в результате сканирования стереопар полутонковых аэрофотоснимков, их трансформирования, а также создания модели местности и измерения пространственных координат объектов. Модуль DTM позволяет создавать в автоматическом или полуавтоматическом режиме ЦМР, рассчитывать горизонтали, автоматически формировать ортофототрансформированное изображение и экспортировать сеточные цифровые модели местности в векторные (DXF, CADdy, GRD), а также растровый форматы. Модуль StereoDraw предназначен для дешифрирования (векторизации) трехмерных объектов. Позиционирование измерительной марки на поверхности рельефа производится автоматически или вручную с помощью клавиатуры и мыши. При дешифрировании объектов могут использоваться загружаемые классификаторы объектов. Модуль VektOr позволяет решать весь комплекс задач по созданию и подготовке к печати электронных карт. В качестве исходных данных используются ортофотоизображения и матрицы высот, полученные в модуле DTM. Модуль обеспечивает поддержку стандартных систем классификации и кодирования объектов и их характеристик в соответствии с требованиями Роскартографии.

Исследования, выполненные на кафедре картографии СПбГУ с помощью демонстрационной программы PHOTOMOD DEMO, показали, что программная система PHOTOMOD может быть использована для создания фотодокументов на участки побережья и топографической съемки береговой полосы по стереопарам аэрофотоснимков. При этом каждая стереопара должна быть обеспечена опорными точками, в качестве которых могут использоваться пункты аналитических сетей, точки полевой подготовки аэрофотоснимков или точки аналитической маршрутной пространственной фототриангуляции. В последнем случае для измерения координат контурных точек аэрофотоснимков понадобится стереокомпаратор.

Результаты фотограмметрической обработки аэрофотоснимков могут быть получены как в цифровой (трансформированные и ортофототрансформированные изображения, модели рельефа, электронные карты побережья) так и в графической (топографические планшеты) форме.

Точность создания картографических документов зависит от качества цифровых изображений и погрешностей фотограмметрической обработки аэрофотоснимков. Качество цифровых изображений определяется физическим состоянием и фотографическим качеством исходных аэронегативов, их разрешающей способностью и техническими характеристиками сканирующего прибора [2].

Для сохранения измерительных и информационных свойств исходных оригиналов разрешение сканера должно быть согласовано с разрешающей способностью аэронегативов. В соответствии с критерием Найквиста [3] размер минимального элемента изображения, считываемого сканером, должен быть не более половины ширины фотоизображения самой тонкой линии на исходном оригинале (т.е. не более половины линейного элемента разре-

ния). В противном случае на оцифрованном изображении могут не только исчезнуть мелкие детали, но и возникнуть муар-эффект (появление на изображении волнистых линий, пятен, нерезких контуров и других искажений).

Разрешающая способность аэронегатива R_n зависит от многих факторов: оптических характеристик объекта фотографирования, условий его освещенности, влияния атмосферы, разрешающей способности аэрофотоаппарата (АФА) и качества химико-фотографической обработки аэрофотопленки. В качестве оценки результирующей (суммарной) разрешающей способности аэронегатива может быть принята разрешающая способность АФА (табл. 1), являющаяся наибольшей нижней границей $\inf R_n$ [4].

Таблица 1

Характеристики аэрофотоаппаратов различных типов

Характеристика АФА	Тип АФА		
	АФА-ТЭ	АФА-41	АФА-ТЭС
Фокусное расстояние, мм	55; 70; 100; 140; 200; 350; 500	75; 100; 200	50; 70; 100
Разрешающая способность (центр-край), лин/мм (или мм^{-1}), не менее	30–15	40–10	40–15

Перейдя, с учетом критерия Найквиста, от "линий на миллиметр" к "точкам изображения на дюйм" (сокращенно обозначаемым dpi), найдем, что оптическое разрешение сканера при $R_n = 30 - 40$ лин/мм должно быть не менее $1500 - 2000 dpi$.

Сканирование снимков с меньшим разрешением вследствие пиксельной генерализации приводит к геометрическому искажению и частичной потере мелких деталей фотоизображения. В ходе последующей компьютерной обработки геометрические искажения могут быть устранены с помощью программного модуля PHOTOMOD SkanCorrect, что в общем-то позволяет использовать для сканирования недорогие модели планшетных сканеров с оптическим разрешением от $600 dpi$. Однако геометрическая коррекция цифрового изображения возможна только в том случае, когда в качестве исходных оригиналов используются топографические аэрофотоснимки с изображением калиброванной контрольной сетки (сетки крестов). Отметим также, что снижение детальности изображения не компенсируется и приводит к ухудшению качества дешифрирования объектов.

Средняя квадратическая погрешность (СКП) – m_d – планового положения точек на топографическом планшете может быть найдена по формуле [1]

$$m_d = \left[0,5m_{do}^2 + (1,5m_{\Delta}^2 + 2m_{2p})m_a^2/t_o^2 \right]^{1/2}, \quad (1)$$

где m_{do} – СКП планового положения опорных точек на планшете, мм;

m_{Δ} – СКП планового положения точек на аэрофотоснимке, мм;

m_p – СКП измерения продольных параллаксов, мм;

m_a, t_o – знаменатели масштабов, соответственно аэрофотоснимков и планшета.

Определяющее влияние на точность планового положения точек на планшете оказывают погрешность m_p и отношение m_a / t_o , т. к. погрешность m_{Δ} обычно принимается равной $2m_p$, а величина погрешности m_{do} устанавливается в соответствии с требованиями руководящих документов. Средняя погрешность планового положения на планшете опорных точек, в качестве которых обычно используются точки аналитической фототриангуляции, не должна превышать 0,35 мм [1]. Перейдя от средних к средним квадратическим погрешностям, найдем $m_{do} = 1,25 \times 0,35 = 0,44$ мм.

Известно, что погрешность m_p (от величины которой зависит также и точность определения высот) не должна превышать 0,02 мм. Для сокращения объема полевых работ и количества обрабатываемых снимков значение коэффициента m_a / t_o выберем максимально возможным. Приняв $m_p = 0,02$ мм, $m_a / t_o = 2,2$; $m_{\Delta} = 2 m_p$; $m_{do} = 0,44$ мм, по формуле (1) получим $m_d = 0,34$ мм, что соответствует средней погрешности, равной 0,3 мм. Найденное значение погрешности удовлетворяет требованиям, предъявляемым к точности положения на планшете характерных точек береговой линии, четко выраженных контурных точек и местных предметов, имеющих значение ориентиров [1].

Исходя из допустимого значения погрешности m_p , найдем минимально допустимое оптическое разрешение сканера. Известно, что СКП измерения плановых координат точек $m_x = m_p / \sqrt{2} = 0,014$ мм. По нашим оценкам точность измерения плановых координат точек m_x не превышает 1/3 размера пиксела цифрового изображения, т.е. максимальный размер пиксела может быть равен 0,042 мм. Найденное значение размера пиксела соответствует оптическому разрешению 600 dpi. Однако использование сканеров с указанным разрешением возможно только с учетом ранее сделанных замечаний.

СКП определения высотного положения точек побережья m_z по стереопаре аэрофотоснимков может быть найдена по формуле [1]

$$m_z = \left[0,5m_{zo}^2 + 1,5 \left(\frac{H}{b} \right)^2 m_p^2 \right]^{1/2}, \quad (2)$$

где m_{zo} – СКП высотного положения точек фототриангуляции, м;

H – высота аэрофотографирования, м;

b – базис фотографирования в масштабе аэрофотоснимка, мм.

Анализ формулы (2) показывает, что при прочих равных условиях точность определения высот точек зависит от высоты аэрофотосъемки. Известно [1], что средняя погрешность определения высот точек фототриангуляции при съемке равнинных побережий в масштабе 1: 10000 не должна превышать 0,5 м. Тогда, приняв $H = 1000$ м; $m_{zo} = 1,25 \times 0,5 = 0,62$ м, $m_p = 0,02$ мм; $b = 70$ мм, по формуле (2) найдем $m_z = 0,56$ м, что соответствует средней погрешности,

равной 0,45 м. Найденная точность определения высот точек побережья удовлетворяет требованиям, предъявляемым к съемке рельефа береговой полосы.

Значения максимальных глубин, определяемых по аэрофотоснимкам фотометрическим способом, зависят от прозрачности воды в прибрежных районах и при благоприятных условиях могут достигать 15 – 20 м.

Вычисление фотометрических глубин Z производится по формуле [5]

$$Z = \frac{1}{p} \ln \frac{B_o - B_\infty}{B - B_\infty}, \quad (3)$$

где p – коэффициент, равный удвоенному показателю вертикального ослабления света в морской воде;

B, B_o, B_∞ – относительная фотографическая яркость акватории в определяемой точке, в точке уреза воды и точке, соответствующей оптически бесконечной глубине.

Оценим точность определения фотометрических глубин. Для этого, перейдя в уравнении (3) от фотографических яркостей к оптическим плотностям, продифференцируем полученное выражение. Выполнив необходимые преобразования, получим приближенную формулу

$$m_z = \frac{\sqrt{2} \ln 10}{p \gamma} m_D, \quad (4)$$

где m_z – СКП определения фотометрических глубин, м;

γ – коэффициент контрастности фотоизображения;

m_D – СКП измерения оптических плотностей.

Приняв $\gamma = 1,5$; $p = 0,08 \text{ м}^{-1}$, из формулы (4) найдем, что для определения глубин мелководий с погрешностью $m_z = 0,3$ м точность измерения оптических плотностей $m_D \leq 0,01$. Указанная точность может быть достигнута при использовании сканера, имеющего спектральное разрешение не менее 8 бит (256 градаций серого), динамический диапазон и значение D_{max} (максимальной оптической плотности), равные или несколько превышающие соответствующие параметры исходных аэронегативов. Например, пусть аэронегатив с изображением прибрежной зоны имеет плотность вуали $D_o = 0,3$, $D_{max} = 2,2$ [1]. Тогда динамический диапазон сканера должен быть не менее 1,9, а значение $D_{max} \geq 2,2$. При этом погрешность $m_D = 1,9/256 = 0,01$, что соответствует точности измерения оптических плотностей современными микроденситометрами.

Необходимо отметить, что съемка рельефа дна морского мелководья площадным обследованием аэрофотосъемкой может быть выполнена только после доработки программного модуля ДТМ.

Обработку стереопар цифровых изображений рекомендуется выполнять с помощью рабочей станции (табл.2). Результаты обработки могут быть выведены на экран монитора, принтер или графопостроитель.

Система РНОТОМОП может быть дополнена модулем РНОТОМОП АТ (\$3300), предназначенный

Таблица 2 – Основные характеристики рабочей станции различной конфигурации

Характеристики	Конфигурация	
	базовая	оптимальная
Процессор	Pentium	Pentium III-500
Операционная система	Windows 95	Windows 98, NT
Оперативная память	≥ 16 Мб	128 Мб
Графическая плата	High colour, 2 Мб	True colour, 8 Мб

гда отпадает необходимость в использовании стереокомпаратора для измерения координат контурных точек аэрофотоснимков. Однако при этом сканирование аэрофотоснимков должно выполняться с помощью высокоточного сканера (например, фотограмметрического сканера ФС-30) с оптическим разрешением не менее 2000 *dpi*, обеспечивающего геометрическую точность 3–5 мкм, а обработка цифровых изображений – с помощью рабочей станции оптимальной конфигурации.

Оснащение картографического производства и гидрографических частей программной системой PHOTOMOD и соответствующими аппаратными средствами позволит решить все задачи по оперативному обследованию и картографированию прибрежных районов, сократить в 2–3 раза или отказаться вообще от специальной фотограмметрической техники и в 3–4 раза повысить производительность труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила гидрографической службы № 2. Фототопографические работы при навигационно-гидрографическом обеспечении ВМФ. Ч. 2. Камеральные работы (ПГС № 2, ч. 2). ГУН и О МО, 1997. – 165 с.
2. Симинеев А.А. Оценка качества материалов аэрофотосъемки и цифровых изображений/ Метод. указан. // Изд-во СПбУ, 1999. – 20 с.
3. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений. – М.: Изд. ЭКОМ, 1997. С. 44–45.
4. Кучко А.С. Аэрофотография и специальные фотографические исследования. – М.: Недра, 1988. С. 119.
5. Правила гидрографической службы № 7. Использование материалов аэрофотосъемки для определения глубин фотометрическим способом (ПГС № 7). ГУНиО МО, 1984. – 80 с.

**ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ И УРОВЕНЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА
ОСНОВНЫХ РАЙОНОВ МИРОВОГО ОКЕАНА**

Э.С.КОЧАНОВ

(ЦНИИ им. акад.А.Н.Крылова),

Д.Л.ЩЕННИКОВ

(СПб ВМИ)

Рассмотрены причины возникновения и изложена методика нахождения электромагнитного фона морских акваторий Мирового океана.

Причины образования электромагнитного фона Мирового океана.

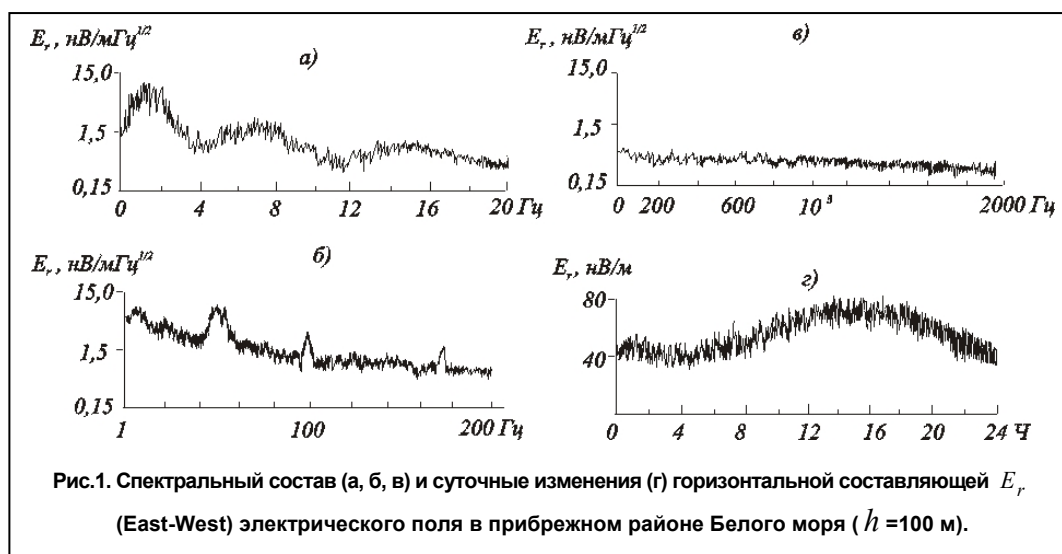
Океан в жизни человечества имеет огромное значение. К настоящему времени наука достаточно обстоятельно изучила гидродинамические, термические и акустические его свойства, описанию которых посвящены многочисленные фундаментальные труды. Значительно меньше внимания уделено электромагнитным процессам, особенно в области частот 1 – 5000 Гц.

Причинами возникновения переменного электромагнитного поля (ЭМП) Мирового океана являются различные физические процессы, как природного характера, происходящие в космосе, атмосфере, в толще воды и Земли, так и обусловленные деятельностью человека. Сказанное наглядно иллюстрируется замерами спектральной плотности ($f = 0-2000$ Гц) горизонтальной электрической составляющей ЭМП в одном из районов Белого моря, выполненными на незначительном (5–10 км) удалении от береговой черты (рис. 1а,б,в) и пересчитанными авторами согласно нижеизложенной методике.

Легко заметить, что на рассматриваемой глубине ($h = 100$ м) хорошо видны еще первые Шумановские резонансы эндовибратора Земля-ионосфера ($f = 8; 14$ Гц) и две промышленные частоты ($f = 50; 100$ Гц).

Все источники, связанные с формированием электромагнитного поля вне толщи воды относятся к классу естественных электромагнитных полей (ЕЭМП) Земли. Основными источниками ЕЭМП Земли служат [1]:

- для частотного диапазона 0 – 1 Гц – магнитогидродинамические волны в ионосфере, магнитные бури, циклотронные колебания ионов в радиационном поясе нашей планеты и др.;
- для частотного диапазона 1 – 60 Гц – грозовая активность Земли и резонансные свойства эндовибратора «Земля-ионосфера»;
- для частотного диапазона 60 – 5000 Гц – в основном грозовая активность 5-ти мировых грозовых очагов Земли, а также местные грозы.



Естественное электромагнитное поле для различных широтных районов имеет свои закономерности во времени и, в частности, в ночное время уровень ЕЭМП ослабевает; в средних широтах уровень ЕЭМП на резонансных частотах выше, чем в антарктических и приполярных районах и т.п. [2]. При проникновении в морскую воду временные и пространственные характеристики ЕЭМП изменяются по вполне определенному и известному правилу [3]. Поскольку, как правило, источники ЕЭМП удалены от поверхности океана на значительные расстояния, то в первом приближении их электромагнитные поля могут рассматриваться в виде плоских электромагнитных волн (элмв). Для двух взаимно перпендикулярных составляющих (магнитной H_y и электрической E_x) в таких волнах справедливы следующие закономерности проникновения в морскую воду

$$H_y = H_o \cdot e^{-k_o h} \cdot \sin(\omega \cdot t + k_o \cdot h);$$

$$E_x = \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu}{\sigma}} \cdot H_o \cdot e^{-k_o h} \cdot \sin\left(\omega \cdot t + k_o \cdot h + \frac{\pi}{4}\right),$$

где $\omega = 2\pi f$ – круговая частота, c^{-1} ;

μ – магнитная проницаемость, Г/м;

σ – удельная электропроводность морской воды, См/м;

$$k_o = \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu \cdot \sigma}{2}} \text{ – волновое число;}$$

H_o – амплитуда падающего магнитного поля у поверхности воды, А/м;

h – глубина, м;

x, y – координатные орты, параллельные поверхности раздела «вода-воздух» [4].

Очевидно, что с увеличением частоты и глубины проникновения электромагнитной волны в толщу воды амплитудные значения составляющих поля быстро уменьшаются в связи с резким возрастанием поглощения ее энергии.

Течения, поверхностные и внутренние волны, турбулентность и вихревые движения морской воды образуют так называемую гидродинамическую группу источников ЭМП океана. Механизм формирования ЭМП в этом случае обусловлен индукционным взаимодействием движущейся проводящей среды (морской воды) со стационарным геомагнитным полем Земли. Свойства образующегося в результате этого взаимодействия поля определяются гидродинамикой океана, с одной стороны, и свойствами геомагнитного поля Земли, с другой.

Плотность индуцированного тока проводимости δ в морской среде связана с силой Лоренца $[\bar{v} \times \bar{B}]$, которая формирует как электрическую, так и магнитную составляющие ЭМП океана в соответствии с первым уравнением Максвелла

$$\operatorname{rot} \bar{H} = \bar{\delta} = \sigma \cdot (\bar{E} + [\bar{v} \times \bar{B}]),$$

где v – вектор скорости морской воды;

B – магнитная индукция стационарного магнитного поля Земли [5].

Значительную роль в формировании ЭМП в океане, и особенно в прибрежных районах, играют ЭМП, вызванные деятельностью человека и, в частности, ЭМП промышленных предприятий, размещаемых вблизи береговой черты, что подчас вызывает высокие аномалии. Наряду с этим оснащение портов морскими навигационными системами, прокладка линий связи и подводных электропередач являются определяющими факторами при формировании локального электромагнитного фона моря в прибрежной зоне. Вместе с тем все более широкое применение электромагнитных методов поиска полезных ископаемых, особенно на шельфе, вызывает возрастание электромагнитного фона моря и в достаточно удаленных от береговой черты районах [6].

Методика определения электромагнитного фона Мирового океана.

В зависимости от района и прикладных целей исследования, электромагнитное поле океана определяется путем прямого измерения:

- на стационарных измерительных стендах, расположенных на грунте;
- дрейфующими и буксируемыми датчиками, расположенными на заданной глубине;
- с помощью автономных глубоководных аппаратов, снабженных бортовыми электромагнитными датчиками.

Стационарные измерительные стенды используются в основном для исследования ЭМП прибрежных районов моря с глубинами менее 50 м, а дрейфующие и буксируемые – морских акваторий глубиной $h = 50 - 300$ м, и, наконец, глубоководные аппараты – для измерения ЭМП глубинных районов Мирового океана ($h > 200 - 300$ м). Стационарные стенды позволяют осуществлять наблюдения за уровнем ЭМП в течение длительного времени (суток, сезона, года и т.д.), в то время как дрейфующие и буксируемые дают возможность выполнить лишь выборочные измерения ЭМП с длительностью не более 1–2 сут. Кроме того, при их использовании требуется специальное судно-носитель аппаратуры, соответствующие средства определения его точного места, кабельные системы связи и т.д., т.е. являются менее надежными, а возможность их применения в значительной степени зависит от гидрометеорологических условий.

В качестве первичных преобразователей ЭМП при измерениях электрической составляющей используются металлические электродные датчики, а для магнитной – индукционные катушки и феррозонды. При этом необходимо отметить, что большинство измерений электромагнитного фона Мирового океана получено по различным методикам и датчиками разных типов [3, 6, 7, 8]. Прямое их сопоставление в ряде случаев оказывается невозможным из-за различной полосы частот и точек измерения по частотному спектру. Приведенные ниже экспериментальные данные являются результатом систематизации и представлены в единообразной форме – в виде спектральной энергетической характеристики по электрической и магнитной составляющим ЭМП. Если в исходных анализируемых работах известна относительная полоса частот, в которой производились измерения, а изменения уровня по частотному спектру достаточно плавные, то пересчет к спектральной плотности энергии анализируемого параметра в полосе 1 Гц производился по формуле

$$A(f) = \frac{A_o(f_o)}{\sqrt{\Delta f \cdot f_o}},$$

где $A(f)$ – амплитуда анализируемого параметра в полосе 1 Гц (спектральная плотность);

$A_o(f_o)$ – амплитуда сигнала на средней частоте фильтра;

f_2, f_1 – граничные частоты полосы пропускания фильтра по уровню 0,7;

$\Delta f = f_2 - f_1$.

Подобная процедура в неявном виде подразумевает равномерное распределение параметра по полосе пропускания фильтра. В тех случаях, где четко наблюдался максимум на какой-либо фиксированной частоте (как правило, на промышленных частотах $f = 50; 100$ и 150 Гц) сигнал принимался за монохроматический и отображался без изменений.

Все регионы Мирового океана были разбиты на 4 группы:

- арктический и антарктический районы;
- средние широты;
- приэкваториальная область;
- экваториальная область.

В каждой из этих групп для отдельных морей определялись характеристики анализируемых параметров (осреднение производилось за сутки, за сезон и т.д.). Осреднение выполнялось лишь в том случае, если количество анализируемых реализации было больше 10.

Некоторые закономерности и уровень электромагнитного фона основных районов Мирового океана. В результате анализа исходного материала оказалось, что для источников электромагнитного фона океана гидродинамического происхождения, особенно в области инфранизких частот, где имеется прямая связь с вариациями стационарного магнитного поля Земли, изменения спектральной плотности во времени естественно совпадают с аналогичными временными изменениями поля Земли, а именно наблюдаются:

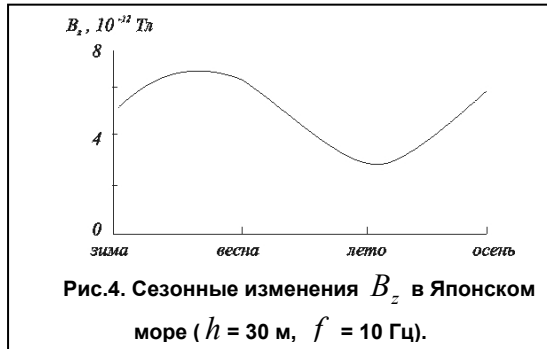
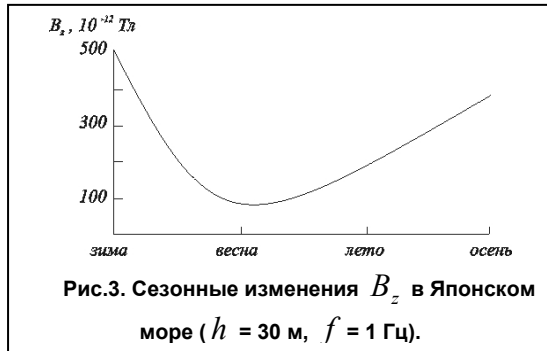
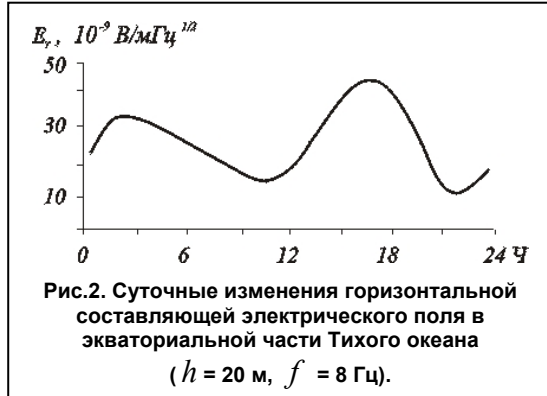
- суточные изменения спектральной плотности составляющих электромагнитного фона, связанные с вращением Земли относительно Солнца;

- лунносуточные, связанные с вращением Земли относительно Луны;
- лунномесячные, связанные с вращением Луны относительно Земли;
- годовые, связанные с обращением Земли вокруг Солнца;
- 11-летние и другие более длительные, связанные с периодической активностью Солнца (пятнообразующая деятельность и др.).

В суточном ходе всех составляющих электромагнитного фона океана можно выделить периодические изменения с периодами 24 ч и 12 ч. Для отдельных спектральных составляющих в указанном диапазоне частот выделяются периодические изменения и с меньшими периодами, связанные с местным временем, т.е. широтой места (рис.1–4). Так например, для Белого моря (арктический район) четко наблюдается повышение электромагнитного фона в вечерние часы (рис.1г), а для экваториальной части Тихого океана на $f=8$ Гц ярко прослеживается изменчивость электромагнитного фона с периодом в 12 ч (рис.2). При $f > 10$ Гц закономерности изменения электрической составляющей ЭМП по широте места меняются и главную роль уже играют проводящие свойства морской среды: чем выше соленость и электрическая проводимость морской воды, тем более резкое затухание наблюдается по частотному спектру.

Приведенные в качестве примера данные по сезонным изменениям электромагнитного фона на отдельных частотах в Японском море (рис.3, 4) показывают, что если для частоты 1 Гц максимум приходится на зиму, то для $f=10$ Гц он отмечается весной. Амплитуда суточных изменений горизонтальных составляющих электромагнитного фона имеет наименьшее значение между 30 – 40° широты и увеличивается к экватору и магнитным поясам.

Для электрической компоненты электромагнитного фона просматривается общая тенденция возрастания амплитудных значений по мере увеличения широты места. Наиболее часто встречается временная 6-ти часовая периодичность, однако для различных составляющих (широтных или меридио-



нальных) эта закономерность имеет различную значимость; в ряде случаев четко наблюдается полусуточные вариации.

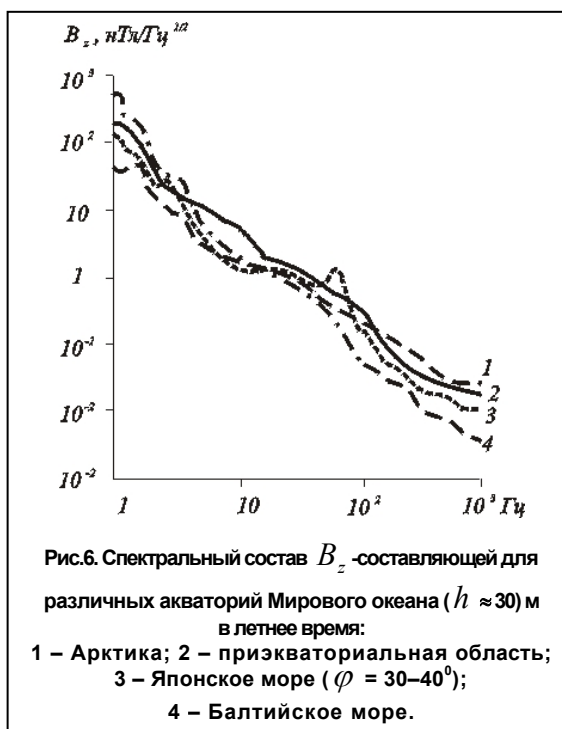
Изменение спектрального состава параметров электромагнитного фона (помимо широты места и близости к мировым очагам гроз) зависит от удельной электропроводности морской среды, степени ее опресненности и близости исследуемой акватории к береговой черте. Поэтому, отмечая какие-либо закономерности, всегда следует оговаривать частотный диапазон рассматриваемого ЭМП.

В инфранизкочастотном диапазоне электромагнитный фон формируется благодаря в основном двум факторам – воздействию гидродинамических источников (поверхностных и внутренних волн) и влиянию естественного электромагнитного поля Земли. По мере увеличения глубины моря последнее постепенно уменьшается и фактором формирования ЭМП становятся гидродинамические источники в водной толще, т.е. резко возрастает роль крайне низкого диапазона частот ($f < 10$ Гц).

При увеличении волнения моря возрастает и индуцированное им ЭМП. Этот гидродинамический источник отличается крайне низкими частотами (рис.5) и малым затуханием с глубиной.

Спектральный состав магнитной составляющей электромагнитного поля для различных морских регионов на одной и той же глубине ($h = 30$ м) представлен на рис.6. Приведенные данные могут быть использованы для качественной оценки электромагнитной помехи при решении различных прикладных задач. Характерно проявление в спектре ЭМП Японского моря пика гармоник промышленных частот (см.рис.6).

Заключение. Необходимо подчеркнуть, что приведенные в статье графики естественно лишь качественно иллюстрируют механизм формирования электромагнитного поля Мирового океана. Имеющиеся в настоящее время экспериментальные его замеры крайне неравнозначны. Для выявления общих и достаточно достоверных закономерностей формирования



электромагнитного фона Мирового океана необходима организация серии океанологических экспедиций в различных его регионах, проводимых по единой методике и по возможности однотипной аппаратурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ремизов Л.Т., Олейников Н.В. Спектральные характеристики естественного случайного поля Земли в диапазоне частот от единиц Гц до 50 кГц // Радиотехника и электроника, т.28, №9, 1983.
2. Альперт Я.Л., Гусева Э.Г., Флигель Д.С. Распространение низкочастотных волн в волноводе Земля-ионосфера. – М.: Наука, 1967.
3. Богородский В.В., Гусев А.В., Поляков А.П., Успенский Н.М., Ярцев М.Б. Структура естественного сверхнизкочастотного электромагнитного поля Земли в арктическом бассейне // Геомагнетизм и аэронавигация, т.24, №4, 1981.
4. Зимин Е.Ф., Кочанов Э.С. Измерение параметров электрических и магнитных полей в проводящих средах. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
5. Акиндинов В.В., Нарышкин В.Н., Рязанов А.Я. Электромагнитные поля в морской воде // Радиотехника и электроника, т.21, №5, 1976.
6. Рутенко А.Н. Результаты измерений естественного электрического поля на шельфе // Морской гидрофизический журнал, №6, 1988.
7. Карнаушенко Н.Н., Кукушкин А.С. Исследования структуры естественного электромагнитного поля в Черном море на частотах до 200 Гц. / В сб. «Комплексные гидрофизические и гидрохимические исследования Черного моря». – Севастополь, 1980.
8. Sodeberg E.P. ELE noise in the sea at depths from 30 to 300 meters // J.Geophys Res., v.74, №9, 1969.

Ошибка! Закладка не определена. ГРНТИ 37.15.31

**МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОГО И ЦИФРОВОГО ОПИСАНИЯ ГРАДИЕНТОВ
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С ЦЕЛЬЮ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И НАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ**

**В.И.КОЛЕСОВА,
М.А.ЭФЕНДИЕВА
(СПбФ ИЗМИРАН)**

Стационарное геомагнитное поле в любой точке на Земле и в околоземном пространстве является суммой главного геомагнитного поля, крупных региональных, региональных и локальных аномалий. Предлагается использовать три различных метода при описании этих трех составляющих, различающихся по своим спектрально-пространственным характеристикам. Наилучшим способом описания главного геомагнитного поля является ряд Гаусса. Крупные региональные аномалии или аномалии промежуточного типа успешно описываются с помощью конструкции фиктивных дипольных источников. Геометрические параметры конструкции определяются предварительно по данным спектрально-пространственного анализа поля вдоль двух-трех профилей на исследуемом участке. Градиенты региональных и локальных аномалий вычисляются с помощью интеграла Пуассона.

За последние годы достигнут существенный прогресс в повышении точности и чувствительности магнитометров, повышена точность привязки при съемке в связи с появлением средств спутниковой навигации. Все это, казалось бы, должно было повысить возможности использования магнитного поля

Земли (МПЗ) в интересах сухопутной и морской, а также воздушной и космической навигации. Однако наличие магнитных вариаций, начиная с вековых и кончая короткопериодными, существенно затрудняет такой подход.

Единственным способом избежать возникающие при этом погрешности является использование не самого магнитного поля, а его градиентов. Однако, до настоящего времени вопрос градиентного представления геомагнитного поля не прорабатывался. Между тем градиенты МПЗ имеют важное самостоятельное научное значение в исследовании физических процессов на Земле и в околоземной магнитосфере при решении как научных, так и прикладных задач в геологии и навигации.

При решении геолого-геофизических задач наиболее рационально градиенты геомагнитного поля могут быть использованы для:

- районирования территорий и акваторий по характеру геомагнитного поля;
- оконтуривания разломов различных классов;
- решения обратной магнитометрической задачи.

Преимущество градиентометрического метода в том, что один и тот же источник дает аномалию в градиенте более локализованную, чем в компоненте X, Y, Z или T . Таким образом, аномалия в градиенте является более ярко выраженной, менее искаженной соседними аномалиями, что существенно при определении параметров намагниченного тела (ширина источника, глубина его погружения, независимость от выбора нормального поля и т.д.).

Более узкая локализация объекта весьма привлекательна при оконтуривании зон разломов. Как правило, на карте градиентов наиболее ясно видны градиенты самой высокочастотной составляющей суммарного геомагнитного поля. Отсюда, выявив спектральную структуру геомагнитного поля с помощью пространственного спектрального анализа, можно найти и исключить из суммарного поля сначала самую высокочастотную часть поля, затем часть поля с меньшей частотой и т.д. Тогда может оказаться, что при наличии разломов различного класса (от трансконтинентальных до локальных) они будут оконтурены в полях градиентов различных составляющих.

При решении навигационных задач использование градиентов геомагнитного поля также имеет существенные преимущества. В самом деле, наибольшая погрешность при решении навигационных задач по геомагнитному полю в настоящее время связана с невозможностью достаточно точного учета временных вариаций, начиная с вековых и кончая короткопериодными.

Предложенные методы использования дифференциальных модификаций методов обработки не спасают положения.

Наибольшие успехи при решении навигационных задач с помощью МПЗ были достигнуты с использованием так называемого "портрета поля". "Портрет градиента геомагнитного поля" является несомненно более выразительным, поскольку ширина аномалии от одного и того же источника в градиенте в 0,7 раза уже соответствующей аномалии в поле. Таким образом требования к длине галса, необходимой для определения местоположения, существенно ниже; к тому же исключается ошибка за счет временных вариаций.

Градиентное геомагнитное поле самостоятельным объектом изучения до сих пор не являлось. Поэтому пока определять его градиенты можно толь-

ко расчетным путем, способ которого должен быть высокоточным, поскольку градиентное поле на много порядков меньше самого магнитного поля.

Это предъявляет особые требования к главному и единственному источнику для расчетов – информации о геомагнитном поле. Информация по полю должна быть точной, повсеместной и достаточно подробной. Такой информации по земному шару нет. Поэтому решать градиентную задачу приходится дифференцировано.

Пространственная структура стационарного геомагнитного поля может быть представлена как

$$T = T_{зл} + T_{кра} + T_p + T_l,$$

где $T_{зл}$ – главное геомагнитное поле;

$T_{кра}$ – поле крупных региональных аномалий;

T_p – поле региональных аномалий;

T_l – поле локальных аномалии.

Поскольку эти составляющие геомагнитного поля обусловлены источниками, залегающими на различной глубине и, следовательно, имеют различные пространственные спектральные характеристики, для их вычисления следует использовать различные методики и различные параметры трансформаций, определяемые предварительно исследованной пространственно-спектральной структурой.

Для описания градиентов главного геомагнитного поля оптимальным является аппроксимация поля рядом Гаусса. Формулы для расчета градиентов геомагнитного поля компонент X, Y, Z и T по трем координатным направлениям приведены в [1]. Карты соответствующих градиентов приведены там же.

Существует четыре метода описания крупных региональных аномалий по информации в точках, расположенных произвольно [2]:

- с помощью гармонического анализа в прямоугольной системе координат;
- суммой полей дипольных источников;
- суммой полей сферических слоев;
- сочетанием сферического гармонического анализа с анализом Фурье.

Анализ этих методов показал [2], что наиболее эффективным является описание поля крупных региональных аномалий с помощью фиктивных дипольных источников. Проведенный предварительно спектрально-пространственный анализ позволяет правильно выбрать параметры модели и площадку, на которой производится трансформация. Априорное определение геометрических параметров аппроксимирующей модели позволяет свести нелинейную задачу определения магнитных моментов источников к линейной. Применение стабилизирующего алгоритма построения интерполирующей конструкции повышает устойчивость решения.

Полученная пространственная векторная числовая модель крупных региональных аномалий может быть использована для вычисления градиентов, для аналитического продолжения в верхнее и нижнее полупространство, для приведения к полюсу. Однако, при построении аппроксимирующей модели должны быть учтены возможные высоты пересчета поля вверх и вниз.

Для расчета градиентов региональных составляющих геомагнитного поля для высот менее 50 км может быть использован интеграл Пуассона по следующим формулам (плоская задача) [3]

$$\frac{\partial X_{ah}(P)}{\partial x} = -\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z_{ao}(x, y) \frac{2x^2 - y^2 - h^2}{(x^2 + y^2 + h^2)^{5/2}} dx dy;$$

$$\frac{\partial X_{ah}(P)}{\partial y} = -\frac{3}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z_{ao}(x, y) \frac{xy}{(x^2 + y^2 + h^2)^{5/2}} dx dy;$$

$$\frac{\partial X_{ah}(P)}{\partial h} = -\frac{3h}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z_{ao}(x, y) \frac{x}{(x^2 + y^2 + h^2)^{5/2}} dx dy;$$

$$\frac{\partial Y_{ah}(P)}{\partial x} = \frac{\partial X_{ah}(P)}{\partial y};$$

$$\frac{\partial Y_{ah}(P)}{\partial y} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z_{ao}(x, y) \frac{x^2 - 2y^2 + h^2}{(x^2 + y^2 + h^2)^{5/2}} dx dy;$$

$$\frac{\partial Y_{ah}(P)}{\partial h} = -\frac{3h}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z_{ao}(x, y) \frac{y}{(x^2 + y^2 + h^2)^{5/2}} dx dy;$$

$$\frac{\partial Z_{ah}(P)}{\partial x} = \frac{\partial X_{ah}(P)}{\partial h}; \quad \frac{\partial Z_{ah}(P)}{\partial y} = \frac{\partial Y_{ah}(P)}{\partial h};$$

$$\frac{\partial Z_{ah}(P)}{\partial h} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z_{ao}(x, y) \frac{x^2 + y^2 - 2h^2}{(x^2 + y^2 + h^2)^{5/2}} dx dy.$$

Эти выражения даны в правой системе координат (ось x направлена на юг, ось y – на восток, ось h – вниз). Здесь $Z_{ao}(x, y)$ – значения вертикальной составляющей регионального или локального аномального геомагнитного поля на некоторой поверхности;

$$\frac{\partial X_{ah}(P)}{\partial x}, \frac{\partial X_{ah}(P)}{\partial y}, \frac{\partial X_{ah}(P)}{\partial h}, \frac{\partial Y_{ah}(P)}{\partial x}, \frac{\partial Y_{ah}(P)}{\partial y}, \frac{\partial Y_{ah}(P)}{\partial h}, \frac{\partial Z_{ah}(P)}{\partial x}, \frac{\partial Z_{ah}(P)}{\partial y}, \frac{\partial Z_{ah}(P)}{\partial h}$$

– градиенты северной, восточной и вертикальной составляющих регионального или локального аномального геомагнитного поля на поверхности наблюдения или над этой поверхностью в точке P .

Пусть в пределах каждого элементарного квадрата Z_{ao} может быть описано билинейной функцией вида

$$Z_{ao}(x, y) = a + bx + cy + dxy.$$

Тогда задачу вычисления интегралов можно свести к задаче вычисления некоторых весовых множителей; при этом интегралы, входящие в эти весовые множители, будут интегрироваться в элементарных функциях.

Для апробирования методики использовались данные модульной аэромагнитной съемки на полигоне в районе Восточно-Европейской платформы

размером 200x70 км. По данным измерений на высоте 600 м были вычислены значения модуля геомагнитного поля и его горизонтальные и вертикальные градиенты на высотах 5, 10 и 15 км.

Спектрально-пространственный анализ T и его градиентов $\frac{\partial T}{\partial x}$, $\frac{\partial T}{\partial y}$, $\frac{\partial T}{\partial h}$

показал, что в спектре геомагнитного поля T содержатся составляющие 25–40, 50–55, 90–100 и 250 км.

Соответственно, в спектре градиентов $\frac{\partial T}{\partial x}$, $\frac{\partial T}{\partial y}$, $\frac{\partial T}{\partial h}$ присутствуют со-

ставляющие с длинами волн 15–24, 30–35, 53–60, 150 км. Интенсивность этих составляющих на высоте 600 м достигает 150–200 нТл для горизонтальных и 500 нТл – для вертикальных градиентов.

На высоте 5 км максимальные значения градиентов не превышают 25, 20 и 30 нТл, на высоте 10 км – 15, 14 и 20 нТл.

По картам градиентов на высотах 5 и 10 км была решена навигационная задача [4].

Таким образом показано, что данные аэромагнитной съемки средней точности могут быть использованы для решения задачи высотной навигации. Погрешность навигации определяется погрешностью исходной информации, которая не хуже погрешности съемки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесова В.И. Аналитические методы магнитной картографии. М., Наука, 1985. 222 с.
2. Kolesova V.I. Methods of approximation of reference fields of different classes Russian Airborne Geophysics and Remote Sensing. Proc.SPIE, Vol. 2111, 1993, p.251–260.
3. Почтарев В.И. Нормальное магнитное поле Земли. М., Наука, 1983. 268 с.
4. Колесова В.И., Почтарев В.И., Тимескова Е.А. К расчету градиентов геомагнитного поля в приземном пространстве (для плоского случая). В кн. "Геомагнитное поле и внутреннее строение Земли". М., Наука, 1980. С.93–102.



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРЕПЛАВАНИЯ

ГРНТИ 78.21.43.15.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИИ ДЛЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФЛОТА

**А.Н.ДОБРОТВОРСКИЙ,
А.А.ФЕДОРОВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

Рассматривается широкий круг задач гидрометеорологического обеспечения, которые могут решаться с помощью корабельных радиолокационных метеорологических средств.

Основными задачами гидрометеорологического обеспечения сил флота являются: подготовка и передача данных в системы управления корабля о фактической и ожидаемой гидрометеорологической обстановке, оповещение и предупреждение об опасных и особо опасных метеорологических явлениях.

Наиболее жесткие требования предъявляются к обеспечению авианесущих кораблей и авианосных соединений, боевая и повседневная деятельность которых существенно зависит от гидрометеорологических условий. Поэтому ниже в основном рассмотрена возможность использования метеорологической радиолокации для обеспечения действий корабельной авиации, а также для обеспечения мореплавания ее носителей. Задачи гидрометеорологического обеспечения, решаемые при этом радиолокационными метеорологическими средствами, можно разделить на две группы (таблица):

1. Обеспечение действий корабельной авиации, в т.ч.:
 - подготовки к проведению полетов;
 - проведения полетов.
2. Обеспечение мореплавания.

Приведенные в таблице данные по предельной дальности обнаружения тех или иных погодных явлений получены для нормальных условий распространения радиоволн (отсутствия сверхрефракции), максимальная высота радиозаха облаков выбрана равной 7 км (характерна для северных широт). Представленная в таблице информация позволяет определить требования к корабельным средствам метеорадиолокации.

Сводные данные по гидрометеорологическому обеспечению действий авианесущих кораблей с помощью метеорадиолокаторов

Задача	Требуемая метеорологическая информация	Определяемые метеорадиолокатором данные			
		характеристика или тип погодного явления	дальность обнаружения		
Обеспечение действий корабельной авиации:	<ul style="list-style-type: none"> подготовка к проведению полетов 	Получение карты погоды с поднятыми условными знаками: фронтами, явлениями погоды и т.д.	Ближняя граница фронта.	300–350 км	
		Определение вертикального разреза атмосферы с указанием по высотам температуры, вектора ветра.	Направление и скорость перемещения радиоэха по слоям на дистанции.	300–350 км	
		Определение видимости в районе полетов, волнения моря и направления волны, величины качки корабля-носителя.	Видимость в снегопадах и осадках на дистанциях. Волнение (оценка параметров) и направление (определение) прихода волн.	50–60 км До радиогоризонта	
		Выработка прогноза погоды на маршруте перехода и в районе на период 4–8 ч: количество облачности, ее вид и высоты нижней и верхней границы облаков, направление и скорость ветра и волнения, видимость	Опасные или особо опасные явления (с заблаговременностью до 6 ч).	300–350 км	
		Определение опасных явлений погоды: грозы, туманы, турбулентность (районы, направление и скорость смещения, вертикальное развитие)	Радиоэхо грозовой облачности. Сильные туманы. Турбулентность в облачности.	300–350 км 10–15 км 20–30 км	
		Обнаружение облачности (тип)	Радиоэхо облачности (обнаружение) и его классификация.	300–350 км	
		Определение дальности горизонтальной видимости	Видимости в явлениях (снегопадах и осадках).	50–60 км	
		Обнаружение явлений погоды (дымка, туман, осадки, грозы)	Осадки. Грозы. Сильный туман. Дымка.	100 км 300–350 км 10–15 км –	
		Обеспечение мореплавания	<ul style="list-style-type: none"> Опасные явления погоды: <ul style="list-style-type: none"> усиление ветра до штормового; резкое ухудшение видимости; сильное волнение; подвижка льда 	Ветер при наличии облаков и осадков. Дальности видимости в снегопадах и осадках. Волнение (оценка параметров). Граница лед/вода.	300–350 км 50–60 км До радиогоризонта До радиогоризонта
				Атмосферные явления (туманы, осадки, облачность, дальность видимости)	Обнаружение радиоэха облачности и ее классификация. Измерение интенсивности осадков. Дальность видимости в явлениях (снегопадах и осадках).
Волнение	Волнение (оценка параметров).			До радиогоризонта	

Задачи обеспечения действий корабельной авиации. Метеорологическую информацию, необходимую для обслуживания действий авиации в обычных условиях можно разделить на две большие группы. В первую, наиболее важную, обычно включают большой перечень метеорологических параметров и явлений, необходимых для обеспечения полетов. Эта информация должна вырабатываться в непрерывном режиме в радиусе 70–80 км от авианесущего корабля. Указанная область в гражданской авиации часто называется терминальной зоной аэропорта – ТЗА. По требованиям ИКАО, перечень метеорологических параметров и явлений, определяемых для ТЗА с помощью обычного некогерентного метеорологического радиолокатора, следующий [1–3]:

- районы, покрытые облаками;
- облачность, в которой наблюдается сдвиг ветра, турбулентность;
- атмосферные осадки;
- высота облачности (включая многослойность);
- значение 3-х мерного вектора скорости ветра;
- вихри;
- град;
- видимость в осадках.

Важность перечисленной информации для ТЗА связана с тем, что в терминальной зоне протекают наиболее ответственные этапы полета воздушных судов – взлет и посадка.

Ко второй группе относится метеорологическая информация вне терминальной зоны пункта базирования авиации. Она содержит сведения о наличии облачности и прогноз ее перемещения в ТЗА, а также данные об осадках, грозах, граде и опасных порывах ветра.

Для северных районов из приведенного перечня метеорологических явлений, которые можно обнаруживать с помощью существующих отечественных метеорологических радиолокаторов, остаются следующие:

- области облачности;
- опасные облака, в которых есть сдвиги ветра и турбулентность;
- атмосферные осадки;
- высоты облаков;
- видимость в осадках.

Остальные метеорологические явления обнаруживаются только доплеровским (когерентным) метеорологическим радиолокатором.

В отдельную группу в силу своей значимости можно выделить задачи штормового оповещения или, другими словами, обнаружения опасных и особо опасных явлений погоды.

При этом основными задачами штормового оповещения, решаемыми с помощью метеорологического радиолокатора, являются:

- обнаружение облачности и связанных с ней опасных явлений;
- оценка скорости перемещения опасного явления с выработкой прогноза времени закрытия и открытия терминальной зоны авианесущего корабля (авианосного соединения);
- определение мощности облачности и измерение осадков;

- оценка возникновения возможных порывов ветра;
- обнаружение снежных зарядов.

Остановимся несколько подробнее на некоторых из перечисленных задач штормового оповещения.

Обнаружение облачности и связанных с нею опасных явлений. Дальность обнаружения облачности с помощью метеорологического радиолокатора зависит от типа облачности и сезона года. Для теплого сезона (май - август) для районов южного побережья Баренцева моря средняя дальность обнаружения осадков 100 – 150 км, осадков в виде снега 50 – 100 км. Приведенные данные, учитывая скорости перемещения названных явлений погоды, говорят о необходимости установки метеорологического радиолокатора непосредственно на корабле-носителе палубной авиации с тем, чтобы с заблаговременностью 40–90 мин. вырабатывать прогноз накрытия носителя облачностью, осадками, а также прогнозировать время его окончания [4].

Используемые для прогноза метеорологической обстановки параметры облачности метеорологическим радиолокатором в пределах дальностей обнаружения измеряются достаточно точно. Основными измеряемыми характеристиками являются:

- отражаемость облаков и осадков;
- высота верхней границы облачности;
- скорость и направление перемещения облаков и облачных полей;
- интенсивность осадков.

Дополнительно к указанным параметрам с его помощью может быть оценена степень порывистости ветра (по измерениям ширины спектра частот отраженного сигнала). Порывы ветра являются очень важным элементом оценки метеорологической обстановки в операционной зоне.

Обнаружение снежных зарядов. С помощью метеорологического радиолокатора осуществляется на расстояниях до 20–50 км от корабля. Это позволяет вырабатывать штормовые предупреждения с заблаговременностью 10–40 мин.

Задачи обеспечения мореплавания. Корабельный метеорологический радиолокатор может быть использован также для получения информации об осадках, волнении и наличии льда в районе плавания. О получении информации об осадках сказано выше. Интенсивность волнения может быть оценена по ширине спектра частот отраженного сигнала (радиолокационный волномер), которую нетрудно измерить.

Говоря об определении наличия льда, следует отметить, что существуют два способа определения границы раздела лед-вода. Первый основывается на отличии эффективной площади рассеивания (ЭПР) воды от ЭПР льда. Второй основан на различии частот флуктуации радиолокационного сигнала, отраженного от морской поверхности, и сигнала, отраженного от ледяного покрова.

Наличие льда на поверхности моря с помощью метеорологического радиолокатора типа МРЛ распознается по отличию значений ЭПР водной поверхности и льда при скользящих или отрицательных углах наклона антенны (предварительные опыты ГГО им.А.И.Воейкова [5]). Для реализации второго

способа необходимо произвести его доработку как в аппаратуре первичной обработки, так и в аппаратуре отображения информации существующих метеоролокаторов.

Для получения информации о структуре поля волнения на больших площадях водной поверхности может служить радиолокационный волномер, т.к. отраженный от морской поверхности радиолокационный сигнал несет эту информацию. Для ее извлечения необходимо проанализировать спектры сигнала в пределах одной посылки, спектры огибающей последовательности стробированных импульсов определенного элемента дальности и пространственно-временные спектры радиолокационного изображения участка водной поверхности. Спектры всех этих сигналов связаны с характером волнения.

В качестве аналогового измерителя параметров волнения можно использовать радиометр. В этом устройстве с помощью стробируемого усилителя выделяются видеосигналы выбранного элемента дальности. Типовым детектором формируется напряжение огибающей импульсов и далее определяется число пересечений этим напряжением его среднего уровня за мерный интервал. Найденная величина используется в качестве среднего значения частоты флуктуаций, которая связана с высотой волн. Отражающим элементом морской поверхности является рябь с длиной волны, которая при наблюдении под малыми скользящими углами равна половине длины волны радиолокатора [6].

В некоторых радиолокаторах возможность выделения видеосигнала элемента дальности реализована в устройстве первичной обработки сигнала; в связи с этим получение информации о параметрах волнения связано с разработкой специальных алгоритмов вторичной обработки информации. В настоящее время с использованием аппаратуры автоматизированной обработки, где пространственные измерения разбиты на определенные площадные элементы вплоть до элементов определяемых длительностью импульса, можно, с учетом названных алгоритмов судить о характеристиках волнения на большом пространстве.

Заключение. Можно отметить, что в целом вся информация, полученная с помощью метеорологического радиолокатора, наглядна и удобна для использования в оперативной работе. Время на ее съемку и обработку незначительно и составляет порядка 15 мин., при этом специальные виды наблюдения (волнение, лед) целесообразно проводить после выполнения стандартной программы зондирования облачных полей. Выполнять их можно практически при любых условиях погоды и времени суток. При наличии нескольких станций (нескольких кораблей), радиусы обзора которых перекрывают друг друга, можно получить информацию о волнении и состоянии ледяного покрова на значительном расстоянии. Радиус действия метеорологического радиолокатора при наблюдении за состоянием водной поверхности и ледяного покрова с корабля зависит от высоты установки станции и условий распространения радиоволн. В то же время дальность обнаружения облачности и связанных с ней опасных явлений зависит от высоты верхней границы радиоэха, условий распространения радиоволн и отражающей способности метеоцели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наставление по метеорологической службе авиации Вооруженных Сил СССР (НАМС–86). М.: Воениздат, 1987. – 184с.
2. Принципы построения автоматизированных систем метеорологического обеспечения авиации/ Под ред. Г. Г. Щукина.– Л.: Гидрометиздат, 1991.–371 с.
3. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ–1, МРЛ–2, МРЛ–5 РД 52.04.320–91. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 358 с.
4. Брылев Г. Б., Гашина С. Б., Низдойминога Г.Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 231 с.
5. А.В. Комаров. Об использовании МРЛ–2 для ледовых наблюдений в Арктике // Труды ГГО, 1982, вып. 470, с. 83–87.
6. Н.Ф. Михайлов, А.В. Рыжков, Г.Г. Щукин. Радиометеорологические исследования над морем. Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 208с.

ГРНТИ 78.21.36.17.15

**КАРТИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СЕКТОРА ЧЕРНОГО МОРЯ НА
ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ГЗП-2000**

**А.А.ЕРОШКО,
В.М.КУШНИР,
А.М.СУВОРОВ**

(Морской гидрофизический институт НАНУ)

По данным гидрологических съемок выполнено сопоставление непосредственно измеренных и геострофические течения. Для этого использованы данные синхронного вертикального профилирования векторов скорости и плотности, полученные при выполнении шести синоптических съемок комплексом ГЗП-2000. Сопоставление показало качественное и количественное подобие основных структурных особенностей измеренных и вычисленных (геострофических) течений в верхнем слое моря.

Введение. В настоящее время значительные массивы данных измерений гидрологических, гидрохимических, гидрооптических и гидробиологических характеристик Черного моря накоплены в различных банках данных. С их использованием этих данных созданы различные карты и атласы. В то же время карты течений Черного моря построены главным образом на основе геострофических расчетов или различных гидродинамических моделей бассейна, т.к. для этих целей использовался традиционный метод измерения течений – буйковые постановки с автономными приборами. Поскольку собственно постановки относительно немногочисленны, их продолжительность, пространственное положение и сроки измерений не позволяют воссоздать пространственную структуру течений рассматриваемого бассейна. Более современные средства – контактные и дистанционные (доплеровские) профиломеры течений – появились относительно недавно и пока не нашли широкого применения для систематических пространственных съемок.

Контактные профиломеры течений типа ГЗП-2000 [1] использовались в 1992–1994 г. для выполнения нескольких съемок северо-западной части Черного моря [2–5]. Эти приборы оснащены также высокоточными измерителями гидрологических характеристик, что позволяет синхронно с профилями течений получать профили плотности и вычислять геострофические течения. Такие данные использованы для объективного сопоставления результатов прямых измерений поля течений с данными их косвенных определений по полю плотности. На основе такого анализа определены условия при которых можно использовать имеющиеся массивы различных банков гидрологических данных для построения карт течений.

Экспериментальные данные. Ошибка измерения течений зондом ГЗП-2000 содержит три составляющие: погрешность акустического измерителя скорости (1,5–2,5 см/с) при средней скорости обтекания измерительных осей прибора от 10 до 40 см/с; погрешность определения скорости движения зонда относительно судна (1–1,5 см/с) и погрешность определения дрейфа судна (3–4 см/с) или остаточного течения на глубине 500 м, которая имеет приблизительно такую же величину. Так как эти погрешности независимы, с вероятностью 0,95 суммарная погрешность измерения находится в пределах 3,5–5 см/с [1, 4, 5].

Первая съемка профиломером ГЗП-2000 была выполнена 9–16 августа 1992 г. в экспедиционном рейсе НИСП "Яков Гаккель". Расстояние между станциями было равно 10 миль (при приближении к берегу – 5 миль), общее число станций – 83. Максимальная глубина зондирований составляла 500 м, в районах с меньшими глубинами – на 7–10 м меньше глубины места.

Использование профиломера ГЗП-2000 при выполнении съемки впервые позволило получить синхронные пространственные распределения течений и гидрологических параметров с высоким разрешением по вертикали (1 м) и по горизонтали (5–10 миль). Взаимные сличения данных профиломера ОЛТ и находящихся в этом же районе буйковых станций показали сходимость и воспроизводимость результатов в пределах возможной инструментальной погрешности автономных измерителей течений с вероятностью не ниже 0,77 [4].

Вертикальная структура течений характеризовалась хорошо выраженной слоистостью, причем границы слоев совпадали с границами термохалинных структур, а увеличение вертикальных сдвигов течений наблюдалось в зонах увеличения вертикальных градиентов плотности.

Зоны Основного черноморского течения (ОЧТ), конвергенции и прибрежных течений отчетливо выделялись в горизонтальной структуре течений по данным прямых измерений, что в целом соответствует данным ранее выполненным исследований. Основное отличие от традиционных представлений о картине течений состояло в том, что их структура, по данным прямых измерений, имела более сложную пространственную изменчивость [3, 4].

Вторая съемка поля течений и гидрологических характеристик производилась в экспедиции НИС "Трепанг" с 19 октября по 8 ноября 1993 г. При этом использовалась следующая методика. В зоне увеличения глубин от 1500 до 2000 м съемка поля течений и гидрологических параметров от поверхности до глубины 500 м выполнялась на двух полигонах размером 60 на 45 миль на сетке станций 5 миль по широте и 10 миль по долготе. Полученные данные были использованы для оперативного определения положения

потока ОЧТ, в т.ч. в контрольных точках установки находящихся в слое главного пикноклина двух долговременных (96 сут.) подповерхностных буйковых станций, оснащенных 9 автономными приборами типа ДИСК (МГИ 1301). Контрольные зондирования были выполнены с целью сличения показаний ГЗП-2000 с показаниями автономных приборов. Эти сличения показали достаточно хорошее совпадение показаний ДИСК и ГЗП-2000 как по направлению, так и по скорости течений [5].

Пространственная структура течений на двух указанных полигонах характеризовалась значительной изменчивостью вследствие интенсивного меандрирования ОЧТ, которое проявилось как по данным непосредственных измерений поля течений, так и по результатам расчета характеристик динамической топографии по полю плотности.

Третья съемка поля течений и гидрологических параметров профиломером ГЗП-2000 проводилась со 2 по 27 декабря 1994 г. в 32-ом рейсе НИС "Профессор Колесников" [2, 3]. В этой экспедиции для повышения качества гидрологических данных использовались три типа STD-измерителей: профиломер ГЗП-2000, гидролого-химический зонд ИСТОК-7 и гидролого-оптический зонд ОГХ, имеющие примерно аналогичные характеристики измерительных каналов температуры, относительной электрической проводимости и гидростатического давления. Взаимные сличения инструментов и метрологический контроль измерительных каналов проводились регулярно, что обеспечило надежный контроль их стабильности.

Съемка течений и гидрологических параметров продолжительностью 15 сут. первоначально была проведена на полигоне с координатами 43,5–45,0° с.ш., 31,5–35,0° в.д. с сеткой станций 10 на 20 миль. Зондирования выполнялись до глубины 520–540 м. Данные прямых измерений поля течений и результаты геострофических расчетов показали хорошо выражены фрагменты меандрирующего потока ОЧТ и синоптические циклональные и антициклональные вихревые структуры. Скорости поверхностных течений в струе ОЧТ по данным геострофических расчетов и прямых измерений находились в пределах 15–20 см/с.

Относительно спрямленный в широтном направлении участок ОЧТ был обнаружен в восточной части полигона. В этой зоне с 21 по 25 декабря 1994 г. была выполнена микрополигонная съемка размером 60 на 45 миль и с расстоянием между станциями 2,5–5 миль по широте и 10 миль по долготе. Зондирования проводились до глубины 1000 м, на некоторых станциях – до дна.

Прямые измерения и данные геострофических расчетов показали значительное увеличение скорости течения в зоне ОЧТ как в приповерхностном слое (до 100–150 см/с), так и на глубине основного пикноклина (до 20–25 см/с). Этот процесс зимней интенсификации ОЧТ был обусловлен усилением скорости ветра восточного направления в период с 21 по 25 декабря до среднесуточных значений 15–20 м/с.

Вертикальная структура течений в зоне ОЧТ по данным измерений зондом ГЗП-2000 имела следующие характерные особенности. Поток западного направления наблюдался в верхнем слое моря от поверхности до верхней границы основного пикноклина (30–60 м). Этот поток соответствует известной схеме поверхностной циклональной циркуляции в северо-западной части

Черного моря, где проводились указанные съемки. Изменение направления течения на восточное наблюдалось на некоторых станциях в верхней части основного пикноклина. Причем максимум этого противотечения, равный примерно половине скорости поверхностного течения, находился на глубинах 150–250 м, что примерно соответствует центру основного пикноклина. На нижней границе основного пикноклина (глубины 300–400 м) направление течения изменялось на западное, величины скоростей его были незначительными (3–5 см/с). Такая трехслойная структура течений соответствует предложенной С.Н.Булгаковым гидродинамической модели формирования циркуляции в Черном море и подтверждается также данными лабораторного физического моделирования в WHOI [2].

Указанное соответствие границ разнонаправленных потоков характеристикам гидрологической структуры вод служит основой для определения горизонтов характерных геострофических течений в зоне наибольшей динамической активности – зоне ОЧТ – и их последующего сопоставительного анализа с данными прямых измерений.

Методы обработки данных и анализ результатов. Сопоставительный анализ произведен в верхнем 50–100-метровом слое и в слое главного пикноклина (150–250 м). Для его выполнения создано специальное программное обеспечение (ПО), предназначенное для реализации следующих основных операций:

1. Усвоения информации, полученной на гидрологических станциях при съемке полигонов и расчета динамических высот на заданных горизонтах относительно выбранной "нулевой" поверхности.

2. Создания новой, более частой сетки опорных точек пространственной интерполяции исходных данных и пересчета динамических высот в узлы новой сетки.

3. Расчета меридиональной и широтной компонент скорости геострофического течения с последующим расчетом модуля и направления. (При выполнении таких расчетов использован стандартный динамический метод).

4. Формирования результатов в виде таблиц, графиков и карт с использованием стандартных пакетов GRAPHER и SURFER.

5. Сопоставления геострофических и измеренных течений путем построения регрессионных полей и расчета коэффициентов корреляции между расчетными и измеренными массивами данных. Для осуществления таких сопоставлений измеренные данные методом пространственной интерполяции пересчитываются в узлы новой сетки.

С помощью этого ПО была проведена обработка данных указанных выше комплексных синоптических съемок. В процессе их обработки выполнялись расчеты с изменением числа узлов сетки интерполяции и определением влияния количества таких узлов на конечный результат. Система показала устойчивость к изменению этого параметра. При этом не обнаружены принципиальные различия различных вариантов. В конечном итоге число узлов интерполяции было принято равным 400.

В динамическом методе расчета геострофических течений по данным плотностных съемок важным моментом является выбор "нулевой" поверхности, относительно которой и производятся все расчеты. В созданном ПО

обеспечена возможность ее изменения. На основе предварительно выполненных исследований [7] "нулевая" поверхность выбрана равной 500 дбар.

Разработанное ПО позволяет производить расчет геострофических течений на всех горизонтах, где выполнены измерения гидрологических характеристик (для данных профиломера ГЗП-2000 – через 1 м). Для целей данной работы расчеты производились до глубин 250 – 350 м с учащением горизонтов в верхнем слое моря. Так, для съемки, выполненной НИС "Профессор Колесников" в восточной половине полигона, расчеты геострофических течений и сопоставление их с измеренными произведены на горизонтах 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100, 150, 200 м. По данным съемки полного полигона – на горизонтах 1, 5, 10, 20, 50, 100, 150, 200, 250, 350 м; микрополигона – на горизонтах 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200 м. Геострофические течения по результатам первой съемки полигона НИС "Трепанг" рассчитаны на горизонтах 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 80, 100, 150, 200, 250, 350 м, а для второй съемки – на горизонтах 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 250, 350 м; для съемки НИСП "Яков Гаккель" – на горизонтах 1, 5, 10, 20, 50, 100, 150 м.

Кроме расчета геострофических течений и интерполяции в узлы заданной сетки, созданное ПО предусматривает возможность расчета статистических характеристик меридиональных и широтных составляющих измеренных и геострофических течений: математических ожиданий, дисперсий, корреляционных моментов и коэффициентов корреляции. По результатам расчетов на заданном горизонте на жестком диске формируется 30 файлов в виде таблиц, пригодных для использования в среде Windows в пакетах SURFER, GRAPHER.

Сопоставление горизонтальных распределений векторов на глубине 10 м по результатам прямых измерений и геострофических расчетов на основе данных первой комплексной синоптической съемки, выполненной экспедицией НИСП "Яков Гаккель", показало совпадение основных структурных особенностей этих распределений: усиление широтной (западной) составляющей скорости в районе сгущения изолиний динамических высот, разворот ОЧТ в юго-западном направлении в юго-западной части полигона. Тем не менее многие структурные особенности существенно различаются.

Пространственное распределение поверхностных течений, по данным ГЗП-2000-измерений и геострофических расчетов, выполненных экспедицией НИС "Трепанг", как и по данным первой съемки, показало качественное подобие общей схемы циркуляции по измеренным и вычисленным данным и вместе с тем наличие целого ряда отличий как по величинам скорости, так и по направлению векторов течений. То же самое можно сказать и о пространственных распределениях приповерхностных течений по данным прямых измерений и геострофических расчетов, выполненных на основе комплексной синоптической съемки полигона в 32-ом рейсе НИС "Профессор Колесников". Для определения количественных характеристик взаимосвязи горизонтальных распределений векторов геострофических \vec{V}_g и измеренных \vec{V}_i течений был использован векторно-алгебраический метод взаимного статистического анализа векторных полей [8].

Корреляция K_v векторных полей $\vec{V}_g(x, y), \vec{V}_i(x, y)$, определяется как математическое ожидание тензорного произведения векторов в точках с одинаковыми координатами

$$K_v = \langle \vec{V}_g \otimes \vec{V}_i \rangle \quad (1)$$

и характеризует взаимосвязь упорядоченных (коллинеарных) структур полей скорости течения безотносительно к выбранной системе координатных осей.

Относительно декартовых проекций скорости течения тензор K_v можно представить матрицей

$$K_v = \begin{pmatrix} K_{U_g U_i} & K_{U_g V_i} \\ K_{V_g U_i} & K_{V_g V_i} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где

$$K_{V_g V_i} = \langle (V_g - \langle V_g \rangle)(V_i - \langle V_i \rangle) \rangle;$$

$$K_{U_g U_i} = \langle (U_g - \langle U_g \rangle)(U_i - \langle U_i \rangle) \rangle;$$

$$K_{U_g V_i} = \langle (U_g - \langle U_g \rangle)(V_i - \langle V_i \rangle) \rangle;$$

$$K_{V_g U_i} = \langle (V_g - \langle V_g \rangle)(U_i - \langle U_i \rangle) \rangle;$$

U_g, U_i – широтные составляющие геострофических и измеренных векторов течений;

V_g, V_i – меридиональные составляющие.

Тензор K_v представим в виде суммы симметричного C и кососимметричного A тензоров

$$K_v = C + A = \begin{pmatrix} K_{U_g U_i}, 0.5(K_{U_g V_i} + K_{V_g U_i}) \\ 0.5(K_{V_g U_i} + K_{U_g V_i}), K_{V_g V_i} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0, 0.5(K_{U_g V_i} - K_{V_g U_i}) \\ -0.5(K_{U_g V_i} - K_{V_g U_i}), 0 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Линейный инвариант I симметричного тензора C равен сумме компонентов главной диагонали его матрицы

$$I = K_{U_g U_i} + K_{V_g V_i}, \quad (4)$$

что эквивалентно математическому ожиданию скалярного произведения векторов геострофических и измеренных течений, т.е. $I = \langle \vec{V}_g \cdot \vec{V}_i \rangle$ и характеризует степень его упорядоченных (коллинеарных) структур.

Если $I > 0$, взаимосвязь полей \vec{V}_g и \vec{V}_i определяется преимущественно однонаправленными составляющими этих векторов, если $I < 0$, то преимущественно противоположно направленными составляющими векторов.

Инвариант кососимметричной части корреляционного тензора

$$W = K_{U_g V_i} - K_{V_g U_i} \quad (5)$$

характеризует ортогональные взаимные структуры векторов измеренных и геострофических течений.

Если $W > 0$, то вектор \vec{V}_g преимущественно ориентирован вправо относительно вектора \vec{V}_i ; если $W < 0$, то преимущественно – влево.

Нормированные значения инвариантов симметричной и кососимметричной частей корреляционного тензора K_v определяют удельный вклад коллинеарных и ортогональных структур геострофических и измеренных векторов течений. Для определения условий нормировки рассмотрим тензор дисперсии поля течений (для определенности – геострофических).

$$D_v = \langle \vec{V}_g \otimes \vec{V}_g \rangle = \begin{pmatrix} K_{U_g U_g}, K_{U_g V_g} \\ K_{V_g U_g}, K_{V_g V_g} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где

$$K_{U_g U_g} = \langle (U_g - \langle U_g \rangle)^2 \rangle;$$

$$K_{V_g U_g} = K_{U_g V_g} = \langle (V_g - \langle V_g \rangle)(U_g - \langle U_g \rangle) \rangle;$$

$$K_{V_g V_g} = \langle (V_g - \langle V_g \rangle)^2 \rangle.$$

Этот тензор является симметричным и его линейный инвариант

$$I_g = K_{U_g U_g} + K_{V_g V_g} = D_{U_g} + D_{V_g}, \quad (7)$$

что эквивалентно сумме дисперсий составляющих векторов течений.

Аналогично для измеренных течений находим

$$I_i = D_{U_i} + D_{V_i}. \quad (8)$$

Нормированные значения инвариантов корреляционного тензора

$$R_K = I(I_g \cdot I_i)^{-0.5}, \quad R_W = W(I_g \cdot I_i)^{-0.5}, \quad (9)$$

что соответствует удельным вкладам коллинеарных и ортогональных структур геострофических течений относительно измеренных.

Ниже в таблице приведены значения нормированных величин инвариантов корреляционных тензоров коллинеарных R_K и ортогональных R_W структур, вычисленные для различных глубин при выполнении указанных выше синоптических съемок.

Из приведенных данных следует, что для большей части съемок нормированные инварианты тензоров коллинеарных структур в верхнем 100-метровом слое моря положительны и значительно превосходят значения аналогичных величин для ортогональных структур. Это соответствует отмеченному выше качественному подобию основных структур векторных полей измеренных и геострофических течений в верхнем слое моря. С увеличением глубины инварианты коллинеарных структур течений уменьшаются и на глубинах 200–250 м соизмеримы с инвариантами ортогональных структур. Это связано с тем, что с увеличением глубины увеличивается вклад шумовых факторов, которые разрушают статистические связи указанных полей скорости течений.

Нормированные значения инвариантов корреляционных тензоров R_K и R_W

Глубина, м	Этапы работ НИС "Профессор Колесников"						Этапы работ НИС "Трепанг"				Съемка НИСП "Я.Гагкель"	
	1		2		3		4		5		R_K	R_W
	R_K	R_W	R_K	R_W	R_K	R_W	R_K	R_W	R_K	R_W		
1	.53	.25	.42	.09	.33	-.12	.60	.21	-.02	-.22	.18	-.09
5	.48	.28	.49	.07	.37	-.08	.59	.18	-.08	-.22	.31	-.22
10	.53	.28	.54	.01	.39	-.07	.56	.18	-.14	.14	.36	-.22
20	.43	.19	.50	-.05	.48	-.12	.57	-.07	-.16	-.10	.34	-.07
30	.28	.14	—	—	.50	-.12	.57	-.13	-.02	-.15	—	—
40	.58	.15	—	—	.46	-.11	.60	-.11	-.05	-.22	—	—
50	.58	.18	.54	-.11	.45	-.15	.60	—	.0	-.31	.22	-.16
60	.65	.11	—	—	—	—	—	-.03	—	—	—	—
70	.58	.07	—	—	—	—	-.03	.05	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—	—	.05	.28	—	—	—	—
100	.27	-.09	.48	-.08	-.13	-.13	.28	.35	-.13	-.55	.17	-.28
150	.22	-.04	.38	-.07	.04	.04	.35	—	.11	-.50	-.11	-.25
200	.21	-.04	.25	.0	.0	.0	—	.19	—	—	—	—
250	—	—	.12	.12	—	—	.19	—	.0	.18	—	—

Примечание: 1 – второй этап полигонной съемки; 2 – полигонная съемка; 3 – микрополигонная съемка; 4 – первая полигонная съемка; 5 – вторая полигонная съемка.

Выводы.

1. Выполненный анализ квазисинхронного распределения измеренных и вычисленных (геострофических) течений показал, что для условий синоптических съемок продолжительностью 10–15 сут. отмечается качественное и количественное подобие основных структур поля течений в верхнем 50–100-метровом слое моря. Вместе с тем отдельные фрагменты таких распределений могут значительно различаться между собой вследствие многих естественных причин, к которым относятся:

- изменение в течение съемки дрейфовых течений;
- проявление инерционных и других типов волновых колебаний;
- нестационарные изменения синоптической компоненты.

2. Взаимный статистический анализ измеренных и геострофических течений показал, что для преобладающего количества рассмотренных синоптических съемок (5 из 6) в верхнем слое моря отмечаются положительные величины нормированных инвариантов корреляционных тензоров коллинеарных структур для указанных векторных полей. Эти инварианты значительно превышают инварианты соответствующих ортогональных структур, что отвечает преобладанию упорядоченных или согласованных пространственных изменений сравниваемых векторных полей.

Между векторами измеренных и геострофических течений в направлении преобладающих переносов коэффициенты корреляции имеют значимые положительные значения (0,6...0,8) в верхнем слое моря. С глубиной эти величины, так же как и величины тензорных инвариантов, уменьшаются. На глубинах 200–250 м тензорные инварианты коллинеарных структур становятся соизмеримыми с ортогональными. Это связано с общим уменьшением скорости течений с глубиной и, следовательно, с усилением влияния различного рода шумовых факторов, а также со сложной слоистой вертикальной

структурой реальных течений, которая во многих случаях может не соответствовать геострофическим распределениям.

3. Наилучшее соответствие измеренных и геострофических течений наблюдается в верхнем 30–50-метровом слое моря для стабильных по направлению потоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов А.Е., Кушнир В.М., Никитин А.В., Тимошенко Н.К., Шевцов А.Т. Комплекс гидрофизический зондирующий для океанографических исследовательских судов // Записки по гидрографии. – 1991 – №226 – С. 49–57.
2. Булгаков С.Н. Формирование крупномасштабной циркуляции и стратификации вод Черного моря. Роль потоков плавучести. Изд. МГИ НАНУ. Севастополь. 1996. 243 с.
3. Булгаков С.Н., Кушнир В.М. Особенности поля течений в северо-западной части Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 1996. – №5. – С.66–78.
4. Иванов В.А., Иванов Л.И., Кушнир В.М. Поле течений в северо-западном секторе Черного моря и его взаимосвязь с распределением гидрологических характеристик // Морской гидрофизический журнал. – 1994. – №5. – С.45–56.
5. Bulgakov S.N., Kushnir V.M. Vertical Structure of the Current Field in the Northern Black Sea". Oceanologica Acta. 1996. Vol.19. №5. P.513–522.
6. Ерошко А.А. Пакет программ статистической обработки результатов гидрофизических и экологических измерений. Международный научно-технический семинар "Морское и экологическое приборостроение. Сб. трудов. Севастополь. МГИ НАНУ. 1995. С. 91–92.
7. Блатов А.С., Булгаков Н.П., Иванов В.А. и др. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря. Л.: Гидрометеоиздат. 1984. 240 с.
8. Бельшев А.П., Клеванцов Ю.П., Рожков В.А. Вероятностный анализ морских течений. Л.: Гидрометеоиздат. 1983. 264 с.

ГРНТИ 78.25.25.47

ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ НИЦ ГНИНГИ МО

**В.Г.ЛЯМЗИНА,
С.И.МАСТРЮКОВ,
С.Л.НОСОВА,
Н.Н.ПИХОЛЕНКО,
В.Ю.ТУГАРЕВ
(ГНИНГИ МО РФ)**

На основе использования международного и отечественного опыта изложены принципы, которые должны быть положены в основу технологии контроля качества гидрологической и гидрохимической информации, хранимой в банке океанографических данных Министерства обороны РФ.

В соответствии с концепцией построения военного контура Единой системы информации об обстановке в Мировом океане в НИЦ ГНИНГИ должна быть разработана технология управления океанографическими данными, обеспечивающая их долговременное и гарантированное хранение и опера-

тивное предоставление *. При этом океанографическая информация, передаваемая пользователям, предварительно должна пройти контроль и иметь атрибуты, позволяющие им оценить качество получаемых данных.

В качестве таких атрибутов целесообразно использовать некие коды, присваиваемые данным, прошедшим те или иные процедуры контроля. Особенно важно дополнение представляемой информации атрибутами (флажками) качества при интегрировании данных разнородных источников, когда их невозможно проверить по первоисточникам.

Следует отметить, что ранее этой проблеме должного внимания не уделялось, что потребовало провести анализ возможных путей ее решения.

Основными причинами низкого качества данных являются:

- неточность измерений;
- ошибки при записи и занесении первичной информации в базы данных.

Первая из них чаще всего выявляется на том или ином этапе эксплуатации технических средств и приводит к отказу от их последующей эксплуатации (отдельные виды термозондов, электромагнитный измеритель течений – ЭМИТ и др.). Поэтому наличие сведений о типе используемого измерительного прибора является неременным условием принятия положительного решения о возможности включения полученной с его помощью информации в базы данных.

Вторая причина является наиболее распространенной. Ошибки могут быть как в значимой части данных (координаты, дата, время, глубина места, платформа и т.п.), так и непосредственно в данных измерений. Доля станций с такими ошибками по оценке специалистов Мирового центра океанографических данных (Вашингтон) достигает 10%. Устранению ошибок такого рода и посвящена настоящая работа.

При расчете статистических характеристик гидрометеорологических полей имеется еще ряд требований, вытекающих из необходимости получения несмещенных, состоятельных статистических оценок первичной информации. Проблемы, связанные с такими оценками, здесь не рассматриваются.

Ниже изложены принципы, которые должны быть положены в основу технологии контроля гидролого-гидрохимических данных в НИЦ ГНИНГИ. Они согласованы с принципами, принятыми в ведущих отечественных и зарубежных центрах сбора и обработки океанографической информации [1, 2] и базируются на полученном в НИЦ опыте контроля качества данных. Принятую процедуру контроля качества данных условно можно разбить на два крупных этапа:

1. Объективный контроль, который может быть формализован и практически полностью автоматизирован.

2. Интерактивный субъективный контроль, который должен быть выполнен с участием специалиста, предполагает обращение к первоисточникам (при их наличии) и не может быть полностью автоматизирован.

Отметим, что описываемые ниже процедуры не затрагивают некоторые специальные формы контроля океанографической информации, которые необходимы при решении тех или иных прикладных задач. Например, при кон-

* См. следующую статью в этом номере журнала. (Прим. ред.).

троле океанографических данных в интересах гидролого-акустического обеспечения непременным условием является наличие данных совместных наблюдений за температурой и соленостью, наличие измерений на поверхностном горизонте, наличие данных с требуемым разрешением по вертикали и т.п. В то же время при расчете средних значений гидрологических характеристик выполнение этих требований не обязательно. То есть принятые критерии качества данных при решении специальных задач могут дополняться.

Этап объективного контроля. Цель работ на этом этапе – поиск и регистрация поддающихся идентификации ошибок. Результаты фиксируются в протоколах проверки рейсов, баз данных. По результатам проверки и последующего редактирования данным присваиваются те или иные флажки качества информации.

Контроль форматов записи. Предваряет контроль качества.

Формальный контроль призначной части. Заключается в проверке на соответствие допустимым пределам призначной части данных наблюдений. Проверяются поля: год (больше начального, меньше текущего), месяц (1..12), дата (по числу дней в месяце), время (часы -0..23, минуты 0-59), широта (-90..+90), долгота (-180..+180). При наличии данных о глубине в узлах достаточно подробной сетки Мирового океана проверке подлежат и сведения о глубине места.

Проверка на дубли. Особенно важна при слиянии (комплексировании) данных наблюдений из различных источников. Дубли станций, выполненных в одной точке, в одно и то же время и имеющие одни и те же данные наблюдений, исключаются. К сожалению в различных центрах сбора данных координаты регистрируются с различной степенью точности. Так в массивах НИЦ они хранились с точностью до минут, хотя в ряде случаев следует их знать с точностью до сотых долей минуты.

Если сами данные наблюдений не совпадают, регистрируется дублирование призначных частей станций. На последующем этапе уточняется с какой точностью записаны координаты станций, проверяется призначная часть обеих станций по первоисточнику и технологом принимается решение об исключении сведений одной из станций.

Проверка на дублирование горизонтов, отрицательные горизонты и отсутствие нулевого (поверхностного) горизонта, допустимое расстояние между горизонтами. В общем случае перед проверкой этой группы факторов выполняется сортировка записей по возрастанию горизонта. При наличии одинаковых записей на дублирующих горизонтах одна из дублирующих записей удаляется автоматически, наличие отрицательных горизонтов, отсутствие нулевого регистрируется. Допустимое расстояние между соседними горизонтами, в соответствии с [1], задается равным удвоенному расстоянию между соответствующими соседними стандартными горизонтами. Если эти диапазоны не выдерживаются, станция помечается флажком, показывающим ее непригодность для использования при интерполяции на стандартные горизонты.

Контроль на глобальный диапазон изменчивости (климатический контроль). По опубликованным данным для крупных океанских районов, например Северная, Центральная и Южная Атлантика, задаются пределы возможного изменения параметров состояния океана. Выполняется автоматический контроль на соответствие диапазонам изменчивости, регистрируются период

и объем данных, которые не соответствуют заданным диапазонам изменчивости. В зависимости от полученных результатов на последующем этапе принимается решение о корректуре допустимых диапазонов изменчивости. При наличии необходимых сведений о диапазоне изменчивости в региональном масштабе по сезонам изложенная процедура контроля может дополняться контролем на региональный диапазон изменчивости.

В связи с наблюдаемыми климатическими изменениями в последние десятилетия нельзя исключать заметного изменения определенных ранее диапазонов изменчивости.

Контроль на крупные градиенты и инверсии температуры. Исходя из физических соображений и на основе данных предыдущих наблюдений можно оценить максимально допустимое увеличение температуры воды с глубиной, равно как и максимальное ее уменьшение с глубиной (вертикальные градиенты). При отсутствии данных наблюдений за соленостью считается [1, 2], что вертикальный градиент температуры в открытом океане должен лежать в пределах $-0,7 \dots +0,3 \text{ C}^\circ/\text{м}$.

Если наблюдается инверсия температуры (рост с глубиной – положительный градиент) в последующем при наличии наблюдений за соленостью целесообразно выполнить контроль на инверсию плотности.

На последующем этапе, если наблюдается большое число наблюдений с градиентами, превышающими заданные, специалист должен проанализировать объем и распределение этих данных по районам и принять решение об изменении принятых региональных критериев.

Проверка значений на стандартное отклонение. Этому виду контроля предшествует вертикальная интерполяция данных наблюдений на стандартные горизонты.

Метод вертикальной интерполяции. Для интерполяции целесообразно использовать процедуру, основанную на последовательном применении трехточечной интерполяционной формулы Лагранжа.

Сначала определяются значения параметра на стандартном горизонте по двум точкам на профиле, лежащим выше стандартного горизонта и одной точке ниже, затем – по одной – выше и двум – ниже. В качестве искомого значения принимается среднее между результатами двух интерполяций. Если точки наблюдений обозначить 0, 1, 2 интерполяционная формула имеет вид [3]

$$T(z) = (z - z_1)(z - z_2)(z_0 - z_1)^{-1}(z_0 - z_2)^{-1}T_0 + \\ + (z - z_0)(z - z_2)(z_1 - z_0)^{-1}(z_1 - z_2)^{-1}T_1 + \\ + (z - z_0)(z - z_1)(z_2 - z_0)^{-1}(z_2 - z_1)^{-1}T_2 .$$

Такой способ предпочтительнее обычной линейной интерполяции, поскольку не приводит к искажению профилей и позволяет точнее воспроизвести вертикальные градиенты. Ясно, что для стандартных горизонтов прилегающих к нулевому и последнему, используется расчет по одной трехточечной интерполяционной формуле.

Проверка на стандартное отклонение. При этой форме контроля земной шар делится на пятиградусные (по широте и долготе) квадраты. В каждом из квадратов выделяются одноградусные ячейки, расположенные вблизи бе-

реговой черты – прибрежные районы; ячейки через которые проходит береговая черта – береговые районы, а все остальные относятся к районам открытого океана. Для каждого пятиградусного бокса в первом приближении задаются средние значения и стандартные отклонения (σ) характеристик на стандартных горизонтах (по опубликованным данным или результатам обработки имеющихся данных, прошедшим описанные выше стадии контроля).

Если отклонение данных наблюдений от среднего на любом стандартном горизонте превышает $N\sigma$, это наблюдение маркируется флажком. Для первых пяти стандартных горизонтов (0...50м), коэффициент N для открытых, прибрежных и береговых районов океана принимается равным 3, 4, и 5, соответственно. Ниже первых пяти горизонтов N принимается равным 3, за исключением случаев, когда проверяемый горизонт относится к береговому району и расположен глубже средней глубины береговой одноградусной ячейки. В таких случаях $N=4$. Повышенная изменчивость в прибрежных районах обусловлена высокой динамической активностью, вызванной речным стоком, близостью суши, апвеллингом, другими факторами.

После выполнения проверки новых данных производится расчет средних и стандартных отклонений, без данных, не прошедших контроль и весь цикл проверки повторяется.

Проверка плотности на стандартных горизонтах. Базируется на физически обусловленном стремлении морской воды к устойчивой плотностной стратификации.

Считается [1], что падение плотности воды с глубиной более чем на 3×10^{-5} на глубинах до 30 м, 2×10^{-5} – на соседних горизонтах в слое 50 – 400 м и 10^{-6} г/см³ глубже 400 м физически не обосновано. Значения температуры и солености на соответствующих горизонтах должны быть помечены, как не прошедшие данный вид контроля. Расчет плотности воды на стандартных горизонтах выполняется по уравнению, рекомендованному ЮНЕСКО [4].

Проверка на температуру замерзания. Выполняется на стандартных горизонтах путем сравнения с температурой замерзания морской воды, рассчитываемой согласно [4]. Считается, что даже в условиях интенсивного выхолаживания в районах с чистой водой переохлаждение морской воды не превышает 0,4 °С.

Контроль по скорости хода судна. Максимальная скорость хода экспедиционных судов известна и должна быть указана в базе океанографических данных для каждого из судов. При этом она, как правило, не превышает 20 уз. Используя это обстоятельство, или задавая любую допустимую скорость движения судна, можно проверить, может ли оно пройти из одной точки в другую за определенное время. Расстояние определяется по координатам двух последовательно выполненных станций, а время – по разности между сроками наблюдений.

Этот вид проверки предваряется сортировкой станций в рейсе по времени выполнения измерений. Станции, не прошедшие этот вид контроля, регистрируются; на последующем этапе специалист проверяет сроки и координаты станций.

Этап интерактивного субъективного контроля. Цели работ на этом этапе следующие.

Контроль попадания станций на сушу. Важнейший элемент контроля. Реализуется путем отображения точек выполнения наблюдений на той или иной картографической основе, предварительно отсортированных по времени выполнения. Должна быть обеспечена идентификация рейсов, номеров станций, по которым в последующем специалист должен принять решение об исправлении координат. Целесообразно обеспечить возможность масштабирования картографической основы (зуммирование). При отсутствии первоисточников станция, попадающая на сушу, полностью отбраковывается.

Субъективный контроль последовательности вертикальных профилей. Эта форма контроля является, видимо, наиболее трудоемкой. Она заключается в визуальном сравнении профилей, выполненных последовательно в одном рейсе. Появление особых точек на профиле, меняющих форму кривой и отсутствующих на других профилях, должно быть для специалиста сигналом для внимательного анализа данных и возможно их проверки по первоисточнику (если он в наличии) или пометки данных наблюдений на том или ином горизонте, как недостоверных по мнению эксперта.

Анализ результатов объективного контроля. На этом этапе контроля специалистом (группой экспертов) могут приниматься решения, основанные на результатах объективного анализа данных наблюдений. В их числе – решения об изменении допустимых диапазонов изменения той или иной величины на стандартных горизонтах (возможно в различные сезоны), о пересчете средних значений и дисперсий в пятиградусных квадратах и т.п. На этом же этапе осуществляется наиболее трудоемкая работа по сличению сомнительных данных с первичными материалами наблюдений (при их наличии).

Заключение. Изложенные принципы контроля в НИЦе ГНИНГИ полностью пока еще не реализованы. К числу наиболее трудоемких работ по созданию технологии контроля относятся:

- разработка соответствующих программных модулей;
- сопряжение их с базами данных, что должно позволять оператору по результатам контроля непосредственно редактировать данные в базе данных;
- создание баз данных с диапазонами допустимой изменчивости самих параметров и их вертикальных градиентов, средними квадратическими отклонениями значений параметров, глубинами, скоростями хода судов и т.п.

К настоящему времени однако уже разработана начальная версия АРМ оператора по контролю качества данных. Описанию возможностей этой системы будет посвящена отдельная статья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Quality control and processing of historical oceanographic temperature, salinity and oxygen data. NOAA Technical Report NESDIS 81, 1994, 65 p.
2. GTSP real-time quality control manual. UNESCO Manual and Guides № 22, 1990, 121 p.
3. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. UNESCO Technical papers in Marine Science №44, 1983, 53 p.
4. Г.Корн, Т.Корн. Справочник по математике, М.: Наука, 1978, 831 с.

ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДАННЫХ БАТИТЕРМОГРАФНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НИЦ ГНИНГИ МО

**С.И.МАСТРЮКОВ,
В.Ю.ТУГАРЕВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

Приведено описание технологии контроля качества данных батитермографных наблюдений, разработанной на основе принятых принципов контроля качества гидролого-гидрохимических данных, хранимых в банке океанографических данных МО РФ. Указаны возможные направления совершенствования технологии и использования разработанных программных модулей.

На основе разработанных НИЦ ГНИНГИ принципов контроля качества гидролого-гидрохимических данных* в применении к данным батитермографных наблюдений относящимся к государственным ресурсам информации, за качество которых НИЦ ГНИНГИ несет ответственность, разработана автоматизированная технология контроля качества.

Совокупность информационных ресурсов (баз батитермографных данных), проблемно-ориентированного приложения (набора программных модулей) и вычислительных средств, предназначенных для контроля качества этого вида данных, назовем Автоматизированным рабочим местом оператора по контролю качества батитермографных данных (АРМ контроля качества).

База с исходными данными состоит из трех основных таблиц и ряда справочных. В число основных таблиц входят:

- таблица «Рейс» с полями:
 - ◆ номер экспедиции;
 - ◆ код судна;
 - ◆ номер отчета;
 - ◆ код прибора;
 - ◆ код оператора контроля качества.
- таблица «Станция» с полями:
 - ◆ номер экспедиции;
 - ◆ сквозной номер станции;
 - ◆ номер станции в экспедиции;
 - ◆ координаты станции;
 - ◆ дата и время станции, ниже – дата станции;
 - ◆ сопутствующие метеорологические данные (ветер, температура, давление);
 - ◆ флаг качества характеристик станции;
- таблица «Измерения» с полями:

* См. предыдущую статью данного номера журнала. (Прим. ред.).

- ◆ сквозной номер станции;
- ◆ горизонт;
- ◆ температура;
- ◆ флаг качества измерений.

База функционирует под управлением СУБД «Access», средствами которой поддерживается целостность и каскадное обновление данных. По уникальному номеру экспедиции, база батитермографных наблюдений сопряжена с базой океанографических метаданных НИЦ.

АРМ контроля качества должно обеспечить возможность соблюдения основных принципов контроля гидрологических данных, быть удобным и позволять оператору при необходимости редактировать данные в самой базе данных, автоматически расставляя флажки качества данных. Формальный контроль даты, форматов записи и т.п. осуществляется средствами СУБД.

В качестве среды разработки проблемно-ориентированного приложения использована система объектно-ориентированного визуального программирования Delphi4. Возможности этой среды позволили организовать информационное сопряжение приложения с базой данных батитермографных наблюдений. Запуск приложения осуществляется из базы батитермографных данных. Вид окна контроля призначной части рейса приведен на рис.1.

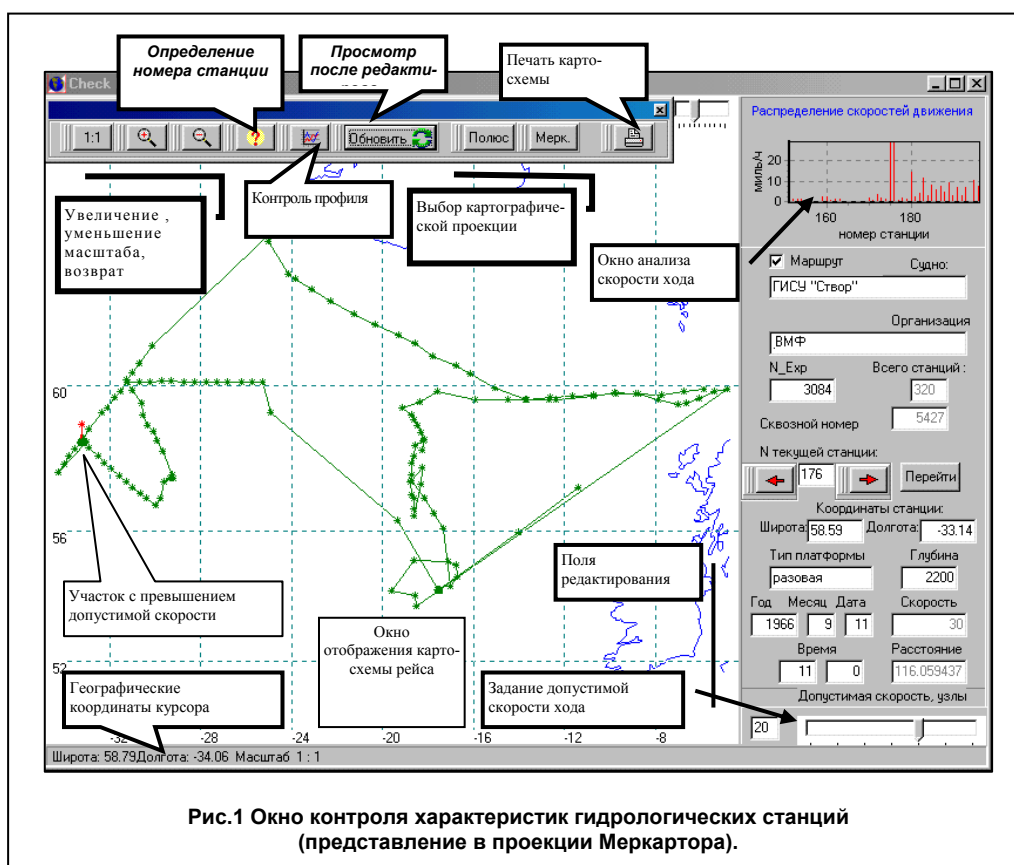


Рис.1 Окно контроля характеристик гидрологических станций (представление в проекции Меркатора).

К основным возможностям оператора на этом этапе контроля относятся:

- отображение карто-схемы рейса в меркаторской или полярной проекциях;
- масштабирование по отдельным районам;
- задание допустимой скорости хода судна;
- просмотр расчетной скорости хода судна между гидрологическими станциями;
- определение номера станции по местоположению курсора и определение положения заданной станции (индицируется красным цветом);
- вывод картосхемы рейса на печать.

Полярная проекция в основном используется при анализе схемы рейса в высоких широтах (рис.2).

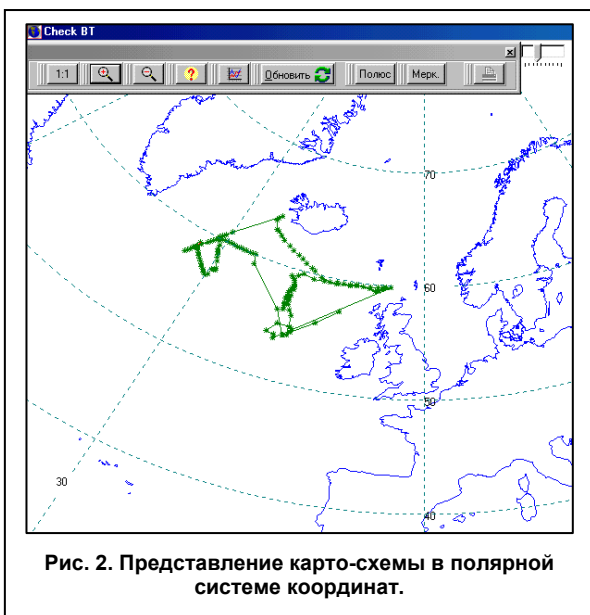


Рис. 2. Представление карто-схемы в полярной системе координат.

Контроль по скорости судна позволяет практически полностью выявить ошибки, вызванные неправильным занесением координат или даты выполнения гидрологической станции. После исправления координат или даты вновь проверяется карто-схема рейса (рис.3а). Для удобства оператора участки, на которых скорость хода судна превышает заданное допустимое значение, выделяются красным цветом.

Отображение карто-схемы рейса позволяет оператору быстро выявить станции, попадающие на сушу, что естественно, является недопустимым. При невозможности однозначного исправления

но, является недопустимым. При невозможности однозначного исправления

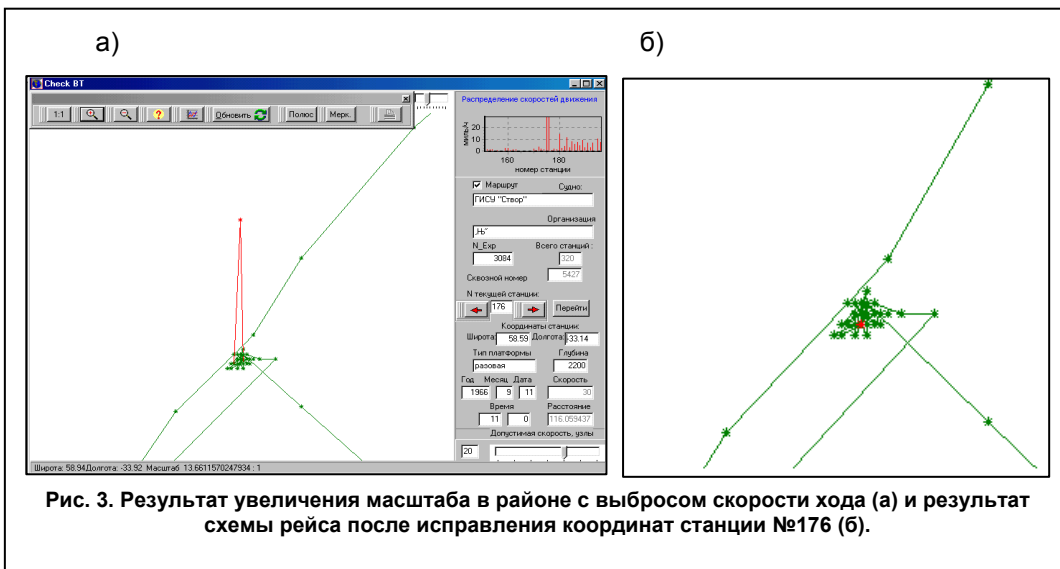


Рис. 3. Результат увеличения масштаба в районе с выбросом скорости хода (а) и результат схемы рейса после исправления координат станции №176 (б).

координат или даты наблюдений оператор должен обращаться к отчетным материалам о рейсе, а при их отсутствии выбраковывать всю станцию. Выбраковка осуществляется средствами СУБД.

Следует отметить, что в программных модулях отображения схемы рейса учтены все возможные варианты, включая отображения кругосветных экспедиций.

Используемый для построения картосхемы рейса массив данных о координатах береговой черты для решения поставленной задачи достаточно подробен. В дальнейшем для контроля положения последнего горизонта планируется дополнить его массивом глубин Мирового океана с разумным усреднением (возможно по одноградусным ячейкам).

Процедура контроля даты выполнения станции в известной степени упрощается при анализе последовательности номеров станций, отсортированных по дате. Пропуск очередного номера в последовательности свидетельствует о неправильном занесении даты одной из соседних станций. Для быстрого поиска «пропавшей» – выпавшей из последовательности станции – оператор может воспользоваться кнопкой «Перейти» в окне контроля.

Для анализа скорости хода судна в рейсе в окне «Скорость хода судна» реализованы возможности масштабирования и прокрутки.

Нажатие кнопки «Контроль профиля» вызывает модуль отображения и анализа кривых вертикального распределения температуры воды. Окно контроля (рис.4) состоит из окон отображения профиля, окна редактирования, кнопок – запуска процедур контроля, обновления («Refresh»), перехода, прохода по станциям, выхода, а также других элементов.

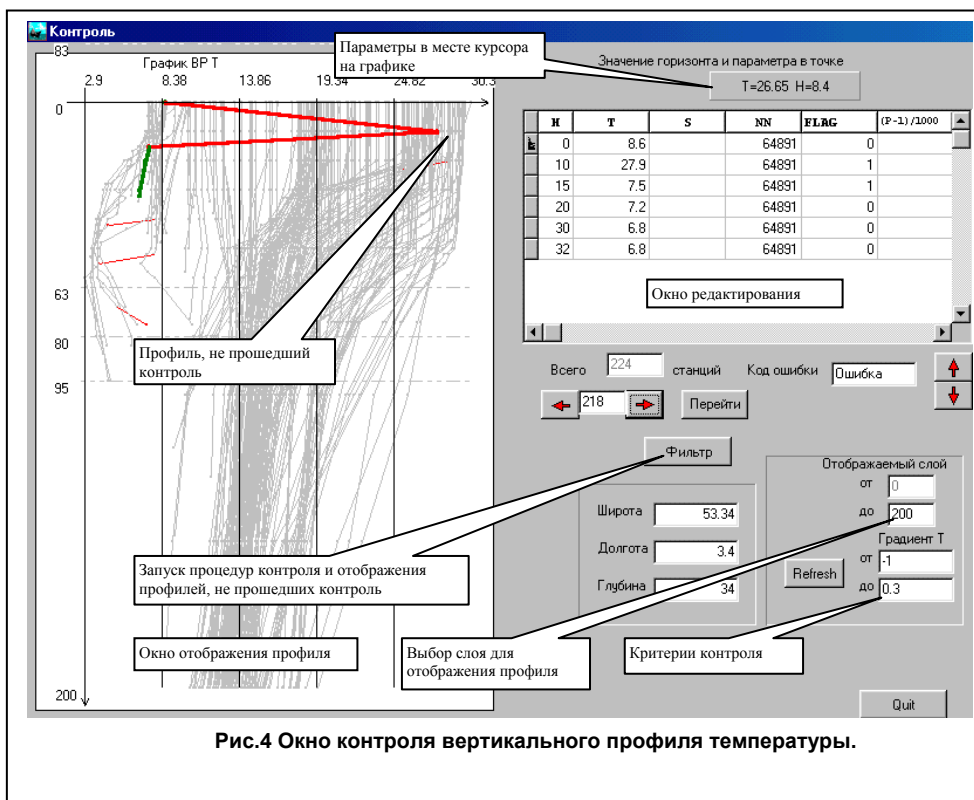


Рис.4 Окно контроля вертикального профиля температуры.

В окне контроля профиля оператор имеет возможность просмотра всей последовательности профилей в любом выбранном диапазоне глубин, что в отдельных случаях бывает ему необходимо для выявления ошибок (см. рис.4). Изначально в окне отображения представляются все профили, полученные в рейсе, текущий выделен зеленым цветом. Если он содержит ошибки, соответствующие отрезки текущего профиля выделяются толстой красной линией. Тонкими красными линиями выделяются отрезки профиля, не прошедшие контроль на других станциях. Нажатие кнопки «Фильтр» позволяет отобразить только те профили, которые не прошли процедуры контроля.

Для температуры воды осуществляется только климатический контроль на диапазон изменчивости и контроль на вертикальный градиент температуры. Пока в качестве критических градиентов температуры по умолчанию задаются градиенты $-0,3^{\circ}\text{C}/\text{м}$ и $\dots -1^{\circ}\text{C}/\text{м}$. Оператор имеет возможность изменить критические параметры. В дальнейшем, после создания региональных баз диапазонов изменчивости и критических градиентов температуры, перечисленные параметры будут автоматически задаваться после выборки из баз данных по координатам и дате наблюдений.

После исправления ошибок оператор нажимает кнопку «Refresh» и вновь просматривает результаты контроля. Если исправить данные наблюдений не представляется возможным (отсутствует отчет), тот или иной горизонт помечается флажком, значение которого соответствует коду выявленной ошибки (1 – ошибка градиента, 2 – ошибка диапазона).

После исправления выявленных ошибок, нажатием кнопки в форме базы батитермографных наблюдений в базу данных автоматически вносятся исправления, расставляются флажки качества, фамилия оператора, выполнившего контроль качества, вносится в таблицу «Рейс».

В заключение следует отметить, что разработанное АРМ контроля качества батитермографных наблюдений может быть адаптировано к данным не только гидролого-гидрохимических наблюдений, но и к любым наблюдениям за состоянием природной среды, как Мирового океана, так и Земли.

Дополнение Приложения новыми процедурами контроля принципиальных сложностей не вызывает. В частности, контроль вертикального профиля может быть дополнен контролем пространственной структуры поля, синхронизацией результатов съемки, а также интерполяцией [2–4], что позволяет рассматривать настоящую разработку как шаг к созданию АРМ океанолога по анализу пространственно-временной структуры гидрофизических полей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мاستрюков С.И. Восстановление в узлы регулярной сетки и синхронизация данных гидрофизической съемки на основе полиномиальной аппроксимации пространственно-временного распределения гидрофизических характеристик // Рукопись. Депонирована в ЦИВТИ МО Н Б 10066.– М., 1986, – 12 с.
2. Мастрюков С.И. Использование полиномиальной аппроксимации пространственно-временного распределения гидрофизических характеристик для вычисления адвективных переносов в океане // Рукопись. Депонирована в ЦИВТИ МО Н Б 10068. – М., 1986. – 16 с
3. Мастрюков С.И., Банков–Байков Ю.Л., Уранов Е.Н. Интерполяция параметров гидрофизических полей в узлы регулярной сетки на основе точечной аппроксимации алгебраическим полиномом переменной степени // Труды ААНИИ, 1989. – Т.417. – С.77 – 84.



МОРСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

ГРНТИ 75.25.25.29.31.29.29

ОБ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА РАЙОНОВ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО УТИЛИЗАЦИИ РОССИЙСКИХ АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

**С.П.АЛЕКСЕЕВ,
В.Г.ДМИТРИЕВ,
А.Н.ДОБРОТВОРСКИЙ,
Ю.Н.ЖУКОВ,
А.А.ЗОТОВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

Характеризуются стадии процесса утилизации АПЛ. Рассматриваются факторы экологической безопасности, в том числе гидрометеорологические и другие геофизические. Обосновывается необходимость создания специальной интегрированной системы мониторинга экологической безопасности. Описываются ее задачи, перечисляются контролируемые параметры. Анализируются общие требования к информационной инфраструктуре системы и пути ее создания.

Необходимость реализации программ по техническим аспектам обращения с радиоактивными отходами и концепция устойчивого экологически безопасного развития территорий требуют решения многочисленных проблем развертывания комплекса работ по утилизации выведенных из эксплуатации российских атомных подводных лодок (АПЛ) с учетом сбалансированного развития экономики и улучшения состояния окружающей среды в районах проведения работ.

К одной из таких проблем относится проблема создания интегрированной системы мониторинга (ИСМ) районов отстоя и проведения работ по утилизации АПЛ, т.е. системы регламентированных наблюдений состояния окружающей среды, природных ресурсов и источников антропогенного воздействия на природную среду, оценки, анализа и прогнозирования экологической обстановки в районах утилизации АПЛ.

Цель создания системы мониторинга состоит в предупреждении возникновения вредных и опасных для здоровья людей и других биологических

объектов ситуаций, а также в поддержке выработки управленческих решений в области обеспечения экологической безопасности (ЭБ).

Стадии процесса утилизации. Анализ опубликованных материалов [1–3] показывает, что в общем виде схема вывода из эксплуатации и утилизации АПЛ и концепция обращения с их реакторными отсеками (РО) принципиально поэтапно может быть сведена к следующему.

На первом этапе производится выгрузка из реакторов АПЛ ядерного топлива и удаление теплоносителя. Затем РО приводится в «экологически безопасное» состояние для длительного хранения. При этом радиоактивное оборудование и экологическая защита паропроизводящей установки остаются на штатных местах. Дальнейший вывод из эксплуатации может осуществляться по трем основным вариантам.

При реализации первого варианта АПЛ длительно выдерживаются на плаву для уменьшения суммарной радиоактивности с последующим захоронением АПЛ в целом виде или только их РО.

При реализации второго варианта производится вырезка и удаление РО из корпусов АПЛ непосредственно после остановки ядерной энергетической установки (ЯЭУ). Концевые («чистые») отсеки АПЛ подвергаются разделке и утилизируются. РО транспортируются к месту хранения (захоронения) в специальных хранилищах (в заранее выбранных местах) и устанавливаются на подготовленное место (захораниваются). При этом к наиболее целесообразным способам захоронения РО АПЛ относятся наземное захоронение, глубокое подводное захоронение, захоронение под морским дном. Далее производится хранение РО при соответствующем мониторинге района хранилища (места захоронения).

При реализации третьего варианта демонтаж и переработка вырезанных РО производится на специализированном предприятии.

Решение проблемы промышленной утилизации АПЛ в нашей стране начато в условиях тяжелого экономического и финансового кризиса. Поэтому создание масштабной инфраструктуры в виде сети региональных могильников и хранилищ радиоактивных отходов (РАО), судоразделочных радиационно-технологических комплексов, специальных транспортно-крановых судов и т.п., практически представляется маловероятным.

Реализуемые сегодня варианты промышленной утилизации АПЛ и РАО всех видов осуществляются по временным схемам и технологиям, которые не являются радиационно-безопасными, экономически целесообразными и не решают в конечном итоге проблему окончательного захоронения и обезвреживания РАО и отработанного ядерного топлива (ОЯТ) [2]. В настоящее время работы по утилизации АПЛ выполняются на существующих судостроительных и судоремонтных предприятиях с использованием имеющихся технических средств и традиционных для них технологий.

В соответствии с действующими в настоящее время правилами на судостроительных и судоремонтных предприятиях осуществляют утилизацию АПЛ по технологии, согласно которой вырезанные РО возвращаются судовладельцу для транспортировки в пункты длительного хранения на воде, расположенные, как правило, за сотни миль от судоразделочного предприятия. Концентрация вырезанных РО в пунктах длительного (10–15 лет) хранения

увеличивает радиационный риск и радиационно-экологическую опасность, поскольку уменьшаются организационно-технические возможности поддержания этих отсеков на плаву.

Факторы экологической безопасности. Характер и интенсивность воздействия различных объектов на окружающую среду (ОС) могут быть чрезвычайно изменчивыми и зависят от многих факторов, к важнейшим из которых относятся физико-географические, гидрометеорологические, технические, эксплуатационные, и т.п.

К первой группе относятся факторы, оказывающие непосредственное антропогенное воздействие на человека и ОС, которые можно классифицировать по различным признакам. По характеру и механизмам воздействия факторы, влияющие на состояние ЭБ, подразделяются на механические, физические, химические и биологические [4].

По техническому принципу классификации сюда относятся технико-технологические и эксплуатационные факторы (нарушение эксплуатации техники или технологического графика ее применения). Они играют чрезвычайно важную роль при утилизации АПЛ.

Многие аварийные ситуации, связанные с функционированием различных объектов, сопровождаются пожарами и взрывами. Поэтому, несомненный интерес представляют воздействия пожаров и взрывов, оказывающие на человека и ОС негативное комплексное влияние.

К следующей группе факторов, обуславливающих экологическую опасность объектов, можно отнести гидрометеорологические, геофизические, физико-географические факторы. Они оказывают определяющее влияние на процессы распространения загрязняющих веществ и излучений в различных средах, возможности самоочищения компонентов ОС, экологическую опасность различных загрязнителей. Кроме того, они же могут являться непосредственной причиной возникновения аварийных ситуаций на экологически опасных объектах.

Отдельную группу факторов, образуют социально-психологические факторы, проявляющиеся в воздействии источников опасности на социальную среду и в устрашающем воздействии на население, обусловленном наличием источников опасности в том или ином районе [5].

Сильное влияние на химический состав морской воды и характер донных отложений в океане оказывают флора и фауна (биогенные факторы [6–7]).

Перечисленные выше группы факторов играют особо важную роль на всех этапах утилизации АПЛ, каждый из которых потенциально опасен для ОС и населения. Природная среда, объекты различного назначения, производственный персонал и население в процессе выполнения работ по утилизации АПЛ подвергаются комплексному воздействию перечисленных. При этом в первую очередь следует учитывать, что окончательно остановленный ядерный реактор при выводе АПЛ из эксплуатации длительное время продолжает оставаться мощным источником ионизирующих излучений.

Радиационное воздействие на персонал определяется, как правило, внешним облучением при технологических операциях по выгрузке из РО активной зоны, подготовке, транспортировке и захоронению радиоактивного оборудования. Радиационное воздействие на население и ОС может осуще-

ствляться в основном за счет попадания радионуклидов в организм человека, животных и растений в результате таких сложных и длительных процессов как коррозия радиоактивного металла, проникновение радионуклида в почву или в воду. Возможность возникновения таких ситуаций зависит от выбора способа утилизации и срока хранения РО.

Кроме того, в процессе утилизации АПЛ могут использоваться сильнодействующие ядовитые, токсичные и другие экологически вредные химические вещества (такие, как асбест, свинец, полихлорированные дефинилы, другие хлоросодержащие вещества, нефтепродукты и др.) [1–2]. Они также оказывают неблагоприятное воздействие на персонал объектов и могут засорять компоненты ОС. К тому же предприятия и объекты утилизации АПЛ, как типичные представители крупных производственных комплексов, являются источниками химического загрязнения атмосферного воздуха, гидросферы и территорий объектов.

В условиях ухудшения экологического состояния территории (акватории) утилизации действие этих факторов усугубляется рядом социально-психологических аспектов жизнеобеспечения населения конкретного региона.

Роль гидрометеорологических и других геофизических факторов.

Существенное и разностороннее влияние на формирование экологической обстановки в регионах размещения объектов, обеспечивающих вывод из эксплуатации и утилизацию АПЛ, а также состояние ЭБ этих объектов оказывают гидрометеорологические и другие геофизические факторы (ГМГФФ).

ГМГФФ оказывают влияние на аварийность и техническое состояние стационарных – наземных, подземных, береговых, надводных, подводных (в том числе донных) и подвижных – морской, речной, автомобильный, железнодорожный транспорт, надводные корабли, подводные лодки, летательные аппараты – объектов, представляющих потенциальную экологическую опасность.

Такие явления, как землетрясения, цунами, наводнения, обвалы, оползни и т.п. могут вызвать повреждения, разгерметизацию, разрушение экологически опасных объектов береговой инфраструктуры обеспечения вывода из эксплуатации и утилизации АПЛ, к которым относятся объекты ядерно-технического обеспечения, судоремонтные заводы, предприятия по утилизации РО, пункты перегрузки (выгрузки) активных зон реакторов и РАО, районы отстоя АПЛ, временные хранилища ОЯТ и РАО, хранилища сильнодействующих ядовитых веществ, горюче-смазочных материалов, топливопроводы, железнодорожные составы и автотранспорт, перевозящие экологически опасные (радиоактивные или токсичные) вещества и материалы и т. п.

Сильное волнение моря, тяжелая ледовая обстановка, ограниченная видимость, обусловленная туманами, осадками и т. п., зачастую являются причинами аварий кораблей и судов. Особую опасность представляют аварии кораблей и подводных лодок с ЯЭУ, судов с экологически опасными грузами (РО, ОЯТ, РАО, сильнодействующими ядовитыми веществами), танкеров [8]. Особую опасность представляет сочетание ряда неблагоприятных ГМГФФ: туман, дрейфующий лед, волнение моря, ветер и др. [9]. Этот фактор становится особенно значимым при плавании в узкостях, по фарватерам, на акваториях пунктов базирования, когда возможность маневрирования ограничена.

Далее, ГМГФФ оказывают влияние на параметры распространения загрязняющих веществ и излучений в различных средах (атмосфере, гидросфере, почве), особенности формирования полей загрязнения, возможность и интенсивность перехода загрязнителей из одной среды в другую, характеристики процессов самоочищения сред (атмосферного воздуха, морской среды, поверхностных и подземных вод суши, почвы) от загрязняющих веществ.

Так ветровой, температурный и влажностный режим атмосферы, характер турбулентных потоков, вертикальная устойчивость атмосферы, наличие туманов и осадков определяют процессы распространения загрязняющих примесей в воздушной среде, возможность и интенсивность ее самоочищения.

Режим течений, поле ветра, волнение, ледяной покров, конвективные движения водных масс определяют процессы распространения загрязнителей в водных объектах.

Необходимость системы мониторинга. Поскольку объекты обеспечения вывода из эксплуатации и утилизации российских АПЛ предполагается создавать в Северо-западном и Дальневосточном регионах страны, необходимо учитывать их слабую устойчивость к антропогенным нагрузкам.

Целесообразность организации интегрированной системы мониторинга (ИСМ) ОС районов отстоя и утилизации АПЛ обусловлена следующими основными причинами:

- повышенной чувствительностью экосистем Северо-западного и Дальневосточного регионов к антропогенным нагрузкам;
- повышенным уровнем загрязнения компонентов ОС указанных регионов;
- наличием на объектах обеспечения вывода из эксплуатации и утилизации АПЛ радиационного и химического факторов экологической опасности;
- возможностью возникновения нештатных и аварийных ситуаций на этих объектах с выходом загрязнителей в ОС и воздействием их на обслуживающий персонал, население и экосистемы регионов;
- влиянием ГМГФФ указанных регионов на состояние ЭБ объектов и работ по выводу из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ и экологическую обстановку в районах их расположения;
- принципиальной возможностью и технической осуществимостью организации измерения (наблюдения) параметров, характеризующих качество ОС и влияние объектов отстоя и утилизации АПЛ на состояние экологической обстановки.

Задачи интегрированной системы мониторинга. Основной задачей функционирования ИСМ является информационная поддержка принятия управленческих решений в области обеспечения ЭБ объектов вывода из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ.

Интегрированная система мониторинга должна обеспечивать:

- слежение и контроль параметров экологической обстановки и ОС, а также состояния объектов, влияющих на формирование экологической обстановки в районах проведения комплекса работ по выводу из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ;
- оперативное установление фактов превышения загрязнения ОС предельно допустимых значений;

- анализ, оценку и прогнозирование экологической обстановки в контролируемых районах;
- прогнозирование и оценку степени влияния экологической обстановки на функционирование объектов вывода из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ, выработку рекомендаций по учету экологических факторов в практике обеспечения ЭБ таких объектов;
- обеспечение структур управления объектов, а также заинтересованных государственных и иных организаций данными о фактическом и прогнозируемом состоянии экологической обстановки в районах, степени ее влияния на социально-экономическую и другие виды деятельности и рекомендациями по учету экологической обстановки при планировании и проведении различных мероприятий;
- идентификацию источников загрязнения ОС и других видов экологической нагрузки в контролируемых районах;
- определение объемов выбросов и сбросов (уровней излучения), вызвавших загрязнение ОС;
- оперативное выявление фактов аварий и нештатных ситуаций (предпосылок к возникновению аварий и нештатных ситуаций) на контролируемых объектах и в районах, моделирование, оценку и прогнозирование их экологических последствий;
- оповещение органов управления объектов, а также государственных и иных органов управления о появлении предпосылок к возникновению чрезвычайных экологических ситуаций в контролируемых районах для заблаговременного принятия мер по недопущению (уменьшению) возможного ущерба, а также информационную поддержку управления действиями экологических формирований по локализации и ликвидации их последствий;
- организацию взаимодействия и информационно-технического сопряжения с подразделениями, учреждениями и системами контроля Минприроды, Росгидромета, МЧС, МО, других министерств и ведомств;
- изучение экологической ситуации в контролируемых районах, составление и уточнение эколого-климатических описаний и карт;
- совершенствование и учет нормативно-правовой базы обеспечения ЭБ объектов по выводу из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ;
- накопление, систематизацию, хранение и отображение статистической информации в виде специализированных баз данных о реальной и потенциально возможной экологической обстановке, об источниках экологической нагрузки в контролируемых районах, а также о силах и средствах обеспечения ЭБ объектов;
- сбор, накопление, архивацию и отображение информации об опасных и особо опасных геофизических (гидрометеорологических) процессах и явлениях в контролируемых районах, которые могут вызвать неблагоприятные экологические последствия;
- информационную поддержку проведения экологической экспертизы проектов размещения, строительства и реконструкции подлежащих контролю ЭБ объектов, планов проведения экологически опасных мероприятий на них;

- информационно-справочное обслуживание органов управления контролируемых объектов в части вопросов обеспечения ЭБ;
- выполнение обучающих функций по вопросам обеспечения ЭБ контролируемых объектов.

В рамках ИСМ контролю должны подвергаться территории (акватории) и воздушное пространство над ними в районах расположения контролируемых объектов и проведения комплекса работ по выводу из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ. Контролю подлежат параметры экологической обстановки, гидрометеорологические и геофизические параметры, параметры технического, технологического и экологического состояния этих объектов.

Параллельно должен осуществляться медицинский мониторинг (мониторинг здоровья) персонала контролируемых объектов и населения, оказавшегося в зоне влияния последних.

Контролируемые параметры. Для реализации основных целей и задач ИСМ контролю должны подлежать следующие группы параметров, характеризующих экологическую обстановку:

- общие экологические параметры, характеризующие уровень загрязнения ОС промышленными и бытовыми загрязнителями, обязательный контроль которых предусмотрен ГОСТами, общегосударственными руководящими и нормативными документами;
- специфические экологические и радиоэкологические параметры, обусловленные особенностями функционирования объектов по выводу из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ;
- специфические экологические параметры, обусловленные особенностями функционирования близрасположенных экологически опасных объектов промышленности, энергетики, транспорта, сельского хозяйства, Минобороны и т. д.

Контролироваться должны уровни механического, физического, химического и биологического загрязнения во всех средах: атмосфере, гидросфере (включая донный грунт), почве, а также в сточных водах, продуктах питания, источниках водоснабжения, флоре и фауне.

В том числе, согласно [10–11], радиоэкологическому контролю подлежат:

- радиационные характеристики источников выбросов в атмосферу, жидких и твердых отходов;
- радиационные факторы, создаваемые технологическим процессом при утилизации АПЛ на рабочих местах и в ОС;
- радиационные факторы на загрязненных территориях (акваториях) и в зданиях с повышенным радиационным фоном;
- уровни облучения персонала контролируемых объектов и населения, районов их размещения.

Гидрометеорологическая информация. Так как ГМГФФ оказывают существенное влияние на состояние ЭБ объектов вывода из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ, необходимо получение и использование гидрометеорологической информации (ГМИ) в процессе мониторинга ОС районов их расположения, т. е. необходима организация гидрометеорологического обеспечения ЭБ таких объектов.

В общем случае ГМИ должна быть заблаговременной, непрерывной, достоверной по объему, содержанию, точности и дискретности, а также достаточной для оценки и прогнозирования экологической обстановки, планирования и ведения деятельности по обеспечению ЭБ контролируемых объектов.

Объем необходимой ГМИ определяется в зависимости от целей, задач и особенностей планируемого мероприятия. С точки зрения учета ГМГФФ на этапе заблаговременного планирования мероприятий по обеспечению ЭБ подлежащих контролю объектов (при строительстве, реконструкции, планировании других мероприятий) необходима следующая режимная ГМИ по районам их размещения:

- режим ветра и ветрового волнения;
- температура воздуха;
- давление воздуха;
- влажность воздуха;
- гидрометеорологические явления;
- облачность, солнечное сияние;
- температура почвы;
- гидрологическая структура вод акватории;
- гидродинамические характеристики вод акватории;
- характеристики рельефа дна, донных отложений;
- ледовый режим акватории.

Указанная информация позволяет провести первичный анализ и сделать предварительные выводы о возможном влиянии ГМГФФ на состояние ЭБ объекта и планируемого мероприятия, формирование и эволюцию полей загрязнения компонентов ОС. Так, например, по данным о рельефе местности и метеорологической информации можно сделать вывод о возможности образования застойных явлений и связанных с ними повышений уровней загрязнения воздуха. При высокой вероятности появления туманов можно прогнозировать образование смога. На основании характера донных отложений и морфометрии водных объектов можно предварительно оценить предрасположенность водных объектов к накоплению загрязняющих веществ и т.п. При высокой вероятности появления особо опасных и опасных гидрометеорологических явлений должны приниматься специальные меры по повышению ЭБ подлежащих контролю объектов и планируемых работ.

Основной объем необходимой ГМИ должен поступать в ИСМ от внешних источников (ближайших гидрометеорологических станций Росгидромета или, что более рационально, ближайших подразделений Гидрометеорологической службы ВМФ, т.к. объекты отстоя и утилизации АПЛ, как правило, располагаются в зонах ответственности флотов). Измерение отдельных гидрометеорологических параметров (температуры, влажности, давления воздуха, скорости ветра и т. п.) может осуществляться средствами ИСМ.

Данные о фактической и прогнозируемой гидрометеорологической обстановке должны поступать в ИСМ в виде:

- предупреждений и оповещений об опасных и особо опасных гидрометеорологических явлениях;

- прогнозов гидрометеорологической обстановки на сутки более и оценок их качества;
- прогнозов состояния моря и ледовой обстановки;
- данных о внезапных изменениях (разрушениях) берегов и подводных береговых склонов под влиянием гидрометеорологических явлений;
- оповещений о землетрясениях и моретрясениях;
- прогнозов возгораемости лесов и пожарной опасности (в пожароопасный период);
- карт загрязненности близлежащих акваторий с учетом случаев разлива нефтепродуктов и сбросов вредных веществ;
- прочих гидрометеорологических материалов, подготавливаемых по отдельным заданиям.

При решении задач мониторинга ОС для обеспечения ее экологической безопасности следует иметь четкое представление о температурном и ветровом режиме интересующего района, а также о количествах и формах выпадающих осадков. Гидрометеорологический режим Северо-западного и Дальневосточного регионов весьма сложен. Существенное влияние на формирование климата здесь оказывают сильные ветры, туманы и ледовый покров. Данные обстоятельства обуславливают необходимость проведения дальнейших работ по изучению гидрометеорологических особенностей этих регионов.

На основании изложенного можно составить перечень информации, необходимой для решения задач радиологического прогноза:

- фактические значения и прогноз поля ветра у поверхности земли и на высотах;
- фактические значения и прогноз поля температуры воздуха по высотам и земли;
- прогноз форм и количества атмосферных осадков;
- поля средних скоростей течений с учетом сезонных и годовых изменений (в том числе и в придонном слое);
- коэффициенты турбулентной диффузии и рельеф дна.

Кроме гидрометеорологических факторов, необходимых для оценки экологической безопасности, следует располагать данными о:

- концентрации альфа, бета и гамма-излучающих нуклидов в воде, воздухе, почве, донных осадках и взвеси;
- концентрации взвеси в придонной области и ее потоке на дно;
- спектре размеров взвешенных частиц;
- скорости осадконакопления.

Приведенные выше виды информации являются основой для оценки экологической безопасности и решения задач радиологического прогноза.

Общие требования к информационной инфраструктуре системы мониторинга. Интегрированная система мониторинга должна состоять из двух основных функциональных модулей: системы сбора экологической и иной информации и информационно-аналитического экологического центра. Конкретный состав этих модулей, их окончательный облик, техническое и программное обеспечение будет зависеть от выбранной технологии проведения комплекса работ по выводу из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ,

масштабов зоны влияния соответствующих объектов, наличия и количества других экологически опасных объектов в регионах их расположения, физико-географических и гидрометеорологических особенностей и т. п.

Результаты анализа задач ИСМ ОС районов вывода из эксплуатации, отстоя и утилизации АПЛ позволяют сформулировать следующие основные принципы построения и функционирования информационной инфраструктуры системы:

1. ИСМ должна создаваться в соответствии с концептуальными представлениями о едином информационном пространстве Российской Федерации и принципами его построения, под которым и понимается совокупность баз и банков данных, технологий их ведения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающим информационное взаимодействие организаций и граждан, а также удовлетворение их информационных потребностей.

2. ИСМ должна создаваться как автоматизированная система, решение максимально возможного числа ее функциональных задач должно осуществляться в автоматическом режиме.

3. ИСМ должна создаваться как система, взаимодействующая с территориальными автоматизированными информационными системами, обеспечивающими управление природопользованием и экологической безопасностью данных территорий.

4. При проектировании и создании ИСМ должны использоваться современные информационные технологии.

5. При развертывании ИСМ необходимо использовать современные технологии управления локальными и распределенными базами данных, технологии создания и ведения гипертекстовых баз данных, геоинформационные технологии и др.

При проектировании и создании ИСМ материально-технические и финансовые затраты должны быть минимизированы; при этом необходимо учесть следующие положения:

- система должна быть открытой, обеспечивающей возможность ее структурного и функционального наращивания (изменения), расширения состава пользователей и набора предлагаемых информационных услуг;
- должно быть обеспечено соблюдение российских и международных стандартов в области информационно-вычислительных сетей и средств связи, измерительных систем, обеспечения ЭБ объектов и работ;
- разрабатываемая система лингвистического обеспечения должна быть интегрирована с лингвистическими средствами, используемыми в других автоматизированных системах близкого назначения, с которыми предполагается взаимодействие;
- должна быть обеспечена многоуровневая защита информации;
- максимально должны быть использованы готовые программно-технические решения и функционирующие информационные системы, а также разрабатываемые системы, структуры, измерительные технические средства и т.п.;

- в соответствии с существующим законодательством должна быть обеспечена доступность экологической информации органам государственной власти и управления, хозяйствующим субъектам и физическим лицам.

В основу функционирования ИСМ должны быть положены принципы:

- оперативности поступления информации при нарушении экологической обстановки (или появлении предпосылок такого нарушения);
- сочетания непрерывности и дискретности;
- необходимой точности и достоверности информации при выявлении и прогнозировании экологической обстановки;
- сопоставимости информации на всех уровнях системы и с взаимодействующими системами;
- распределенности обработки информации;
- распределения функций по получению информации об ОС между ИСМ и другими действующими территориальными и объектовыми системами близкого назначения.

В обеспечение возможностей взаимодействия информацией ИСМ должна иметь горизонтальное информационное (а возможно и техническое) сопряжение с соответствующими территориальными уровнями других государственных и ведомственных систем (Единой государственной автоматизированная системы контроля радиационной обстановки, Единой государственной автоматизированной системы экологического мониторинга, системами МЧС, МО, Минприроды, Росгидромета, Санэпиднадзора и т.п.).

В качестве базовой информационной технологии ИСМ необходимо использовать технологии геоинформационных систем, представляющих собой программно-технологические средства накопления территориально-координированных данных, их системного анализа и интерпретации в виде картографических изображений на средствах машинной графики.

Проблемы моделирования механизмов распространения загрязнений.

К одной из важнейших научных проблем, связанной с проблемой создания ИСМ районов утилизации АПЛ, относится проблема моделирования процессов распространения загрязнений.

Определяющим механизмом в переносе примеси в реальном океане являются вихревые относительно долгоживущие образования. Следовательно, модель переноса должна описывать динамику этих вихрей, а траектории движения частиц воды должны обладать свойствами траекторий броуновской частицы.

При рассмотрении переноса радионуклидов в водной среде должны учитываться следующие факторы: адвективный перенос, турбулентная диффузия, сорбция на частицах взвеси, осаждение взвеси на дно.

В гетерогенной физико-химической системе, которой является морская вода, миграция радиоактивных частиц подчиняется общим закономерностям поведения соответствующих элементов в солевых растворах. Изотопы элементов, образующие в этой среде растворимые соединения, которые не дают сложных комплексов ионов или коллоидов и существуют в форме простых ионов, находятся в морской воде преимущественно в истинно растворимом состоянии. Анализ состояния радиоактивных продуктов в воде позволяет оценить дальнейшее поведение радионуклидов в океане, в котором могут

существовать легкорастворимые и нерастворимые нуклиды. К первой группе относятся цезий, стронций, сурьма и подобные им частицы, которые, попав в верхний слой моря из-за активного перемешивания, быстро распределяются в его пределах. Первые два нуклида за несколько суток разбавляются как водой, так и соответствующими природными носителями в этом слое. Этому процессу способствует идентичность физико-химического состояния (практически мгновенно наступает равновесие форм поступающих в морскую воду радиоактивных веществ с находящимися в ней их стабильными аналогами) радиоактивных и стабильных изотопов стронция и цезия.

Нахождение цезия в водном растворе в ионном состоянии предопределяет способ его миграции в океане. Решающими факторами являются гидрометеорологические, поскольку коэффициенты накопления стабильного цезия и цезия-137 морскими гидробионтами весьма малы. Поэтому распространение в море цезия, практически не связанного с неорганической взвесью и гидробионтами, обусловлено направлением преобладающих течений в районе выброса этого вещества. Однако химические и биологические процессы, действующие в океане, приводят к некоторым аномалиям в распределении цезия. В районах с высокой скоростью осадконакопления, например в прибрежных, не исключено накопление цезия, поскольку он способен в заметном количестве поглощаться частицами взвеси и донных отложений.

Распределение стронция в океане определяется, в первую очередь, процессами циркуляции и перемешивания водных масс. Вследствие разбавления стабильными изотопными аналогами и элементами с очень близкими к нему свойствами стронций-90 в меньшей степени, чем цезий-137, способен поглощаться взвешенным материалом. Однако на распределение стронция большое влияние оказывают биогенные процессы, так как он наряду с кальцием входит в скелет и раковины многих живых организмов.

Многообразие форм свойственно группе изотопов цезия, иттрия, ниобия, циркония, рутения и др., чьи стабильные аналоги относятся к типичным микроэлементам. В соответствии с химическими свойствами, все они легко гидролизуются в морской воде, образуя собственные коллоидные частицы, которые не подвержены седиментации. Всем им присуща повышенная сорбируемость на взвеси и способность накапливаться в гидробионтах. Перечисленные свойства во многом определяют судьбу элементов данной группы в океане – непрерывное поступление и седиментация осадочного материала, частая смена поколений планктонных организмов и опускание их на дно после отмирания, перемещение водных масс существенно влияют на пространственное распределение всех этих элементов.

Необычайно сложно поведение в морской воде трансплутониевых нуклидов. Плутоний, образуя коллоиды и сложные полимерные формы, эффективно адсорбируется взвесью и постепенно удаляется из водной массы в осадки. Физико-химическое состояние оставшейся в растворенном виде части плутония и трансурановых элементов определяется реакциями гидролиза, комплексообразования, окисления-восстановления, диспропорционирования и т.д.

Таким образом, при анализе распределения искусственных изотопов в водах морей следует отметить, что различия гидродинамических условий и

видового состава морских организмов в водах открытой части моря и в заливах приводят к различиям в составе и количестве изотопов на акваториях.

Специфика морского осадконакопления определяется рядом гидродинамических, гидрохимических, гидробиологических и геоморфологических факторов. Важнейшими из указанных явлений могут быть глубина и топография дна, скорость и направление постоянных и приливных течений, ледовые условия, дрейф морских льдов и айсбергов, соленость и стратификация вод, речной сток и общий водный баланс, расстояние от источника сноса, скорость осадконакопления. Миграция радиоизотопов может во многом зависеть от особенностей развития термоклина, мезоклина и пикноклина в море, а также процессов биофильтрации, биотурбации, трофики и биопродуктивности водоема.

Существенную роль в перераспределении радионуклидов, осевших на акватории, имеют вертикальная и горизонтальная циркуляция водных масс и гидрохимическая реакция среды на радиоактивные частицы. В период биологической весны морской процесс седиментации радиоизотопных веществ должен резко ускоряться за счет жизнедеятельности массовых видов планктона, фильтрующих воду фотического слоя моря. В прибрежной зоне моря активными аккумуляторами радионуклидов являются макрофиты и бентосные организмы-фильтраторы.

Таким образом, основным механизмом транспорта примеси можно считать свободные и вынужденные вихри. Причем вихри мелкомасштабной придонной турбулентности только взвешивают донную примесь, не осуществляя существенного переноса по акватории и формируя только мелкомасштабные неоднородности в распределении примеси. Образующиеся крупномасштабные вихри подхватывают примесь, взвешенную мелкомасштабной турбулентностью, и осуществляют основной перенос массы примеси по акватории. Динамика этих долгоживущих вихревых образований и создает основной механизм формирования поля распределения примеси.

Приведенные соображения могут быть использованы при создании моделей распространения примесей, которые будут использованы при создании ИСМ районов утилизации АПЛ.

Пути создания интегрированной системы мониторинга. Гидрографическая служба (ГС) ВМФ располагает возможностями, которые могут быть использованы при построении ИСМ районов отстоя и утилизации российских АПЛ.

Во-первых, на вооружении ГС ВМФ состоят океанографические и гидрографические суда и катера, оснащенные средствами сбора и обработки информации о параметрах состояния морской среды, а также измерения физических полей Мирового океана. На ряде судов имеются лаборатории для физико-химического анализа морской воды и донного грунта, глубоководные аппараты для обследования дна и донных объектов. На базе этого флота путем его модернизации и дооснащения может быть создана морская судовая подсистема мониторинга, в составе которой должна находиться и морская подвижная экологическая лаборатория. Гидрографические суда и катера могут быть использованы также для постановки, снятия и обслуживания якорных морских буйковых станций мониторинга.

Во-вторых, Гидрометеорологическая служба ВМФ, входящая в состав ГС ВМФ, обладает разветвленной сетью гидрометеорологических центров и постов на флотах и флотилиях с отлаженной системой получения, сбора, обработки, усвоения и распространения гидрометеорологической информации. Существующая система позволяет передавать информацию потребителям как в плановые сроки, так и немедленно (предупреждения и оповещения об опасных и особо опасных гидрометеорологических явлениях). Возможности ее могут быть использованы для гидрометеорологического обеспечения ЭБ районов отстоя и утилизации АПЛ. Согласно [12], на Гидрометеорологическую службу ВМФ уже сегодня возложено наблюдение за отдельными экологическими параметрами, в частности за поверхностным загрязнением морских акваторий нефтью, нефтепродуктами и мусором, за состоянием пожароопасности в прибрежных районах и т. п., а также прогнозирование их изменения. Эти возможности также должны быть использованы при организации ИСМ.

В-третьих, поскольку при построении ИСМ должны использоваться современные геоинформационные технологии, потребуется привязка информации о состоянии ОС к географической основе. ГС ВМФ (Главное управление навигации и океанографии МО РФ) является владельцем картографического фонда (в том числе фонда цифровых морских карт) по всем районам Мирового океана и прибрежным зонам. Этот фонд безусловно будет востребован при создании информационно-аналитической подсистемы ИСМ районов отстоя и утилизации АПЛ.

Наконец, при построении этой системы может быть использован и банк океанографических (гидрометеорологических, физико-химических, сейсмических и др.) данных ГС ВМФ по всему Мировому океану, сформированный на основе результатов многолетних наблюдений.

Заключение. Как видно из изложенного, предметная область ИСМ определяется проблемой мониторинга районов отстоя, демонтажа, транспортировки выведенных из эксплуатации атомных подводных лодок и их частей, а также районов захоронения ОЯТ и РО.

Создание системы мониторинга ОС районов утилизации АПЛ требует решения ряда научных и организационных проблем. К числу первоочередных относится проблема моделирования механизмов распространения загрязняющих веществ. Сопряженными с нею являются проблемы, связанные с изучением гидрометеорологических и геофизических условий, с влиянием ГМГФФ на распространение загрязняющих веществ, с оптимизацией информационного содержания ИСМ (в части сбора и использования данных).

Определенную трудность представляет решение проблемы автоматизации информационной технологии системы мониторинга, которая должна соотноситься с системой управления комплексом работ по утилизации АПЛ. Создание соответствующей информационной инфраструктуры может быть осуществлено путем решения целого комплекса организационных, методических и технических задач. Необходимо создание специального подразделения, ответственного за создание и функционирование автоматизированной информационной системы и определяющего стратегию и тактику информационного обеспечения управления. На это же подразделение следует возложить и решение методических задач по формированию требований к составу

и содержанию циркулирующей в автоматизированной системе информации в интересах информационной поддержки принятия управленческих решений.

Необходимой предпосылкой к созданию действующей оргструктуры ИСМ районов утилизации АПЛ является концентрация соответствующих функций в одной специально выделенной организации, наделенной необходимыми полномочиями по координации всех действий в данной области. В качестве такой организации мог бы выступить Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт МО РФ, обладающий большим опытом комплексных научных исследований природных территориальных объектов и акваторий, как в национальных, так и в международных интересах и владеющий богатейшими данными гидрографических экспедиций на акваториях районов утилизации АПЛ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Довгуша В., Тихонов М. Ядерные отходы флота – против народов Севера. О проблеме разделки и утилизации снятых с эксплуатации подводных и надводных кораблей с ядерными энергетическими установками // Жизнь и безопасность, 1996, № 3, с. 216–248.
2. Довгуша В.В., Тихонов М. Н. Россия. ВМФ. Радиационные отходы. Концепция радиационно-экологически безопасного промышленного способа комплексной утилизации снятых с эксплуатации атомных подводных лодок // Жизнь и безопасность, 1997, № 2–3, с. 272–283.
3. Источники радиоактивного загрязнения в Мурманской и Архангельской областях. Доклад объединения «Белуна». – Норвегия: Объединение «Белуна», 1994. –157 с.
4. Зотов А.А., Харченко В.Г. Объекты ВМФ – источники антропогенной нагрузки на окружающую природную среду // Записки по гидрографии, 1998, № 244. – С. 46–53.
5. Измалков В.И., Измалков А.В. Безопасность и риск при техногенных воздействиях. Часть 1. –СПб. – М.: СПб НИЦ ЭБ РАН, 1994. –153 с.
6. Вейль П. Популярная океанография. – Л.: Гидрометеиздат, 1997. –504 с.
7. Дрейк Ч., Имбри Дж., Кнаус Дж., Турекиан К. Океан сам по себе и для нас. –М.: Прогресс, 1982. –472 с.
8. Каманин В.И. и др. Штурман флота. Справочник вахтенного офицера. –М.: Воениздат, 1986. –539 с.
9. Владимиров А. М. и др. Охрана окружающей среды. –Л.: Гидрометеиздат, 1994. –422 с.
10. Нормы радиационной безопасности (НРБ–96). –М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996. –73 с.
11. Нормы радиационной безопасности и основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами (НРБ/ОПРСРВ–99). –М., 1999.
12. Правила охраны природной среды в ВМФ (ПОПС–90). –М.: Воениздат, 1993. –179 с.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА**А.А.ЗОТОВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

Анализируются основные направления и характер влияния гидрометеорологических и других геофизических факторов на состояние экологической безопасности объектов и сил флота. Приведенный цифровой материал характеризует степень влияния названных факторов на природную среду и технические средства. Сделан вывод о необходимости их учета при обеспечении экологической безопасности деятельности ВМФ.

В последние годы сложилось четкое понимание того обстоятельства, что в системе национальной безопасности России экологическая безопасность (ЭБ) является исключительно важным и необходимым компонентом, в рамках которого ЭБ деятельности Вооруженных Сил РФ в целом и ВМФ, в частности, занимает особое специфическое место.

Под ЭБ ВМФ принято понимать совокупность свойств объектов и сил ВМФ, а также окружающей их природной среды (ПС) и состояние организационных мер и технических средств, обеспечивающих исключение или сведение к минимуму воздействие неблагоприятных экологических факторов деятельности ВМФ на окружающую ПС, население, личный состав, вооружение, военную технику (ВТ) и объекты ВМФ [1].

Вклад ВМФ в загрязнение экосистем по сравнению с другими источниками в мирное время в глобальном масштабе невелик (по различным оценкам он составляет не более нескольких процентов [2]). Вместе с тем, уровень локального воздействия на ПС в местах дислокации сил флота и риск регионального воздействия на природу при авариях и катастрофах на экологически опасных военно-морских объектах достаточно ощутимы.

Существенное и разностороннее влияние на формирование экологической обстановки в зонах ответственности ВМФ и состояние ЭБ сил и объектов флотов оказывают гидрометеорологические и другие геофизические факторы (ГМГФФ).

Во-первых, ГМГФФ оказывают влияние на аварийность и техническое состояние стационарных (наземных, подземных, береговых, надводных, подводных (в том числе донных) и подвижных (надводные корабли – НК, подводные лодки – ПЛ, суда, летательные аппараты – ЛА, наземная передвижная ВТ) объектов ВМФ, представляющих потенциальную экологическую опасность.

Такие явления, как землетрясения, цунами, наводнения, обвалы, оползни и другие природные катаклизмы могут вызвать повреждения, разгерметизацию, разрушение экологически опасных объектов береговой инфраструктуры ВМФ. К ним относятся объекты ядерно-технического обеспечения, судоремонтные заводы, пункты перегрузки активных зон реакторов, хранилища радиоактивных отходов, отравляющих веществ, сильнодействующих ядовитых веществ, горюче-смазочных материалов, боеприпасов, топливопроводы, биологические лаборатории и т. п.

Усложнение повседневных природных условий – сильное волнение моря, тяжелая ледовая обстановка, ограниченная видимость, обусловленная туманами, осадками и т. п., зачастую являются причинами аварий кораблей и судов. Особую опасность представляют аварии НК и ПЛ с атомными энергетическими установками, ядерным оружием, экологически опасными грузами, нефтеналивных судов вспомогательного флота. Наличие тумана, например, существенно снижает дальность действия радиолокационных станций. Дальность радиолокационного обнаружения навигационных опасностей в тумане снижается на 10 – 30%, а в случае сильного тумана – на 40 – 50% [3]. Особую угрозу представляет сочетание ряда неблагоприятных ГМГФФ: туман, дрейфующий лед, волнение моря, ветер и др. Практически уже при волнении, превышающим 3 – 4 балла, дрейфующий лед не дает отметок на экранах радиолокационных станций, что в условиях ограниченной видимости приводит к резкому возрастанию вероятности столкновения с ним [4]. Этот фактор становится особенно значимым при плавании в узкостях, по фарватерам, на акваториях пунктов базирования, при проходе минных полей, когда возможность маневрирования ограничена.

Так, за период с 1973 по 1989 г. среди танкеров вместимостью ≥ 6000 рег. т имело место почти 500 аварий, из них почти 200 сопровождались значительной утечкой нефти [5]. При среднем на аварию разливе 14,5 тыс. т, наиболее крупные составили 80 тыс. т и 220 тыс. т. Основными причинами аварийности явились: неблагоприятные погодные условия (25,6%), пожары и взрывы (20,5%), затопления (20,5%), посадки на мель (14,7%), столкновения (4,5%). Если учесть, что причиной посадки на мель и столкновений часто тоже являются неблагоприятные условия, есть основания говорить о том, что почти каждая третья авария кораблей и судов, представляющая потенциальную опасность для ПС, происходит под влиянием неблагоприятных ГМГФФ.

Такие опасные метеорологические явления, как низкая облачность, пониженная видимость, болтанка, грозовое электричество, сильный ветер, смерчи и другие экстремальные погодные явления могут явиться причиной аварий ЛА с ядерным оружием или экологически опасными грузами на борту, а также самолетов-дозаправщиков.

Статистические данные ИКАО свидетельствуют о том, что ежегодно около 20% авиационных происшествий связано с влиянием ГМГФФ, причем большинство из них происходит на этапах взлета и посадки ЛА в условиях ухудшенной видимости, обусловленной туманами и низкой облачностью [6].

Во-вторых, ГМГФФ оказывают влияние на параметры распространения загрязняющих веществ и излучений в различных средах (атмосфере, гидросфере, почве), особенности формирования полей загрязнения, возможность и интенсивность перехода загрязнителей из одной среды в другую, характеристики процессов самоочищения сред (атмосферного воздуха, морской среды, поверхностных и подземных вод суши, почвы) от загрязняющих веществ.

Так ветровой, температурный и влажностный режим атмосферы, характер турбулентных потоков, вертикальная устойчивость атмосферы, наличие туманов и осадков определяют процессы распространения загрязняющих примесей в воздушной среде, возможность и интенсивность ее самоочищения. Например, в Москве и Санкт-Петербурге в течение первых часов после

выпадения осадков концентрация пыли и сернистого газа на 25–50% ниже, чем при длительном отсутствии осадков[4]. Часть загрязнителей атмосферы через поверхность раздела «воздух–вода» проникает в гидросферу в результате сухого осаждения при дальних атмосферных переносах или вымывания их осадками. Вклад атмосферных осадков в общий баланс притока антропогенных загрязнителей в морскую среду сравнивают в настоящее время с вкладом речных стоков.

Режим течений, поле ветра, волнение, ледяной покров, конвективные движения водных масс определяют процессы распространения загрязнителей в гидросфере. Так, скорость дрейфа нефтяного поля составляет 4% скорости ветра и около 60% скорости течения [7]. При разливе нефти в ледовых условиях она быстро загустевает, процесс ее разложения при низких температурах резко замедляется.

Процессы распространения загрязняющих веществ в почве определяются ее механическими, физико-химическими и биологическими характеристиками. Конфигурация поверхностного ореола почвенного загрязнения в основном отражает направление преобладающих ветров.

Таким образом, в целом ГМГФФ оказывают непосредственное, порой определяющее влияние на изменение пространственно-временных характеристик полей загрязнения ПС.

В-третьих, ГМГФФ оказывают влияние на характеристики, определяющие экологическую опасность (проникающую способность, токсические, канцерогенные и иные свойства) загрязняющих веществ, в том числе возможность их перехода из одного агрегатного состояния в другое. Здесь наиболее значимыми ГМГФФ являются вертикальное и горизонтальное распределения давления, температуры и влажности воздуха, ветровой режим, распределение температур воды и почвы, режим течений, вертикальная устойчивость приземного слоя атмосферы, интенсивность солнечной радиации, туманы, облачность, осадки и др. В частности, при высокой интенсивности солнечной радиации в атмосфере происходят фотохимические реакции, обуславливающие формирование вторичных продуктов, которые часто обладают более токсичными свойствами, чем вещества, поступающие от источников выбросов.

Совместное воздействие ГМГФФ и экологических факторов на живые организмы может проявляться в эффектах синергизма, обуславливающих усиление или ослабление экологической опасности тех или иных видов загрязнения. ГМГФФ оказывают непосредственное влияние на возможность возникновения таких экологически опасных природно-антропогенных явлений, как ядовитый «смог», осадки с радиоактивными или кислотными свойствами и др.

В-четвертых, ГМГФФ оказывают влияние на возможность использования, работоспособность и функциональные возможности (в том числе точность измерений) средств и методов экологического мониторинга (экологические суда, катера и ЛА; подвижные наземные экологические лаборатории; автоматические средства контроля загрязнения атмосферного воздуха, радиационной, электромагнитной и акустической обстановок; буйковые станции контроля загрязнения морской среды; средства для отбора проб; дистанционные методы и средства экологического мониторинга). Так, волнение моря,

видимость, облачность, болтанка, снежный и ледовый покров, проходимость местности и другие ГМГФФ оказывают влияние на возможность использования подвижных носителей средств экологического мониторинга. Явления, определяющие оптическую и радиопрозрачность атмосферы, гидролого-акустические характеристики водных масс, оказывают влияние на эффективность применения дистанционных средств, использующих в качестве информационных каналов электромагнитное и гидроакустическое излучения. Результаты измерения уровней загрязнения различных сред контактными средствами должны приводиться к стандартным условиям, для чего необходим учет температуры и давления воздуха в процессе проведения измерений.

В-пятых, ГМГФФ оказывают влияние на возможность и эффективность проведения аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ, осуществления первоочередных мероприятий при возникновении чрезвычайных экологических ситуаций. Они определяют возможность и тактику использования специальных сил и средств, включая суда и ЛА, особенности проведения эвакуационных и медицинских мероприятий, оповещения населения, локализации и ликвидации экологических последствий аварий.

В-шестых, ГМГФФ оказывают влияние на возможность и эффективность использования сил и средств, выбор оптимальных методов восстановления ПС в зонах нарушенной экологической обстановки. Они влияют на подъем затопленных и затонувших экологически опасных объектов, восстановление и рекультивацию почв, водных акваторий, удаление разлитых нефтепродуктов и других сильнодействующих ядовитых веществ и т. п.

В-седьмых, ГМГФФ оказывают влияние на безопасность проведения экологически опасных работ на объектах ВМФ, таких как перезарядка атомных реакторов на пл и нк, выгрузка отработанного ядерного топлива, заправка ракет компонентами жидких ракетных топлив, заправка (дозаправка) нефтепродуктами, уничтожение (утилизация) боеприпасов и т. д.

Наконец ГМГФФ оказывают влияние на возможность и эффективность применения индивидуальных и коллективных средств защиты от экологических неблагоприятных факторов.

Таким образом, в целом ГМГФФ существенно и разносторонне влияют на состояние ЭБ объектов и сил флота, что, в свою очередь, определяет необходимость гидрометеорологического обеспечения ЭБ ВМФ. Эта необходимость также обусловлена тем, что результаты воздействия загрязняющих веществ на ПС в сочетании с неблагоприятными ГМГФФ могут нанести состоянию экосистем гораздо более существенный урон, чем в условиях благоприятной гидрометеорологической (геофизической) обстановки.

Гидрометеорологическое обеспечение ЭБ ВМФ должно включать в себя комплекс организационных, технических и научно-методических мероприятий, направленных на сбор, обработку данных о фактической гидрометеорологической (геофизической) обстановке в районах дислокации и боевого предназначения сил флота, их анализ, прогнозирование гидрометеорологической (геофизической) обстановки на определенный период времени, усвоение гидрометеорологической (геофизической) информации и управление состоянием ПС в интересах повышения ЭБ ВМФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция экологического обеспечения Вооруженных Сил РФ. – М.:УЭиССЗ МО РФ, 1993. – 16с.
2. Мясников В. Что может флот?// Морской сборник. – 1991. – N 3. С.53 – 57.
3. Каманин В.И. и др. Штурман флота. Справочник вахтенного офицера. – М.: Воениздат, 1986. – 539 с.
4. Владимиров А. М. и др. Охрана окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1994. – 422 с.
5. Алаев Э. Б., Моница Ю. И. Аварийность танкерного флота и загрязнение Мирового океана // Известия АН СССР, Географическая сер. – 1990. – N6. С. 39 – 46.
6. Баранов А. М. Видимость в атмосфере и безопасность полетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 257 с.
7. Правила охраны природной среды в ВМФ (ПОПС – 90). – М.: Воениздат, 1993. – 179с.



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

ГРНТИ 78.09.23

ТРЕХВЕКОВАЯ ЭВОЛЮЦИЯ “НАВИГАЦКИХ НАУК” И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ШТУРМАНСКОЙ СЛУЖБЫ ВМФ РОССИИ

Е.Г.БАБИНОВ
(Главный штаб ВМФ РФ),
Г.И.БЕЗБОРОДОВ
(СПб ВМИ),
И.В.ЗИКИЙ
(Отдел боевой подготовки СФ)

*Кратко охарактеризовано становление
Штурманской службы Российского Военно-Морского
Флота. Отмечаются трудности штурманской про-
фессии и важность ее роли на флоте.*

Необходимость превратить крупнейшее континентальное государство, каковым была Россия в конце XVII века, в морскую державу первым понял великий реформатор Петр I. С началом строительства военного флота возникла необходимость подготовки отечественных капитанов и штурманов, что привело к созданию в Москве Школы математических и навигацких наук. В указе Петра Великого от 14 января (25 января по новому стилю) 1701 г. было сказано: “Быть математических и навигацких, то есть мореходных хитростно искусств учению”. Этот день, в соответствии с приказом Главнокомандующего ВМФ № 253 от 15 июля 1996 г., и считается официальной датой основания Штурманской службы Российского Военно-Морского Флота.

В преддверии 300-летнего юбилея Штурманской службы, прошедшей в составе ВМФ трудный и славный путь, оценивая вклад штурманов в географические открытия, их профессиональную работу при обеспечении боевой деятельности флота, обнаруживается тем не менее достаточно скудное освещение их многотрудной профессии – не более десятка специализированных исторических изданий (да и то прошлого века). И это на фоне трехвековой истории одной из самых морских профессий. Поэтому несомненно заслуживает внимания анализ истории создания и становления Штурманской службы на Российском флоте. Целесообразно остановиться на основных этапах её развития, проследить эволюцию «навигационных наук» – теории ко-

раблевождения – исторические вехи подготовки специалистов по штурманской специальности, создания и совершенствования технических средств навигации. Именно этим вопросам и была посвящена состоявшаяся 11 октября 2000 г. в ГНИНГИ научно-практическая конференция [1].

История нашего флота имеет много славных и поучительных страниц. Важную роль на флоте играли и, хочется надеяться, будут играть штурмана. В связи с этим особенно важно, определяя оптимальные направления развития флота, штурманской службы и системы подготовки штурманов, обратиться к опыту предшествующих поколений мореплавателей.

Штурман – это специалист по вождению кораблей, судов, летательных аппаратов и других движущихся объектов. Он обеспечивает их точное и безопасное вождение, несет ответственность за техническую исправность и правильное использование навигационных приборов [2]. Это определение фактически очерчивает современные обязанности штурмана: он отвечает за точность следования корабля назначенным маршрутом и своевременное его прибытие в заданный район, за безопасность плавания от посадки на мель и безопасность предлагаемого им курса, за точность выработки навигационных данных для применения оружия [3]. Сам термин "штурман" в переводе с голландского означает "человек, управляющий судном", "стоящий на руле", и появился в России в 1697 г. в форме "стюрман". В 1714 г. в книге "Генеральные сигналы, надзираемые во флоте" использован несколько модифицированный термин – "штюрман", а современная форма "штурман" впервые употреблена в Морском Уставе 1720 г. В первый раз упоминаются русские штурмана в 1705 г. в письме вице-адмирала К.Крюйса к генерал-адмиралу Ф.А.Головину, в котором они рекомендовались как хорошие и исполнительные люди, и ходатайствовало о прибавке им жалования, т.к. они получали только "по 4 деньга на день кормовых денег" [4]. В разное время в официальном флотском списке чинов числились навигаторы, штурманы, подштурманы и штурманские ученики. Например, в "Списке морских чинов корабельного флота за 1715 г." – навигатор и подштурман [2, 5].

В Указе Адмиралтейств-коллегии от 1797 г. отмечалось, что деятельность штурманов имеет большое значение "поелику без сих людей флот плаваний с желанной безопасностью совершать не может". Не меньшее признание получала работа штурмана и в дальнейшем, особенно при ведении боевых действий кораблями флота.

В настоящее время Штурманская служба, как и весь ВМФ, вынуждена совершенствовать свою структуру в условиях дефицита материальных и людских ресурсов, морального старения и естественного износа технических средств. Однако и в этих непростых условиях она достойно выполняет поставленные перед ней задачи.

Профессия и служба флотского штурмана трудна, многообразна и захватывающе интересна, вместе с тем она чрезвычайно ответственна. Корабельные и флагманские штурмана профессионально решают поставленные задачи в сложных условиях деятельности ВМФ. С высоким качеством выполняются задачи штурманского обеспечения тактических учений, применения оружия. Кропотливым и ежедневным трудом штурманов и офицеров гидро-

графических служб флотов поддерживается высокая боевая и техническая готовность штурманских боевых частей кораблей и судов ВМФ.

Военно-морские учебные заведения укомплектованы высококлассным и опытным профессорско-преподавательским составом, готовящим высококвалифицированные кадры для флота. Штурманская наука и научно-производственные объединения способны оснащать корабли отечественного ВМФ современными техническими средствами навигации и кораблевождения.

В заключение хочется выразить благодарность всем, кто искренне интересуется историей создания и развития Штурманской службы Военно-Морского Флота России, оказывает в этом деле творческую помощь и поддержку, высказывает свои критические замечания и дополнения, которые позволяют более точно и полно освещать рассматриваемые вопросы в готовящемся издании – «Страницы истории Штурманской службы Военно-Морского Флота России». Перечислить всех этих специалистов в данной статье к сожалению не представляется возможным. Тем не менее, хотелось бы отметить инициативную и творческую работу достаточно сплоченного авторского коллектива: Апрелева В.П., Бобрусъ А.А., Бородин Э.С., Галичского А.В., Гарматенко С.И., Горенко Е.И., Григоряна В.Л., Дзюбы В.Г., Зубкова Р.А., Емец К.А., Иванченкова В.П., Кондратьева В.А., Кургузова С.С., Осипова Ю.В., Пешехонова В.Г., Спригуль В.М., Хлыпало Ю.Г., Худоярова Е.И., Фрадкина В.Н., Шкодских М.Л., Штефанова Д.Б., Яковлева А.Н. и многих других энтузиастов, искренне любящих штурманское дело.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Штурманская служба флота, ее роль и место в современной системе безопасности кораблевождения и судовождения, повышении эффективности применения сил и оружия, перспективы развития». Сборник докладов научно-практической конференции, посвященной 300-летию Штурманской службы России. ГНИНГИ, СПб, 2000 г. – 199 с.
2. Березовский Н.Ю., Доценко В.Д., Тюрин Б.П. Российский императорский флот 1696-1917 гг. Военно-исторический справочник. – М.: Русский мир, 1993.
3. Алексин В.И. Об отечественной штурманской школе и штурманской службе Военно-морского флота России // Записки по гидрографии, 1997, № 242, с. 18–28.
4. Коргуев Н. Штурмана русского военного флота. – СПб.: Тип. Морского министерства в Главном Адмиралтействе, 1886.
5. Галенко В.И. Курс – Север. – Мурманск: Мурманское книжное издательство, 1978.

**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МОРСКИХ
АСТРОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ****В.Н.КОСТИН**
(ГНИНГИ МО РФ)

Приводится краткая история развития отечественных морских астронавигационных систем. Характеризуется современное состояние их разработок.

Около 300 лет единственным астронавигационным измерительным прибором на кораблях и судах всех типов являлся навигационный секстан, изобретенный Т.Годфреем и Д.Гадлеем. Навигационные секстаны, выпускаемые различными фирмами, в основном различались лишь конструкторскими решениями. Первый советский навигационный секстан был разработан на Заводе мореходных инструментов (ЗМИ) Гидрографического управления ВМФ СССР в середине 30-х годов. С 1939 г. ЗМИ стал именоваться Заводом штурманских приборов (ЗШП). В послевоенные годы на ЗШП были разработаны и запущены в серийное производство новые секстаны: в 1948 г. – марки СН-ЗШП, а в 50-е годы – СН-2М, СНО и СНО-М. С 1970 г. на корабли и суда отечественного флота стал поступать модернизированный секстан СНО-Т (тропикоустойчивый). В начале 50-х годов на Свердловском оптико-механическом заводе по трофейным немецким образцам были созданы первые отечественные секстаны с искусственным горизонтом – гироскопический интегрирующий марки ГИМС-3 и интегрирующий со сферическим уровнем ИМС-3. До этого на флоте использовался интегрирующий авиационный секстан со сферическим уровнем ИАС-1.

Требования по определению координат места подводных лодок из перископного положения привели к необходимости создания зенитных перископов с астроизмерительными устройствами, в основу которых была положена конструкция ГИМС-3. Первый такой отечественный перископ ПЗНГ с астронавигационной приставкой был разработан в середине 50-х годов в ЛОМО.

Появление в составе флота подводных ракетносцев, вооруженных баллистическими ракетами, потребовало более точного знания курса и заставило по-новому оценить роль астронавигационных средств. На первое место была выдвинута курсовая коррекция гироскопических навигационных систем. Эта задача могла быть решена только специализированными астронавигационными перископами, входящими в состав навигационных комплексов (НК).

Первыми образцами таких специализированных средств стали астронавигационные системы (АНС) «Лири-I» (в составе НК «Плутон-I») и «Лири-II» (в составе НК «Север-Н» и НК «Сила-Н»), принятые на вооружение ВМФ в 1960 г. В начале 60-х годов была выполнена модернизация системы «Лири». Доработанная АНС получила шифр «Сегмент». После успешных государственных испытаний в 1964 г. АНС «Сегмент» была принята на вооружение в составе НК «Сигма».

Принятие на вооружение баллистических ракет большой дальности потребовало более точных средств выработки координат места и курса и, как следствие, более точных средств астрокоррекции. В связи с этим в 1964–1969 годах в ЛОМО для первого инерциального НК «Тобол» был разработан первый прецизионный оптический перископный астрокорректор (АК) «Волна» (принят на вооружение в 1972 г.). Опыт испытаний первых его образцов позволил обосновать направления дальнейшего совершенствования АК этого типа. В 1974 г. ЛОМО начал разработку такой системы под шифром «Заря» для НК «Шлюз».

Параллельно с оптическими средствами развивались радиоастронавигационные системы, разрабатываемые ЦНИИ «Электроприбор». В 1965 г. на вооружение был принят радиосекстан (РС) «Самум», в 1972 г. – радиооптический секстан (РОС) «Сайга», в 1976 г. – радиоастронавигационная система (РАНС) «Снегирь». В 1980 г. был принят на вооружение прецизионный радиоастронавигационный комплекс (РАНК) «Салют» для инерциального НК «Симфония-0102». В 80 – 90-е годы началась разработка более совершенных РАНК «Мачта-3» и «Мачта-3.1» для НК «Симфония-3» и «Симфония-3.1».

В отличие от подводных лодок, для надводных кораблей работы по созданию АНС не носили столь направленного и последовательного характера. В основном без существенных изменений на них устанавливались АНС подводных лодок. Специально для кораблей по заданию ГНИНГИ был разработан НК «Альтаир», в составе которого были установлены два РОС «Сура». Испытания этого радиосекстана были проведены в 1967 – 1968 гг. Также для надводных кораблей в 1976 г. была принята на вооружение РАНС «Нарва», установленная на ТАКР «Киев» в составе НК «Салгир-1143». В 1990 г. на ТАВКР «Адмирал Кузнецов» был принят на вооружение оптический астропеленгатор ОАП «Чакон-Б» в составе НК «Бейсур-4342М». В 1996 г. на ТАКР «Петр Великий» был установлен РАНК «Салют».

Тем не менее в 90-е годы в ВМФ наметилась тенденция к отказу от АНС для обеспечения коррекции НК подводных лодок и надводных кораблей. Это объясняется дальнейшим развитием инерциальных навигационных систем (ИНС) и спутниковых навигационных систем (СНС), которые по своим точностным параметрам существенно превзошли АНС. Самые современные ИНС обеспечивают выработку курса и места с требуемой точностью в течение до 3 сут. и на широтах до 85°. Их позиционная коррекция осуществляется в основном СНС, которые обеспечивают точности определения места порядка 50 – 100 м, что пока недостижимо с помощью АНС. Коррекция курса по-прежнему возлагается на АНС только в приполюсном районе.

Однако отечественные СНС находятся в крайне тяжелом состоянии. Низкоорбитные СНС постепенно снимаются с эксплуатации, а среднеорбитная СНС ГЛОНАСС до сих пор укомплектована не в полном объеме и требует значительных финансовых затрат на поддержание своей работоспособности, что в настоящее время достаточно затруднительно. Кроме того, локальные боевые действия в Афганистане, Югославии и Чечне показали порой недостаточную эффективность СНС и подверженность их радиопротиводействию. Аналогично, наземные радионавигационные системы (РНС) также могут быть подавлены противником. Поэтому необходимо рассматривать АНС как обязательное средство навигационного вооружения предвоенного и военного времени.

Основными причинами негативного отношения к развитию АНС являются:

- ограничения по возможности их использования в зависимости от гидрометеоусловий;
- сложность конструкции;
- значительные массогабариты;
- большие финансовые затраты на разработку и создание.

Характеризуя современный уровень использования АНС ВМФ РФ, следует отметить, что в настоящее время в состав штурманского вооружения подводных лодок и надводных кораблей входят [1]:

- РАНК, работающие в радиодиапазоне (на длине волны $\lambda = 2$ см) и оптическом ТВ-канале;
- оптические АНС, в том числе:
 - универсальные перископы (УП);
 - оптические перископные АК;
 - оптические астропеленгаторы (ОАП) для надводных кораблей;
- навигационные секстаны СНО-Т.

Лучшими существующими АНС 3-го поколения, не имеющими аналогов за рубежом, являются [2]:

- РАНК «Салют» для подводных лодок и надводных кораблей;
- АК «Заря» для подводных лодок;
- ОАП «Чакона-Б» для надводных кораблей.

К перспективным АНС 4-го поколения можно отнести [2]:

- РАНК «Мачта-3» и «Мачта-3.1» (разработчик ФГУП ЦНИИ «Электроприбор»);
- АК «Град» (разработчик АО «ЛОМО»).

Однако, работы по АК «Град» приостановлены в 1996 г. из-за отсутствия финансирования. Рассматривается вопрос о целесообразности разработки РАНК «Мачта-3.1».

Перспективы дальнейшего развития АНС остаются неопределенными. ФГУП ЦНИИ «Электроприбор» пока отказывается от дальнейшей разработки РАНК, направляя основные усилия на совершенствование ИНС. АО «ЛОМО» готово продолжить работу по созданию АК и ОАП, однако, заказы на эти системы не поступают. Тем не менее, несмотря на трудности с финансированием, отмеченная выше целесообразность включения АНС в состав НК как штатного средства навигационного обеспечения в условиях предвоенного и военного времени, обуславливает необходимость продолжения работ по совершенствованию АНС по следующим основным направлениям:

- поиск новых нетрадиционных принципов построения АНС с целью обеспечения полной подводной и надводной навигации в любых условиях плавания с вероятностью близкой к 1, повышения точности измерения, уменьшения массогабаритов, упрощения эксплуатации, все большей автоматизации и компьютеризации;
- развитие и совершенствование методов обработки измерительной астронавигационной информации на основе использования не только высотных, но и других линий положения, численных и прямых аналитических методов решения задач;

- развитие и внедрение различной вычислительной техники: цифровых вычислительных комплексов (ЦВК), персональных компьютеров (ПК) и калькуляторов (ПМК) с астронавигационным обеспечением, специальных таблиц (МТ, МАЕ) и аварийного навигационного комплекта (АНК);

- создание ручных секстанов с искусственным горизонтом и собственным встроенным калькулятором.

При этом вся военно-морская астронавигационная техника, как и любая другая военная техника, должна базироваться в основном на отечественной элементной базе в целях обеспечения ее защиты от возможного противодействия со стороны противника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев С.П. Современное состояние и перспективы развития фундаментальной и прикладной астрономии для обеспечения навигации подвижных объектов различного назначения. Материалы научной школы «Астронавигация –2000», СПб, ГНИНГИ МО РФ, 2000, с. 7–13.
2. Костин В.Н. Современное состояние и перспективы развития морской астронавигации. Материалы научной школы «Астронавигация –2000», СПб, ГНИНГИ МО РФ, 2000, с. 106–115.



ЗА РУБЕЖОМ

ГРНТИ 78.25.25.01.17:78.25.25.01.11.35

THE ROLE OF THE NAVIGATION DIVISION OF PORTUGUESE HYDROGRAPHIC OFFICE IN IMPROVING SAFETY OF NAVIGATION

**ANTÓNIO CARRILHO,
LUÍS MONTEIRO**

(Portuguese Hydrographic Office. Navigation Division)

1. Responsibilities of the Portuguese Hydrographic Office (IHPT). The Portuguese Hydrographic Office (IHPT) is the representative of Portugal at the International Hydrographic Organisation (IHO), applying its vast experience to contribute to the safety of navigation, to the preservation of the marine environment and to the development of the country.

The Navigation Division is one of the technical divisions of IHPT. It has several responsibilities, which may be divided into International level responsibilities, National level responsibilities and responsibilities before the Portuguese Navy.

The International responsibilities of the Navigation Division come from Portugal being part of the World-Wide Navigation Warning Service, an organization under aegis of International Maritime Organization (IMO) and IHO, which rules the promulgation of Navigational Warnings. For that purpose, the world has been divided in 16 maritime areas, called NAVAREAS. Portugal is in NAVAREA II, whose coordinator is France (Brest). IHPT coordinates promulgation and broadcast of all Navigational Warnings, up to 200 nautical miles off Portuguese coastline.

National responsibilities require the IHPT to issue an edition of Notices to Mariners every two weeks. Other tasks of the Navigation Division are editing and updating all Portuguese official nautical publications and also updating the publications of the Portuguese speaking African countries (Mozambique, Angola, Cape Verde, Guiné-Bissau and S. Tomé e Príncipe). IHPT is also the National Authority for certifying magnetic compasses, having a dedicated compass test bench. According to Portuguese law, the Navigation Division also performs studies concerning the maritime marking of the Portuguese coast and of Portuguese ports and navigable channels.

IHPT, through its Navigation Division, is also the Navy technical authority for the safety of navigation, issuing the "Navy Navigation Instructions" and supervising and evaluating the work of the Navigation Service of Portuguese Navy ships. When required by Navy ships, the IHPT supports their activity with meteorological fore-

casts. Regarding manoeuvring trials, IHPT has developed its own software to make and analyse this kind of trials.

Currently IHPT is very much committed to two new systems that will surely contribute to improve safety of navigation in Portuguese waters: installation of DGPS Broadcast Stations and production of Electronic Navigational Charts (ENC).

2. Advantages of DGPS/DGLONASS. Projected Portuguese DGPS stations. GPS/GLONASS experimentation and analysis brought forth the development of Differential GPS (DGPS) and Differential GLONASS (DGLONASS) techniques, which enable users to obtain accuracies much higher than would normally be attainable. In fact, the transmission of differential corrections to the satellite signals allows elimination of most of the errors of GPS/GLONASS. Therefore, DGPS and DGLONASS can fulfil the very strict accuracy requirements contained in the "Proposed Baseline European Radionavigation Plan" (6 May 1996):

- Coastal navigation: "In the automatic control mode, the one sigma accuracy required is in the order of 10m for position";
- Port approaches / Inland waterways: "Accuracy is required down to (...) 1 to 3m in the automatic mode with vessel position continuously available and absolutely reliable".

Another important advantage of DGPS and DGLONASS resides in granting a very good integrity to users. While GPS/GLONASS do not provide instantaneous integrity, the use of differential stations - which monitor permanently the signals of the visible satellites - enables the timely warning of any malfunction or failure in less than 5 seconds.

Due to all these developments, maritime DGPS/DGLONASS has disseminated throughout the world and in August 1999 this type of service was already provided by most of the European countries with Atlantic coastlines, as well as by Italy, US, Bermuda, Canada, Australia, China (including Hong Kong), Japan, Argentina, Brazil, India, Russia, Korea, Malaysia and some of the Gulf states.

Being of low cost and high accuracy, differential receivers are becoming more and more widespread and it is almost mandatory, for Portugal, a state with a 400 NM coastline, to adhere to this service.

Considering the benefits of the differential technique, the Navigation Division of IHPT decided to perform some trials with DGPS, in order to study the best architecture for a Portuguese DGPS chain. Two trial Broadcast Stations were installed, in Portugal, during 1998: one at Cape Espichel and the other at Cape Carvoeiro. Those stations enabled to carry out several coverage and accuracy tests. Both trial stations had minimal configuration, with only one Reference Station - connected to a GPS antenna - and one transmitter - connected to a LF/MF antenna. None of the stations had an Integrity Monitor and therefore the quality of the broadcast signal was not monitored.

After installing these two Broadcast Stations two different kinds of trials were carried out:

- coverage trials, performed by ships at sea and
- accuracy trials, performed on reference points of known coordinates.

The most interesting result from the coverage trials concerns the maximum distance at which the DGPS corrections were received. A Portuguese Navy patrol boat, when shoving off, received the DGPS signal at distances of 300 NM and 350 NM from each of the trial stations. Another patrol boat, when approaching coast, acquired the DGPS signal at 200 / 245 NM from the transmitting stations.

Regarding the accuracy tests, the average accuracy of the DGPS positions, in 9 reference points, was better than 3.5m, on 95% of the positions, and in the order of 4m, on 99% of the positions. Additionally, the 95% error was less than 6m on each of the 9 reference points, with both stations, even in places separated more than 300 Km from the Reference Stations.

These trials gathered very important information and data, which was used to project and plan the architecture of the future Portuguese DGPS chain, which shall consist of:

- a Control Station linked with unmanned Broadcast Stations, via a suitable communications network;
- two Broadcast Stations in Continental Portugal: one in Sagres (south-western tip of Portugal) and the other in Carvoeiro (approximately in the middle of the western coast);
- one Broadcast Station in the Azores Archipelago: in Horta and;
- one Broadcast Station in Madeira Archipelago: in Porto Santo.

In every Broadcast Station, redundancy of major functions is fundamental to ensure that the operation of the station will continue uninterrupted in case of a hardware failure. The critical component more likely to fail is the transmitter and so there will be two at each site. Additionally, each Broadcast Station will have two Reference Stations, each one directly linked to one of the Radio beacons, forming a fixed line.

Considering that Integrity Monitors are very reliable pieces of equipment, which, according to experience in other countries, rarely fail, it was decided to install only one Integrity Monitor in Continental Portugal Broadcast Stations. Madeira and Azores Broadcast Stations will have two Integrity Monitors, in order to guarantee full redundancy.

3. Implementation of ECDIS/ENC. Recently, some other factors have contributed to the success of DGPS and DGLONASS, namely:

- introduction of Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS) and Electronic Navigational Charts (ENC);
- development of Integrated Bridge Systems (IBS);
- proliferation of Vessel Traffic Services (VTS);
- expected mandatory carriage requirement of Automatic Identification Systems (AIS) by ships above 300 tonnes.

ECDIS and ENC are now regarded as the most significant advance in marine navigation since the advent of radar, having emerged as a new navigation aid that can provide significant benefits to maritime navigation, safety and commerce.

More than simply a colour display of a paper chart, ENC's combine both geographic and textual information into a readily useful operational tool. They have also enhanced integration possibilities, by allowing paper charts to be displayed digitally, and they are the core of Integrated Bridge Systems (IBS). As an automated decision aid capable of continuously determining a vessel's position in relation to land, charted objects, aids-to-navigation and unseen hazards, ENC's are a real-time navigation system that integrates a variety of information that is displayed to be interpreted by the mariner.

Let's examine, with a little more detail, the current implementation status of ECDIS/ENC and the contribution of IHPT for the implementation of this system.

The production of nautical vector charts began in the 1980's but only in the late 1990's the necessary standards were approved, namely IHO "Transfer standards for digital hydrographic data" (IHO S57 Edition 3 – 1997) and International

Electrotechnical Committee Resolution 61174, which established the standards to be used by equipment manufacturers and marine type approval authorities in the development of ECDIS. Only the data that conforms to the IHO S57 Edition 3 standard and is issued "on the authority of government authorised hydrographic offices" is known as ENC. And only ENC's, when run on a type approved ECDIS, will be authorised to replace paper charts.

At the moment, there are only a few type-approved ECDIS, namely Navi-Sailor 2400 ECDIS (from TRANSAS) and Nucleus 2 ECDIS (from Kelvin Hughes). However, other ECDIS are expected to be type approved in a near future.

In order to standardise ENC production, IHPT joined PRIMAR, which is an organisation based on a cooperative agreement between 10 European Hydrographic Offices designed to provide the mariner with an official ENC service. This service is sold through a number of authorised distributors and began operating in 1 October 1999. At the moment IHPT has already produced 3 ENC's of Lisbon harbour plus 2 other coastal ENC's, which are being sold by PRIMAR. With the production of official ENC's growing significantly, paper charts will progressively be replaced by ECDIS and ENC, increasing the demands of high accuracy in positioning. IMO states, in its Resolution A.817(19) - "Performance standards for ECDIS" (23 November 1995), that in an ECDIS "the ship's position should be derived from a continuous positioning system of an accuracy consistent with the requirements of safe navigation". The most adequate sensor inputs to ECDIS/ENC are DGPS and DGLONASS.

4. Conclusion. To conclude this paper, the authors want to emphasise that ECDIS/ENC when used together with DGPS/DGLONASS can be very important for countries with very long coastlines and with a strong dependence on maritime trade, as is the case of Portugal. The planned Portuguese DGPS Broadcast Stations will bring important benefits for the country, particularly when integrated with ENC's, which are already being produced by IHPT. The two main benefits are:

- Improvement of the safety of navigation: DGPS when integrated with official ENC's will provide all ships that cross Portuguese waters a very accurate radionavigation service, contributing to reduce the possibility of occurring maritime accidents, which are unfortunately frequent all over the world.

- Protection of marine environment and resources: Accidents at sea cause very frequent and irreparable damages to the marine environment and resources. If the projected Portuguese DGPS Stations contribute to avoid, during its expected usage period (which can extend beyond 2020), a single maritime accident then it will have already compensated the financial effort made on implementing them. However, it is the authors' belief that much more than one maritime accident will be avoided contributing to preserve the maritime environment.

- Improvement of the competitiveness of Portuguese ports: It is anticipated that waterborne commerce will triple over the next three decades. Increased port competitiveness demands that vessels move efficiently and rapidly through waterways. DGPS + ECDIS/ENC will grant a high accuracy positioning service, in all Portuguese ports, improving their competitiveness while protecting natural resources and the environment.

**ЗАДАЧИ ОТДЕЛА НАВИГАЦИИ ПОРТУГАЛЬСКОЙ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ
СЛУЖБЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ**

**АНТониу Кэррилью,
Луиш Монтейру**

(Португальская Гидрографическая служба. Отдел навигации)

Рассматриваются обязанности службы в международном плане, а также по выполнению национальных задач. Характеризуется опыт эксплуатации экспериментальных станций португальской сети СНС DGPS, а также работа отдела навигации Гидрографической службы Португалии по внедрению ECDIS.

Функции отдела навигации Гидрографической службы Португалии.

Португальская гидрографическая служба (ПГС) является представителем страны в Международной гидрографической организации (МГО) и использует свой огромный опыт для повышения безопасности мореплавания, охраны морской среды и развития национального судоходства. Отдел навигации является одним из технических подразделений ПГС. Он выполняет несколько задач, которые можно подразделить на задачи международного, национального уровней и задачи отечественных ВМС.

Международные задачи отдела навигации вытекают из обязательств, возложенных на Португалию (как одну из прибрежных стран) Всемирной службой навигационных предупреждений. Эта организация, находящаяся под эгидой Международной морской организации (ИМО) и МГО, руководит распространением навигационных предупреждений. Весь мир разделен ею на 16 морских географических районов, называемых НАВАРЕА. Координатором района НАВАРЕА II, в который включена Португалия, является Франция (центр района – Брест). Выполняя свои функции по международной линии, ПГС координирует распространение и передачу всех навигационных предупреждений на расстояние до 200 морских миль от своего побережья.

В рамках выполнения национальных задач раз в две недели ПГС выпускают Извещения мореплавателям. Кроме того осуществляется редактирование и корректура португальских официальных навигационных изданий, а также корректура изданий африканских стран, официальным языком которых является португальский (Мозамбик, Ангола, Республика Зеленого мыса, Гвинея-Бисау, Сан-Томе и Принсипи). На национальном уровне сертифицируются магнитные компасы. Для этого ПГС имеет специализированный проверочный стенд. В соответствии с действующим законодательством, Отдел навигации проводит также исследования, связанные с навигационным ограждением побережья страны, португальских портов и судоходных фарватеров.

Наконец, отдел навигации ПГС выступает в качестве технического органа ВМС по вопросам безопасности мореплавания. Отдел издает "Инструкции ВМС по навигации", контролирует и оценивает работу Штурманской службы ВМС. Когда это требуется, ВМС получают от ПГС также метеорологические прогнозы. В обеспечение маневренных испытаний кораблей ВМС разработано программное обеспечение.

В настоящее время в обеспечение повышения безопасности мореплавания очень большое внимание уделяется установке станций СНС DGPS и созданию электронных навигационных карт.

Проектируемые португальские станции СНС DGPS. Опыт использования и анализ результатов СНС GPS/ГЛОНАСС позволил создать работающие в дифференциальном режиме системы DGPS и ДГЛОНАСС, которые дают пользователям возможность получить гораздо более высокие точности месторождения, чем обычно. Фактически, передача дифпоправок к сигналам ИСЗ позволяет исключить большинство присущих GPS/ГЛОНАСС погрешностей. Следовательно, DGPS и ДГЛОНАСС могут удовлетворять очень жестким требованиям, содержащимся в "Предлагаемом базовом европейском плане радионавигации" (6 мая 1996 г.), а именно:

1. Прибрежное плавание: "В режиме автоматического управления требуемая точность определения места (одна сигма) составляет порядка 10 м".

2. Подходы к портам / Внутренние водные пути: "Требуется точность до 1–3 м в автоматическом режиме; местоположение судна может определяться непрерывно, полученные данные абсолютно надежны".

Другое важное преимущество DGPS/ДГЛОНАСС состоит в обеспечении пользователям очень хорошей целостности. Тогда как GPS/ГЛОНАСС не обеспечивают мгновенной целостности, использование дифференциальных станций, которые постоянно осуществляют контроль сигналов, находящихся в зоне видимости ИСЗ, дает возможность своевременно предупреждать о любой неисправности или отказе в работе менее, чем через 5 с.

Благодаря этим преимуществам морская система DGPS/ДГЛОНАСС получила распространение во всем мире. В августе 1999 г. предоставление соответствующего вида услуг уже обеспечивалось большинством европейских стран Атлантического побережья, а также Италией, США, Бермудскими островами, Канадой, Австралией, КНР (включая Гонконг), Японией, Аргентиной, Бразилией, Индией, Россией, Кореей, Малайзией и некоторыми государствами Персидского залива.

Так как дифприемники имеют небольшую стоимость и высокую точность, они получают все более и более широкое распространение.

Для Португалии, страны с береговой линией длиной 400 морских миль, использование этой системы является едва ли не обязательным.

Учитывая сказанное, Отдел навигации принял решение провести испытания с DGPS для того, чтобы определить наилучшую архитектуру португальской сети этой системы. Поэтому в 1998 г. на побережье страны на мысах Эспишел и Карвозейро, были установлены две экспериментальные передающие станции DGPS. Это дало возможность провести ряд испытаний по уточнению возможностей будущей сети (зоне ее действия и точности местоопределения). Конфигурация обеих станций была минимальной: только одна опорная станция, соединенная с антенной GPS, и один передатчик, соединенный с НЧ/СЧ антенной. Ни одна из этих станций не имела устройства контроля целостности, поэтому качество излучаемого сигнала не контролировалось.

После установки этих двух передающих станций были выполнены два вида испытаний:

- по определению их радиуса действия, проводившиеся с помощью

находившихся в море кораблей;

- по точности определения местоположения, проводившиеся с использованием опорных точек с известными координатами.

Наиболее интересные результаты испытаний были получены при определении максимального расстояния, на котором принимались поправки DGPS. Так сторожевой катер португальских ВМС, при выходе в море, принимал сигнал DGPS расстояниях до 300 и 350 морских миль от каждой из передающих станций. В то же время другой сторожевой катер, идущий с моря, начал принимать сигнал DGPS на удалении 200 и 245 морских миль от этих станций.

Средняя точность определения местоположения по системе DGPS во всех 9 опорных точках была лучше 3,5 м в 95% случаев и порядка 4 м в 99% случаев. Кроме того при определении по любой из двух станций погрешность (с вероятностью 95%) составляла меньше 6 м на каждом из 9 опорных пунктов (даже на расстояниях свыше 300 км от опорных станций). Во время этих испытаний была получена очень важная информация, которая была использована при проектировании архитектуры будущей португальской цепочки DGPS. Она будет состоять из:

- контрольной станции, соединенной с автоматическими передающими станциями с помощью соответствующей сети связи;
- двух передающих станций на побережье Португалии: одна на мысе Сагре (юго-западная оконечность Португалии) и другая в Карвоэйро (в средней части западного побережья страны);
- одной передающей станции на Азорских о-вах в Орте;
- одной передающей станции на о-вах Мадейра в Порто-Санто.

Для каждой передающей станции очень важно резервирование основных функций в обеспечение возможности непрерывной работы станции при выходе оборудования из строя. Самым существенным элементом, который вероятнее всего может выйти из строя, является передатчик, поэтому на каждой станции будет установлено два передатчика. Кроме того, каждая передающая станция будет иметь две опорные, непосредственно связанные с одним из существующих радиомаяков, образуя постоянную линию.

Станции контроля целостности являются высоко надежными и, как показывает опыт других стран, редко выходят из строя. Поэтому решено снабдить каждую передающую станцию Португалии одной такой станцией. Зато передающие станции на Мадейре и Азорских о-вах будут иметь по две станции контроля в обеспечение полного резервирования.

Использование электронных навигационных карт. Успеху СНС DGPS / ДГЛОНАСС способствовали некоторые другие факторы, а именно:

- появление электронной системы отображения карт и информации (ЭКНИС–ECDIS) и электронных навигационных карт (ЭНК);
- разработка комплексного (интегрированного) судового мостика;
- распространение систем управления движения судов (СУДС);
- ожидаемое требование обязательной установки автоматической системы опознавания на судах регистровой вместимостью свыше 300 т.

ЭКНИС и ЭНК сейчас считаются наиболее важным достижением в мо-

реплавании со времен появления радиолокатора, являясь теми новыми средствами обеспечения судоходства, которые могут в значительной степени содействовать развитию судоходства и повышению безопасности мореплавания. ЭНК – это не просто цветное отображение бумажных карт. Они сочетают в себе также географическую и текстовую информацию, которую можно легко и оперативно использовать. Кроме того они обладают расширенными возможностями комплексирования, потому что дают возможность отображения бумажных карт в цифровой форме, являясь тем самым основой для построения СУДС. В качестве автоматизированного средства принятия решения, способного определять место судна относительно побережья, нанесенных на карту объектов, средств навигационного оборудования и невидимых опасностей, ЭКНИС ЭНК представляет собой навигационную систему, работающую в реальном масштабе времени, с отображением на дисплеях разнообразной информации, которая интерпретируется мореплавателем.

Рассмотрим более детально современное состояние ЭКНИС/ЭНК и вклад ПГС в дело внедрения этой системы. Производство морских векторных карт началось в 1980 г. Однако только в конце 90-х годов были утверждены необходимые в обеспечение внедрения этих новшеств документы, а именно "Стандарты передачи цифровых гидрографических данных" МГО (S57, Издание 3-е, 1997 г.) и резолюция Международного электротехнического комитета 61174, которыми должны руководствоваться промышленные предприятия и наблюдающие организации морского флота при разработке ЭКНИС. Только те данные, которые соответствуют стандарту МГО S57 Издания 3 и публикуются "с разрешения официальных гидрографических служб", называются ЭНК. И для замены бумажных карт будут утверждаться только ЭНК, используемые совместно с утвержденной ЭКНИС.

В настоящее время имеется всего две утвержденных ЭКНИС, а именно ЭКНИС Navi-Sailor 2400 (TRANSAS MARINE) и Nucleus 2 (Kelvin Hughes). В ближайшем будущем ожидается утверждение еще нескольких.

Для стандартизации производства ЭНК ПГС вступила в PRIMAR – организацию европейских гидрографических служб, заключивших соглашение о совместной деятельности по обеспечению мореплавателей ЭНК. Этот вид обслуживания на коммерческой основе предлагается через ряд официальных дистрибьютеров и начал действовать 1 октября 1999 г. На настоящее время ПГС уже создано три ЭНК гавани Лиссабона и две ЭНК побережья, которые продаются PRIMAR. Поскольку производство официальных ЭНК все время возрастает, они все больше будут заменять бумажные карты. При этом требования к высокой точности определения места будут повышаться. В Резолюции МГО А.817/19 от 23 ноября 1995 г. ("Стандарты эксплуатационных характеристик для ЭКНИС") говорится, что координаты судна должны определяться с помощью системы непрерывного определения местоположения, точность действия которой соответствует требованиям безопасности мореплавания. Наиболее удовлетворительными источниками данных для ввода в ЭКНИС/ЭНК являются DGPS / ДГЛОНАСС.

Заключение. Хотелось бы подчеркнуть, что использование ЭКНИС/ЭНК совместно с DGPS / ДГЛОНАСС особенно важно для стран с береговыми линиями очень большой протяженности и интенсивным судоходством, как в

случае Португалии. Планируемая сеть португальских передающих станций DGPS, особенно в сочетании с использованием ЭНК, которые уже выпускаются ПГС, позволит обеспечить:

- повышение безопасности мореплавания для всех судов, пересекающих португальские воды;
- улучшение защиты морской среды и ресурсов за счет уменьшения вероятности возникновения аварий из-за навигационных ошибок. Если проектируемые португальские станции DGPS в течение ожидаемого периода использования (до 2020 г. и далее) помогут избежать хотя бы одной аварии на море, то это уже вполне компенсирует финансовые затраты на их создание;
- повышение конкурентоспособности португальских портов за счет уменьшения времени движения судов по их водным путям благодаря обеспечению высокой точности определения местоположения.

ГРНТИ 37.21

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ПРАКТИКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В.Г.ДМИТРИЕВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Военными специалистами США и стран НАТО уделяется большое внимание проблемам использования гидрометеорологической информации. Приняты два направления учета данных о среде при принятии решений: традиционное усвоение на качественном уровне и применение современных методов минимизации риска/максимизации выигрыша с учетом неопределенности данных, при этом оптимизационный подход признается доминантным.

Отдельную проблему составляет проблема вероятностной интерпретации прогнозов для адекватного представления данных о неопределенности прогностической информации.

Статья рассчитана на специалистов в области военного и гражданского управления, а также на специалистов по гидрометеорологическому обеспечению различных видов деятельности.

Введение. Проблемам использования гидрометеорологической информации при обосновании принятия военных решений специалисты США и других стран НАТО уделяют большое внимание. Гидрометеорологическая информация составляет неотъемлемую часть исходных данных, на основе которой принимаются решения при планировании и управлении боевой и повседневной деятельностью вооруженных сил. По мере создания новых систем вооружения, наблюдения и связи влияние гидрометеорологических усло-

вий на эффективность боевых действий не уменьшается, а в ряде случаев и возрастает в связи с использованием новых физических принципов функционирования военных систем.

Адекватное использование данных о среде в процессах обоснования и принятия военных (и, вообще говоря, любых других) решений накладывает определенные требования к виду и формам гидрометеорологических данных, включая и требования к данным о неопределенности гидрометеорологической информации. Современные методы поддержки процессов принятия решений, основанные на использовании количественных зависимостей (статистическая оптимизация, методы нечеткой логики (fuzzy logic), нейронные сети (neural networks) и т.д.) позволяют, в случае наличия количественных характеристик неопределенности гидрометеорологических данных, перевести проблему учета данных о среде из класса слабоструктурированных проблем в класс хорошо структурированных, для которых характерно аналитическое выражение основных зависимостей.

Однако в настоящее время, несмотря на определенные достижения в области исследования путей формализации гидрометеорологической информации, проблема представления данных о неопределенности в количественном виде, пригодном для использования в процессах поддержки принятия решений, до сих пор не решена. Отчасти это обстоятельство объясняется тем, что оцениванием неопределенности гидрометеорологической информации занимались в основном сами прогнозисты без учета проблем пользователей. Другой причиной могут служить общие методологические трудности, связанные с проблемой оценивания неопределенности гидрометеорологической информации для поддержки принятия решений.

Основные направления использования гидрометеорологической информации. Анализ основных видов деятельности органов управления ВМС США, сталкивающихся с необходимостью учета данных о состоянии среды, показывает [1], что данные о погоде входят в широкий спектр наблюдений, циркулирующих в информационной структуре системы управления ВМС как при уяснении ситуаций, так и при планировании операций. На этапе планирования информация различных уровней обобщения (для различных этапов планирования) используется с учетом пространственной, временной и организационной иерархичности в условиях неопределенности данных и ограничений пространственного, временного и логического характера.

Предметом отдельных исследований служит проблема доведения информации о неопределенности данных в форме, пригодной для принятия решений органами управления. В ряде случаев одно и то же решение может быть принято вне зависимости от степени точности прогноза, в том смысле, что повышение достоверности высказывания, начиная с некоторого значения, не приводит к изменению решения. Это позволяет подчеркнуть необходимость привлечения внимания не только и не столько к повышению точности прогностической информации, сколько к оценке меры неопределенности прогноза в категориях, понятных потребителю и доступных для их использования в процессах принятия решений.

Как известно, решения всегда принимаются только на основе информации, при этом обоснование решений о предстоящих действиях всегда опира-

ется только на прогнозы. В настоящее время в ВС зарубежных государств наиболее распространены два направления использования гидрометеорологической информации в процессах управления (принятия решений):

1. Традиционное, состоящее в качественном усвоении гидрометеорологической информации при полном доверии прогнозу.

2. Оптимизационное, для которого принципиальным является стремление к минимизации риска и/или максимизации выигрыша в условиях неопределенности исходных данных, что предполагает применение количественных методов учета информации.

Как правило, первого направления придерживаются сами прогнозисты. Второе развивают непосредственные пользователи прогностических данных. В зависимости от выбранного направления формируются различные требования к составу и виду прогностической информации.

Примером **первого направления** может служить методология учета гидрометеорологических условий Службой погоды ВВС США (Air Weather Service, AWS). Для конкретных комплексов и систем вооружения составляется классификация опасных явлений погоды и ведется их систематическая регистрация с целью своевременного оповещения и/или предупреждения авиационных специалистов. Автоматизация деятельности Авиационной службы погоды позволяет высвободить дополнительное время прогнозистам для более тщательного анализа и прогноза метеорологических явлений. Характерно, что AWS подключается уже на стадиях разработки новых систем вооружения.

Аналогичный подход предлагается специалистами ВМС США [2]. Метеорологическая информация, как выходной продукт прогностических моделей, должна быть представлена в виде, наиболее соответствующем для использования в тактических системах для ее усвоения в процессах принятия военных решений. Считается, что ВМС США нуждаются в точных метеорологических анализах и прогнозах для повышения эффективности планирования и реализации стратегических и тактических операций. Поэтому метеорологические данные должны иметь вид и форму, доступную для использования лицами, принимающими решения (user-friendly form). Для достижения этого эффекта метеорологи обязаны в достаточной степени понимать особенности функционирования систем наблюдения, систем вооружения и носителей.

Предлагается три уровня информационной системы поддержки решений в части обеспечения (графического отображения) метеорологическими данными:

- упрощенное (схематизированное) представление текущей и прогнозируемой обстановки (например, для принятия оперативных мер в случае штормовых предупреждений);
- графическое отображение областей превышения критических уровней значений метеорологических параметров для оценки возможностей применения конкретных систем вооружения, носителей и т.п.;
- тактические рекомендации без указания значений параметров среды типа оптимальных коридоров для направлений движения видов техники.

Предполагается, что перечисленные выше данные имеют топографическую привязку и меняются во времени.

Второе направление использования гидрометеорологической информации опирается, в основном, на известные статистические методы оптими-

зации (например, минимизации функций потерь), хотя в последнее время получают развитие новые методы поддержки принятия решений на базе нечеткой логики и нейронных сетей. Как уже было отмечено, характерной особенностью второго направления является количественный учет неопределенности исходных данных, применяемых в процессах обоснования решений.

В большинстве руководств и пособий приводится классическая схема принятия решения на основе дихотомической таблицы (прогноз: явление осуществится/не осуществится; стратегия поведения: будет принята/не будет принята). Типичным примером может служить анализ процесса принятия региональных решений на основе прогнозов Системы предупреждений погодных явлений (Weather-Related Warning Systems). Оптимизационный подход использования прогнозов метеорологических событий основан на категорической форме прогностической информации в виде прогноза вероятностных событий (осуществления градаций значений гидрометеорологических величин и метеорологических явлений – гроз, тайфунов и т.д.), неопределенность которых достаточно хорошо описывается в рамках теории вероятностей повторяемостями (частотами) событий.

Некоторые проблемы использования гидрометеорологической информации. Проблема повышения эффективности использования гидрометеорологической информации весьма актуальна. В настоящее время прогностическая информация при обосновании принимаемых военных и экономических решений используется далеко не в полной мере.

Причины, по которым потребители отказываются от использования прогнозов, могут быть продемонстрированы на примере изучения применимости климатологических прогнозов, хотя выводы имеют и более универсальный характер. Исследования, выполненные Мельбурнским метеорологическим исследовательским центром (Bureau of Meteorology Research Centre, Melbourne), позволяют выделить типичные причины отказа потребителей от использования прогнозов.

В целом причины отказа от использования прогнозов можно распределить по следующим группам:

- отсутствие возможностей изменить решение;
- неадекватное содержание прогнозов (отсутствие сведений о неопределенности прогностических данных);
- отсутствие технологии (методов) построения решений на основе учета прогнозов;
- консерватизм пользователя.

Перспектива повышения эффективности использования прогнозов видится в устранении второй и третьей (и, как следствие, и четвертой) групп причин, а именно, в разработке подходящей методологии оценивания неопределенности прогностических данных и методов принятия решений в условиях учтенной величины неопределенности.

На практике данные, вовлекаемые в процесс принятия решений в своем большинстве в той или иной степени обладают неопределенностью [3]. Проблема учета неопределенности данных и оценки погрешностей прогнозов по праву считается одной из центральных проблем в теории и практике принятия решений.

Одним из классических вариантов представления данных о неопределенности служит вероятностная модель. Исследования Гарвардского университета позволяют утверждать, что, как правило, вероятностная формализация неопределенности отражает либо результат какого-нибудь случайного процесса, который в ряде важных случаев определяется изначально присущей хаотичностью, либо ситуацию неполноты знаний о том или ином явлении.

В состав современных исследовательских инициатив ВМС США традиционно входят фундаментальные и прикладные исследования в области понимания природы неопределенности в аспекте предсказуемости состояния атмосферы и океана, в том числе с точки зрения разработки методов отображения данных о неопределенности прогнозов в практическом приложении.

Фундаментальные исследования постоянно проводятся в аспекте поиска путей совершенствования системы управления вооруженных сил США, так называемой системы СЗ: «командование, управление и связь» (Command, Control, and Communications). Проблема СЗ исследуется в основном с точки зрения эффективности как многоцелевая система с множественной системой решений в условиях неопределенности информации. Например, в работе сотрудников Иллинойского университета [4] рассматривались два варианта системы принятия решений: групповое решение и решение лидера. Учет неопределенности информации, включая неопределенности данных о среде, авторами исследования отнесен к одной из важнейших функций системы СЗ.

Информационная поддержка гидрометеорологическими и другими данными об окружающей среде, по мнению авторов руководства к Тактической системе информационного обеспечения данными о состоянии среды (Tactical environmental Data server, TED), должна, как минимум, обеспечивать возможность командованию ВМС США оптимизировать использование своих сил для достижения требуемого уровня военного превосходства [5].

Как следует из директивы начальника Океанографической службы ВМС США контр-адмирала Р.Веста (R.D.WEST, Rear-admiral, U.S. Navy, Oceanographer of the Navy) от 5 октября 1999 г. № 3140, Ser 096T/9U570840, успех военно-морских операций зависит от освещения морской гидрометеорологической обстановки в любом месте в любое время в интересах максимизации оперативной эффективности и минимизации влияния окружающей среды на носители, оружие и системы наблюдения. Информация важна на всех этапах военно-морской операции, от этапа планирования до тактического – управления боем. Цель информационного обеспечения состоит в предоставлении условий для выработки наиболее обоснованных решений в течение всей операции.

Одна из важнейших целей Океанографической службы ВМС состоит в увеличении возможностей и удовлетворении растущих потребностей пользователей (командования ВМС) в информации о состоянии среды. В соответствии с планами ВМС, которые определяют основу для конкретных решений по деятельности Океанографической службы на ближайшие 5–10 лет [6], ее миссия состоит, в частности, в обеспечении ВМС США соответствующей их потребностям всесторонней информацией о гидрометеорологической обстановке в интересах минимизации риска и максимизации оперативного успеха в любое время в любом месте.

Практическая оптимизация решений выполняется на основе вероятностных характеристик гидрометеорологических прогнозов. При этом органы не только военного, но также и гражданского управления выступают пользователями данных о неопределенности прогнозов, что в конечном итоге и определяет необходимость составления так называемых вероятностных прогнозов, т.е. рядов распределений метеорологических событий.

Органы управления НАТО систематически используют статистические характеристики параметров погоды, влияющих на действия ВВС. В течение многих лет Рэнд Корпорэйшн (Rand Corporation) по заказу НАТО занимается проблемами анализа влияния метеорологических условий на воздушные операции [7]. Усилия исследователей сосредоточены на статистическом представлении гидрометеорологических характеристик, влияющих на проведение воздушных операций, в основном, дальности видимости и предельной высоты полета, причем как по отдельности, так и совместно. Другое направление исследований заключается в моделировании статистических свойств атмосферных параметров, влияющих на визуальные и инфракрасные системы наблюдения (точнее, на формирование визуального контраста и распространение инфракрасного излучения), а также на вероятности определения целей.

Проблемы вероятностной интерпретации прогностических данных о метеорологических условиях подробно рассматривались на 8-ой конференции по проблемам авиационной и аэрокосмической метеорологии Федерального авиационного управления США (1999 г.). В частности, было отмечено, что в состав прогнозов о грозах, выполняемых Командным центром управления воздушными сообщениями (Air Traffic Control System Command Center, ATCSCC), входит, помимо обычных данных, и оценка вероятностей осуществления метеорологического явления. В порядке эксперимента с 1996 г. Национальным центром атмосферных исследований (National Center for Atmospheric Research, NCAR) в интересах авиации проводится составление вероятностных прогнозов условий обледенения. Острая необходимость оценки вероятностей возникновения условий взлета/посадки существует при планировании операций Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration, NASA).

В вооруженных силах (ВС) США в конце 70-х годов был проведен эксперимент по проверке способности выполнять свои обязательства перед НАТО в аспекте учета метеорологической информации. В течение года AWS проверяла способность к усвоению индикаторов успешности проведения операции (Mission Success Indicators), которые представляли собой вероятности того, что планируемая операция будет успешной: лицу, принимающему решение, предлагалась интегральная характеристика, определяющая их зависимость от погоды в виде единственного числа. Эксперименты проводились для вариантов ведения боя различным нарядом сил.

Предпринимаются попытки внедрить вероятностные прогнозы и для обеспечения американских военных органов управления. Особенно пристальное внимание вероятностным оценкам прогностических данных о состоянии среды уделяется в военной авиации. Так, в исследованиях, посвященных автоматизации информационного обеспечения полетов, показано [8],

что по мере увеличения объема метеорологических данных, предоставляемых пилотам летательных аппаратов, для усвоения большого числа данных возникает необходимость в создании автоматизированных систем в том числе экспертных. Такие системы нуждаются в вычисляемых оценках неопределенности прогнозов, которые могут быть получены на основе вероятностного подхода.

Вероятностный характер данных о погоде в течение вот уже продолжительного времени используется командованием ВМС США при планировании операций по уклонению от систем наблюдения космического базирования.

В действующей в настоящее время инструкции кораблям ВМС США, указывающей варианты принятия решений при угрозе возникновения тайфунов (NAVSTA NYINST 5450.1с), решение о дислокации кораблей и судов предписывается принимать на основе вероятностной оценки прогноза тайфуна, которая проводится, в частности, в районе Японии с 1947 г. Правильный учет неопределенности направления движения тайфуна Бонни (1998 г.), оцененной сотрудниками Морского атлантического центра метеорологии и океанографии (Naval Atlantic Meteorology and Oceanography Center), позволил сэкономить 800 тыс. дол. при принятии решения на вывод кораблей 2-го флота США из опасной зоны.

Главный вывод исследований, проведенных еще в конце 70-х годов по заказу армейского командования США [9], состоит в том, что при использовании вероятностных прогнозов эффективность управления реально повышается.

Следует заметить, что проблема вероятностного представления прогнозов и их использования в ряде случаев решается на национальном уровне. Так, например, Национальная служба погоды США рассчитывает вероятности возникновения явлений типа оползней, паводков и т.п., которые учитываются при принятии административных решений.

Проблемы вероятностной интерпретации прогнозов. В настоящее время ВС США в основном получают прогнозы состояния погоды в категорической форме, которые составляются традиционными методами. Однако категорическая форма прогноза существенно ограничивает объем полезной информации, необходимой органам управления для поддержки процессов принятия решений. Метеорологи, как правило, далеки от проблемы обеспечения лиц, принимающих решения, пригодной для использования в процессах принятия решений формой метеорологической информации. Стремление прогнозистов к категорическому прогнозу в действительности означает отказ от оценки степени неопределенности. Поэтому некоторые пользователи таких прогнозов вообще не учитывают будущее состояние атмосферы в своих решениях, другие используют метеорологические прогнозы по принципу да/нет. Реже встречаются пользователи, требующие прогностические данные в вероятностной форме.

Преимущество вероятностного подхода заключается в том, что одно число (вероятность) может удовлетворить все потребности оператора о неопределенности метеорологической информации при принятии решения, включая возможности применения расчетных методов оптимизации выбора решений. Поскольку прогнозы погоды всегда обладают неопределенностью, с

необходимостью вытекает потребность усвоения потребителями прогнозов погоды в терминах теории вероятностей.

Современные обобщенные требования к гидрометеорологической информации со стороны военных специалистов можно продемонстрировать на примере формирования требований в рамках национальной аэрокосмической системы (National Airspace System). С одной стороны, в процессах принятия решений пригодная к использованию метеорологическая информация играет ключевую роль для обеспечения безопасности и эффективности воздушных перевозок (т.е. выдвигается требование к пригодности информации для использования в процессах принятия решений по профилю его деятельности). С другой стороны, метеорологическая информация должна быть предназначена не только для планирования своей деятельности центральным органом управления полетами, но и для всех других заинтересованных подразделений (т.е. выдвигается требование к универсальности метеорологических данных). И, наконец, информация о погоде должна быть доступна для использования в процедурах принятия решения на различных уровнях управления (требование пользовательской иерархичности).

Вероятностное обоснование играет важную роль и при автоматическом распознавании целей, обнаружении мин и т.п. с учетом гидрометеорологических условий выполнения наблюдений. Например, вычисления на основе принципа максимального правдоподобия лежат в основе программы «Обнаружение и распознавание движущихся и неподвижных целей» (Moving and Stationary Target Acquisition and Recognition, MSTAR) Автоматизированной системы распознавания целей (Automatic target recognition, ATR) Агентства перспективных исследовательских проектов МО США (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA). На основе статистических выводов относительно пространственно распределенных объектов (участков местности, дорог, рек, лесов и др.) в системах информационной поддержки армейского командования США функционируют распределенные базы динамических данных DARPA (DARPA's Dynamic Database, DDB). Аналогичные методы применяются и в системах ВМС США для картирования океана, проведения противоминных операций и решения других задач, стоящих перед флотом.

Систематические исследования процессов принятия решений позволяют выделить в качестве одной из важнейших проблему анализа и учета неопределенности используемых данных. Исследования специалистами Рэнд Корпорэйшн проблем, в которых вероятностные зависимости играют фундаментальную роль, показывают, что неопределенность в таких проблемах существенно отличается от статистического шума [10]. Для анализа подобных ситуаций приходится применять вероятностные распределения, которые могут не иметь такую удобную форму, как, например, нормальное распределение. В частности, могут возникнуть потребности рассмотрения совместных распределений. Такие ситуации возникают, например, в задачах учета влияния гидрометеорологических условий при проведении противоминных операций, обеспечении безопасности полетов, организации наземных военных операций и т.п.

Таким образом, возникает проблема адекватного описания сведений о неопределенности исходных данных, необходимых для оценки возможностей реализации и потенциальных последствий предполагаемого решения. В слу-

чае необходимости учета гидрометеорологической информации сведения о неопределенности данных рекомендуется представлять в терминах теории вероятностей.

О возможностях верификации прогнозов. Проблемой оценки метеорологических прогнозов (weather forecast evaluation) занимаются, по меньшей мере, с конца прошлого века. Наибольшее развитие теория оценивания прогнозов получила в 70–80-х годах нашего столетия благодаря А. Мерфи (A.H. Murphy, 1931–1997), работавшему в Университете шт. Орион (США). В настоящее время ведущими американскими специалистами в области оценивания прогнозов можно считать Гарольда Брукса (Harold E. Brooks) и Чарльза Досвелла (Charles A. Doswell III) из Национального управления по океану и атмосфере (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA).

Как правило, теоретические соотношения, связывающие показатели точности и полезности (значимости) прогнозов, формализуются с трудом. Значимость относится к комплексным понятиям, зависящим от особенностей конкретного потребителя (в отечественной литературе эквивалентом понятия значимости (value) прогнозов служит понятие функциональной эффективности).

Понятно, что значимость прогнозов не является единственной причиной для выбора стратегии поведения потребителя. Эффективность деятельности только самих прогнозистов целиком зависит от качества прогнозов, для других потребителей это не так. Заметим, что большинство из прогнозистов в настоящее время имеют весьма приблизительное представление о значимости своих прогнозов.

С точки зрения оценки качества прогнозов важную роль играет чувствительность характеристик деятельности пользователей от прогностической информации (не от самих параметров окружающей среды), поскольку в случае невозможности изменить стратегию действий даже при значительной зависимости их результата от погоды, прогнозы не имеют никакой значимости.

Для оценки качества прогнозов обычно применяются так называемые верификационные процедуры. Верификация прогнозов погоды составляет существенную часть прогностической системы. Верификация предоставляет метод оценки качества прогноза в интересах обоснования выбора между прогностическими процедурами на основе выявления слабых и сильных сторон прогностических данных, что формирует, таким образом, ключевой элемент процесса улучшения прогнозов.

Исторически статистические оценки в рамках процедур верификации прогнозов выполнялись для прогнозов таких метеорологических элементов как температура, осадки, ветер, а также для прогнозов явлений – штормов, торнадо, оползней и др. Метеорологи воспринимали эти оценки как средство упорядочивания методов прогноза по качеству и поэтому негативно относились к использованию таких оценок. Однако по мере того, как прогнозисты стали стремиться к увеличению точности прогнозов, они признали необходимость оценивать свои прогнозы на основе фактических данных. В ноябре 1997 г. Авиационным центром погоды (Aviation Weather Center, AWC) Национальной метеорологической службы США была внедрена система верификации, функционирующая в реальном масштабе времени. Целью внедрения этой системы, в частности, было стремление предоставить прогнозистам-

операторам полезный инструмент для реализации процессов принятия решений в прогностическом цикле.

Верификация прогнозов, основанная на методах, разработанных для метеорологии, выполняется также и для прогнозов других физических величин. Так, в Лаборатории исследования космического пространства NOAA (NOAA Space Environment Laboratory) регулярно осуществляют верификацию прогнозов состояния верхних слоев атмосферы, ионосферы и околоземного космического пространства.

Однако все известные верификационные методы направлены на оценку качества прогноза в целом, точнее, на оценку качества используемых прогностических процедур в интересах их сравнения друг с другом и выработки рекомендаций по установке предпочтений между методами прогноза, установления ограничений на применимость прогностических методов с учетом локальных особенностей, определения направлений усовершенствования прогнозов и т.п. К сожалению, верификационные методы не предоставляют пользователям прогнозов данных, необходимых для учета в оптимизационных схемах в случае использования конкретных прогностических результатов.

В дополнение следует отметить мнение известных специалистов в области оценки качества прогнозов М.Эрендорфера (M.Ehrendorfer) и А.Мерфи, (A.Murphy) о том, что качество прогнозов относится к многомерным понятиям, полное описание которого дают только совместные функции распределения прогнозов и наблюдений. Значимость прогнозов в общем случае зависит от качества прогнозов только в полной многомерной трактовке. Важно подчеркнуть, что увеличение точности прогноза не обязательно ведет к повышению значимости (полезности). Согласно частному высказыванию одного из специалистов Национальной службы погоды (НСП) США, Р.Эдвардса, (R.Edwards), «процесс верификации в НСП ориентирован на потребности самих прогнозистов, а не на обслуживание населения». Согласно его же мнению, хотя объективная верификация и представляет интерес для прогнозистов для оценивания прогнозов, сама верификация не позволяет судить о качестве прогнозирования (для потребителей): прогноз может быть правильным за счет выбора меры оценки, но все же быть плохим прогнозом, поскольку основан на некачественных данных или концепциях. С мнением Р.Эдвардса согласуются выводы исследователей и в других странах.

Как уже было отмечено, верификационные показатели, используемые в метеорологии, не могут быть использованы при анализе экономической эффективности для потребителей прогнозов. Даже самые тщательные методы верификации могут квалифицировать метод прогнозирования или метеорологическую службу только с позиций метеорологов, они не могут оценить экономический эффект.

В целом, в стратегические планы развития NOAA входит улучшение сферы обслуживания потребителей посредством повышения эффективности информационного обеспечения данными, необходимыми для защиты жизни и материальных ценностей [11].

Тенденции развития гидрометеорологического обеспечения. Анализ перспективных концептуальных исследований тенденций развития гидрометеорологического обеспечения в военных интересах показывают, что

роль гидрометеорологической информации в процессах планирования и управления боевой и повседневной деятельности ВС США не уменьшается.

Трудности определения вероятностных характеристик прогностических данных привели к необходимости новых научных разработок, которые могут давать результаты в процессах принятия решений в тех случаях, когда эффективность обычных методов невысока. В частности, задачу выбора одного из альтернативных решений в тех случаях, когда недостижимы плотности распределений соответствующих параметров, в настоящее время пытаются решать с помощью так называемых «наук о достижении возможного» (Affordability Sciences). В состав этих новых наук входят, в частности, теория катастроф, теория хаоса, нечеткая логика, нейронные сети и пр. Термин «Affordability Sciences» был впервые введен в оборот, по-видимому, специалистами Управления НИОКР ВМС США.

В связи со сложностями вероятностной интерпретации категорических прогнозов и отсутствием развитого аппарата получения распределений погрешностей прогностических данных определенные надежды возлагаются на результаты развития «наук о достижении возможного» и в интересах усовершенствования самих прогнозов. Так, в рамках программы стратегических исследований Национального центра атмосферных исследований США разрабатывается концепция «Интеллектуальных метеорологических систем» (Intelligent Weather System, IWS), основанных на применении аппарата нечеткой логики, нейронных сетей и достижениях других современных научных направлений. Предполагается, что в результате это позволит оптимизировать точность, пространственно-временное разрешение и спецификацию информации в интересах повышения эффективности принимаемых пользователями решений.

Гидрометеорологическое обеспечение может оказать существенное влияние на эффективность боевых действий вооруженных сил, однако в настоящее время армейские требования к гидрометеорологической информации, например, носят слишком общий характер и не отражают реальных потребностей. Зачастую военные решения принимаются без должного учета потенциально возможного информационного обеспечения. Имеется настоятельная потребность в повышении эффективности использования гидрометеорологической информации при принятии решений. В частности, состав информационного обеспечения должен быть приближен к потребностям лиц, принимающих решения. В состав гидрометеорологической информации должны входить вероятностные характеристики прогностических данных, причем не только вероятности отдельных метеорологических событий, но и распределения погрешностей прогнозов непрерывных величин [12].

Растущий интерес к созданию системы количественных мер для оценки качества прогнозов и анализов состояния океана отмечен в планах исследований Управления НИОКР ВМС США на 2000 фин.г. и последующие годы. В программе американских научных исследований по атмосферным, океанологическим и космическим проблемам большое внимание уделяется развитию методов оптимизации решений в случае многоаспектных ситуациях при наличии ограничений и при наличии риска.

Согласно требованиям Управления НИОКР ВМС по разработке систем информационной поддержки командования ВМС США данными об окружающей среде, на начало XXI века поиск новых статистических приемов количественной оценки неопределенности прогнозов гидрометеорологической обстановки отнесен к одному из важнейших направлений научных исследований.

Требования к информационному обеспечению военных операций XXI века будут только возрастать. Для их успеха безусловно понадобится обеспечить возможность немедленного доступа к ключевым информационным ресурсам для опережающего (по отношению к противнику) принятия точных решений на ведение боевых действий. Информационный контур должен будет охватывать все операционные стадии: наблюдение, усвоение, решение, действие.

Заключение. Проблеме эффективного использования гидрометеорологических прогнозов при принятии решений в военном деле за рубежом уделяется достаточно серьезное внимание. Анализ современных методов поддержки решений показывает, что для объективного обоснования решений необходимо иметь в распоряжении количественные характеристики неопределенности прогнозов, позволяющие применять различные оптимизационные схемы. Весьма характерно, что материалы, непосредственно касающиеся используемых при этом методов (алгоритмов, расчетных схем и т.п.) оптимизации эффективности военных решений с учетом неопределенности гидрометеорологической информации, а также материалы по влиянию условий среды на конкретные системы вооружения, наблюдения и связи, в открытой литературе не встречаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Willsky A.S., Marcus S.I., Poston W. Report of The Tri-Service Working Group on the Role of Probability and Statistics in Command and Control // ONR, MIT, Univ. of Maryland. – 1998. – 25 p.
2. Brand S. Applying weather analyses and forecasts in the Navy decision-making process // Bull. Amer. Met. Soc. – 1992. – Vol. 73. – No1. – Pp. 31–33.
3. Meteorological Decision Assistance // Range Commanders Council / White Sands Missile Range NM, Meteorological Group / Final rept. № RCC/MG-350-81. – 1981. – 44 p.
4. Basar T., Cruz J.B. Jr. Robust Team-Optimal and Leader-Follower Policies for Decision Making in C3 (Command, Control and Communications) Systems // Illinois Univ. at Urbana / Final rept. № N00014-82-K-0469. – 1984. – 288 p.
5. An overview of the Tactical environmental Data server (TEDs). Functionality and database Elements // Space and Naval Warfare Systems Command / Meteorological and Oceanographic Systems / San Diego. – 1999. – 27 p.
6. Strategic Plan. CNO (N096) Oceanographer of the Navy // Department of the Navy / Office of the Naval Operations. 2000 Navy Pentagon / Washington D.C. – 1999. – 20 p.
7. Huschke R.E., Rapp R.R., Schutz C. Military Weather Calculations for the NATO Theater: Weather and Warplanes VIII // RAND Corporation / R-2401-AF. – 1980. – 129 p.
8. Crabill, N.L., Dash, E.R. Pilot's Automated Weather Support System (PAWSS) Concepts Demonstration Project. Phase 1. Pilot's Weather Information Requirements and Implications for Weather Data Systems Design // Interim rept. DTFA01-90-4-01019 / Diversified International Sciences Corp., Lanham MD. – 1991. – 19 p.
9. Kyle, Arthur C. Probability Weather Forecasts: For the Army // Army Command and General Staff. Coll. / Fort Leavenworth KS / Final rept. № ADA076190. – 1979. – 116 p.
10. Davis P.K., Bigelow J.H. Experiments in Multiresolution Modeling (MRM) // Rep. RAND Corporation No MR-1004-DARPA. – 1998. – 98 p.
11. Warfare Analysis and Complexity / Mini-Symposium / Workshop Report / Military Operations Research Society. 15–17 Sept. 1997. Johns Hopkins University, Laurel, Maryland. – 1999. – 33 p.
12. Wills Ch. F. Weather Support as a Ground Combat Multiplier // Army Command and General Staff Coll. / Fort Leavenworth KS / Final rept. AD-E750 014. – 1980. – 49 p.



КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ, СЕМИНАРЫ

ГРНТИ 78.21.41.79

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ШТУРМАНСКАЯ СЛУЖБА ФЛОТА, ЕЕ РОЛЬ И МЕСТО В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ КОРАБЛЕВОЖДЕНИЯ И СУДОВОЖДЕНИЯ, ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИЛ И ОРУЖИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»

В Санкт-Петербурге 11 октября 2000 г. состоялась научно-практическая конференция «Штурманская служба флота, ее роль и место в современной системе безопасности кораблевождения и судовождения, повышении эффективности применения сил и оружия, перспективы развития». Конференция была посвящена 300-летию основания Штурманской службы Российского флота, исчисляющемуся от 14 января (25 января по новому стилю) 1701 года, когда указом Петра I повелевалось «быть математических и навигацких, то есть мореходных хитростно искусств учению». Реализацией этой идеи явилось создание в Москве Школы математических и навигацких наук – первого светского учебного заведения в России.

Среди его выпускников были будущие адмиралы и герои Северной войны, битв при Гангуте, Эзеле и Гренгаме – Н.А.Сенявин. и В.И.Ларионов; ближайшие соратники Петра – Н.Ф.Головнин, С.В.Лопухин и Ф.И.Соймонов; мореплаватели и открыватели новых земель С.Г.Малыгин и А.И.Скуратов; великие русские адмиралы П.С.Нахимов и Ф.Ф.Ушаков. Навсегда остались на картах всех стран мира имена офицеров Российского флота, прошедших путь от штурмана до капитана (командира корабля) – А.Чирикова, Дмитрия и Харитона Лаптевых, Д.Овцына, С.Челюскина и штурмана И.Елагина. Известным флотским ученым и мореплавателем, флотоводцем был адмирал С.О.Макаров. Штурман подводной лодки «Пантера» А.И.Берг в советский период стал основоположником отечественной кибернетики, адмиралом-инженером, академиком АН СССР.

Профессия и служба корабельного и флагманского штурмана трудна, многообразна и захватывающе интересна и вместе с тем чрезвычайно ответственна. Не случайно, что офицеры, которые хорошо усвоили это, стали известными флотоводцами. Среди них заслуженные адмиралы, заложившие основы современного флота России: дважды герой Советского Союза адми-

рал Флота Советского Союза С.Г.Горшков, Герои Советского Союза адмиралы флота Г.М.Егоров и В.Н.Чернавин, адмирал А.П.Михайловский, вице-адмирал Р.А. Голосов, адмирал В.В.Михайлин, начальник Главного штаба ВМФ адмирал В.А.Кравченко, командующие Северным и Тихоокеанским флотами адмиралы В.А.Попов и М.Г.Захаренко, начальник ГУНиО МО адмирал А.А.Комарицын и многие другие. Сегодня корабельные и флагманские штурмана ответственно и профессионально решают поставленные задачи в сложных условиях деятельности ВМФ. Кропотливым и ежедневным трудом штурманов поддерживается высокая боевая и техническая готовность штурманских боевых частей и судов ВМФ.

В соответствии с директивой Главного Штаба ВМФ, конференция была организована Штурманской службой ВМФ под эгидой Главного управления навигации и океанографии МО РФ, Морского научного комитета. Проведение ее было поручено Государственному научно-исследовательскому навигационно-гидрографическому институту Министерства обороны РФ при участии Военно-морской академии им. адм.В.Г.Кузнецова.

Открыл конференцию Главнокомандующий ВМФ адмирал флота, доктор политических наук В.И.Куроедов, подчеркнувший в своем выступлении значение навигации и достигнутые ею за последнее десятилетие успехи, что позволило, в частности, повысить точность определения места корабля в любой точке Мирового океана с нескольких сотен до единиц метров.

История Штурманской службы России, формирование концептуальных подходов к определению ее роли и места в условиях реформирования ВС РФ были освещены в докладе Главного штурмана ВМФ контр-адмирала Е.Г.Бабинова.

В докладе ГУНиО МО РФ рассматривалось навигационно-гидрографическое обеспечение освоения Россией Мирового океана, подчеркивалась неразрывная связь навигации и гидрографии.

Выступление академика РАН В.Г.Пешехонова было посвящено анализу опыта разработки и испытаний интегрированных инерциальных/спутниковых систем, созданных ЦНИИ "Электроприбор".

Перспективы развития морских средств навигации осветил капитан I ранга, доктор технических наук, начальник ГНИНГИ С.П.Алексеев.

В работе конференции приняли участие 280 представителей от 80 организаций, включая и Гидрографическую службу Португалии. Заслушано и обсуждено 45 докладов. Сборник докладов конференции был выпущен к ее открытию.

ШЕСТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СУДАМ И МОРСКИМ КОНСТРУКЦИЯМ В ХОЛОДНЫХ РАЙОНАХ ICETECH' 2000

С 12 по 14 сентября 2000 г. в С.-Петербурге на базе ЦНИИ им.акад.А.Н.Крылова проходила очередная Шестая международная конференция по судам и морским конструкциям в холодных районах ICETECH' 2000. Впервые в истории ICETECH она стала совместным проектом научных и инженерных сообществ Канады и России в области судостроения и океанотехники для полярных морей. В качестве организаторов ICETECH' 2000 выступили Арктическая секция Общества корабельных и морских инженеров (Канада) и ЦНИИ им.акад.А.Н.Крылова (РФ) в кооперации с ААНИИ и ЗАО ЦНИМФ. Спонсорами конференции являлись ЦНИИ им.акад.А.Н.Крылова,

Fortum Oil and Gas Oy, Shipping (Финляндия), Bercha International Inc. (Канада), Cautley Enterprises Inc. (Канада), Canatec Consultants Ltd. (Канада) и R and B Falcon (США).

Конференция, проводившаяся под почетным патронажем губернатора города В.А.Яковлева и министра транспорта РФ С.О.Франка, проходила под сопредседательством директора ЦНИИ им.акад.А.Н.Крылова академика В.М.Пашина и г-на Арчибальда К.Черчера, Cautley Enterprises Inc.

Функционировали две рабочие секции:

- секция А – Северный Морской Путь, проектирование и эксплуатация судов;
- секция В – Проектирование и эксплуатация морских конструкций, окружающая среда, безопасность и правила.

Официальный язык конференции – английский, рабочие языки – английский и русский (обеспечивался синхронный перевод). Всего было заслушано 100 докладов, в т.ч. 10 пленарных, 46 на секции А и 49 на секции В. В числе последних обсуждалось 5 докладов, касавшихся вопросов обеспечения навигационной безопасности плавания и эксплуатации шельфовых сооружений в ледовых условиях.

Сборник трудов конференции вручался каждому участнику.

С информацией о конференции ICETECH' 2000 можно ознакомиться в русскоязычном веб-сайте http://www.icetech2000.org/enter_r.html. Аналогичная информация на английском языке находится в веб-сайте <http://www.icetech2000.org>.

XXII НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПАМЯТИ Н.Н.ОСТРЯКОВА

Очередная Остряковская конференция состоялась в ГНЦ РФ–ЦНИИ “Электроприбор” (С.-Петербург) 25–26 октября 2000 г.

Работа конференции под председательством академика РАН В.Г.Пешехонова традиционно проходила в рамках пленарного и пяти секционных заседаний, а именно:

- чувствительные элементы систем навигации и управления;
- гироскопические системы;
- навигация и управление движением;
- электроника и вычислительная техника бортовых систем;
- метрология в навигации и управлении движением: анализ качества моделей, алгоритмов и программ обработки данных.

Всего было заслушено 80 докладов.

Параллельно с конференцией 25–27 октября норвежской фирмой CAMO AS в ЦНИИ “Электроприбор” был проведен семинар “Введение в многомерный анализ данных – теория и практика на ПК”. Его тематика, разбитая на 7 разделов, в основном освещала вопросы, связанные с описанием пакета Unscrambler вышеуказанной фирмы и возможности его практического использования.

4-я РОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ “НО–2001”

6–9 июня 2001 г. в Государственном научно-исследовательском навигационно-гидрографическом институте Министерства обороны РФ (ГНИНГИ МО РФ) состоится очередная Российская научно-техническая конференция “Современное состояние, проблемы навигации и гидрографии” (“НО–2001”). Ее

организаторы – ГНИНГИ МО РФ совместно с Научно-техническим обществом судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, Институтом прикладной механики РАН, Российским общественным институтом навигации, Российским гидрографическим обществом и Межгосударственным советом «Радионавигация». На конференцию приглашаются представители органов власти и управления г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, представители заинтересованных министерств и ведомств, руководители промышленных предприятий, проектных и научно-исследовательских институтов, ученые и специалисты, работающие в области тематики конференции.

Планируется проведение пленарного заседания и работа 8 тематических секций:

1. Методы, точность и эффективность навигации.
2. Автономные навигационные системы и комплексы.
3. Спутниковые и наземные радионавигационные системы.
4. Средства навигационного оборудования.
5. Средства, методы и технологии гидрографии и морской картографии.
6. Средства и методы морской геофизики.
7. Океанографические исследования.
8. Гидрометеорологическое обеспечение морской и воздушной навигации.

Доклады участников конференции предполагается опубликовать до ее начала в виде отдельного сборника. Весь период работы конференции будет функционировать выставка технических средств навигации и гидрографии.

Регистрационный взнос для каждого участника конференции – 40 у.е. (при условии перечисления денег до 20.03.2001 г.) и 50 у.е. – позже. Стоимость 1 м² выставочной площади – 10 у.е.

Культурная программа организуется за отдельную плату и по предварительным заявкам в день регистрации. Оргкомитет обеспечит размещение участников конференции «НО–2001» в гостиницах Санкт-Петербурга по предварительным заявкам.

Более подробную информацию можно получить по адресу: Россия, 199106, г. Санкт-Петербург, Кожевенная линия, д.41. Оргкомитет конференции «НО-2001».

Контактные телефоны: +(812)322-2114, 322-0566.

Факс+7 (812) 322-3319.

E-mail: gningi @ navy.ru.



ABSTRACTS

S.P. Alekseyev, V.G. Dmitriyev, A.N. Dobrotvorsky. On the Base of Metadata on the Complex Problem of Scrapping the Russian Nuclear Submarines. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.11–21.

The general tasks of the information support system for the problem of scrapping the nuclear submarines are analyzed in brief. The subtask of creating the base of metadata on the problem being considered and approaches to information classification are characterized. The problem questions of creating the metadata base are enumerated; the possible ways of their solution are described.

S.B. Balyasnikov, S.I. Mastryukov, A.B. Oparin. Concept of Building the Military Network of the Single Information System Covering the Situation in the World Ocean (SISSWO). Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.21–33.

The initial ideas concerning the complex of the normative-methodical information-technological, and organizational elements of the subsystem and links among them, as viewed by the developers of the military network of the SISSWO, are presented. The suggested concept has been coordinated with the strategy of building the SISSWO and is to be made more specific and developed as the SISSWO is created. Requirements to the subsystem have been substantiated; its organizational-functional structure, standard architecture of the military network modules, composition of the information resources, and forms of information support for the subscribers of the SISSWO military network have been suggested. The main organizational decisions that are to provide the creation of the SISSWO military network have been pointed out.

B.E. Ivanov. On the Linear and Multiple Navigational Ranges. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.34–39.

The formula of the lateral deviation from the axis of the multiple navigational range, taking the horizontal base into account, has been obtained. The comparison of the lateral deviations from the axis has been carried out for the cases when the linear and multiple navigational ranges are used. The advantages and disadvantages of these ranges have been pointed out.

B.E. Ivanov. On the Estimate of the Navigation Safety Probability in Channel Navigation. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.40–45.

The existing approaches to the estimate of the navigation safety probability in channel navigation are considered. The relationships that had been obtained earlier are made more precise. The principal relationships between the stated probability and navigational parameters errors under the conditions of detection of an oncoming vessel by means of radar or sonar are deduced.

M.A. Lukyanova, Yu.I. Nikitenko. Peculiarities of the Algorithms of Unambiguous Spatial Angular Vessel's Orientation by Multiple-Meaning Single-Moment Interferometric Readings of Signal Phases for All Visible SNS Satellites. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.46–57.

The well-known principles of maximum likelihood estimate of the even cycles counts in each single-moment taken interferometric readings of signal phases for visible satellites are considered. Using the concepts of multidimensional geometry, the obtained algorithm that provides for the grouping of the satellites into triads and tetrads is discussed.

G.A. Semyonov, S.B. Boloshin, S.P. Zaroubin, S.B. Pisaryev. Optimization of Arrangement of the Ground Transmitting Stations (GTS) for the Mobile Navigation System,

providing the Minimum Position Fixing Error in a local Area Situated at a Given Distance from the GTS. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p. 58–62.

The problem of finding the optimum distribution of positions of ground transmitting stations for the mobile navigation system that minimizes the position fixing error in the given area when the system operates in the range-finding or difference-range-finding modes, is solved.

K.G. Stavrov, L.F. Pushkina, V.I. Gouseva, A.A. Stakhov. Information-Reference System of the Automated Marine Geophysical Data Bank. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.63–68.

Based on the employment of the up-to-date software and hardware, the information-reference system of the automated marine geophysical (gravimetric and magnetometric) data bank has been developed. The experimental version of the system has been created on the Pentium type PC.

A.A. Simineyev. Estimate of the Practicability of the PHOTOMOD Program Digital Photogrammetric System for Processing the Aerial Photographs in Marine Cartography. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.69–74.

The possibility of employing the PHOTOMOD program digital photogrammetric system for processing the aerial photographs in order to produce the photodocuments for the coast segments and to carry out the topographic survey of the coastline, using the aerial photograph stereopairs, is shown. The main modules of the system are characterized. The a priori results of estimating the positional accuracy of the points on the topography board are given. Based on the errors in photogrammetric processing of aerial photographs and their resolution, the requirements to the scanner optical resolution are substantiated. Recommendations concerning the software and hardware are given. It is pointed out that the employment of the PHOTOMOD system will enable to solve all the problems associated with efficient examination and mapping of the coastal areas.

E.S. Kochanov, D.I. Shchennikov. Causes of Formation and the Level of the Electromagnetic Background in the Main Areas of the World Ocean. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.75–81.

The causes of formation of the electromagnetic background in different areas of the World ocean are considered. The methods of detecting this background are presented.

V.I. Kolesova, M.A. Efendiyeva. Method of Analytical and Numerical Description of the Geomagnetic Field gradients for Using them When Solving the Geological and Navigational Problems. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.81–85.

The stationary geomagnetic field at any point of the Earth and in the near-earth space is a sum of the main geomagnetic field, large regional, regional and local anomalies. It is suggested to use three different methods to describe these three components differing in their spectral-spatial characteristics.

The best way to describe the main geomagnetic field is the Gauss series. The large regional anomalies or the anomalies of the intermediate type are best described using the fictitious dipole sources structures. The geometric parameters of the structure are determined preliminarily, using the data of the spectral-spatial field analysis along two or three profiles in the area studied. Gradients of the regional and local anomalies are calculated by means of Poisson integral.

A.N. Dobrotvorsky, A.A. Fedorov. Meteorological Radiolocation in the System of Hydrometeorological Support for the Navy. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.86–91.

A wide range of hydrometeorological support problems that can be solved using the shipborne radiolocation meteorological facilities, are considered.

A.A. Yeroshko, V.M. Kushnir, A.M. Souvorov. Charting the Currents of the North-West Sector of the Black Sea, Using the GZP-2000 system. *Navigation and Hydrography*, 2000, №11, p.91–99.

In order to create the methods of charting the currents in the Black Sea, using the data of hydrological surveys, the directly measured and geostrophic currents have been compared. For this aim, the data of synchronous vertical profiling of velocity and density vectors obtained in the course of six synoptic surveys by means of GZP-2000 system have been used. The comparison has shown the qualitative and quantitative similarity of the principal structural peculiarities for the measured and calculated (geostrophic) currents in the upper layer of the sea.

V.S. Lyamzina, S.I. Mastryukov, S.L. Nosova, N.N. Pikholenko, V.Yu. Tougarev. Principles of Quality Control for Hydrologic-Hydrochemical Data of the Gos.NINGI MoD Research Centre. *Navigation and Hydrography*, 2000, №11, p.99–104.

Based on the international and national experience, the principles to be used as the basis of the quality control technology for the hydrologic and hydrochemical information stored in the RF MoD oceanographic data bank, are set forth.

S.I. Mastryukov, V.Yu. Tougarev. Technology of Data Quality Control for Bathythermograph Observations of the Gos.NINGI MoD Research Centre. *Navigation and Hydrography*, 2000, №11, p.105–109.

The technology of the data quality control for bathythermograph observations, based on the accepted principles of the quality control of hydrologic-hydrochemical data stored in the RF MoD oceanographic data bank, is described. The possible directions of improving the technology and employment of the developed program modules are pointed out.

S.P. Alekseyev, V.G. Dmitriyev, A.N. Dobrotvorsky, Yu.N. Zhukov, A.A. Zotov. On the Integrated Monitoring System for the Areas in Which the Nuclear Submarines are Scrapped. *Navigation and Hydrography*, 2000, №11, p.110–124.

The stages of scrapping the nuclear submarines are characterized. The factors of ecological safety, including the hydrometeorological and other geophysical ones, are considered. The necessity of creating a special integrated ecological safety monitoring system is substantiated. Its tasks are described; the monitored parameters are enumerated. The general requirements to information infrastructure of the system and ways of creating it are analyzed.

A.A. Zotov. The Influence of Hydrometeorological factors on the State of the Navy's Ecological Safety. *Navigation and Hydrography*, 2000, №11, p.125–129.

The analysis of the principal directions and the character of influence of hydrometeorological and other geophysical factors on the state of ecological safety for the objects and forces of the Navy has been carried out. The conclusion is drawn that these factors are to be taken into account when providing the ecological safety for the activities of the Navy.

E.G. Babinov, G.I. Bezborodov, I.V. Ziky. Three-centuries-old Evolution of "Navigatskiye Sciences" and. Reorganization of the Russian Navy Navigation Service. *Navigation and Hydrography*, 2000, №11, p.130–132.

The formation of the Russian Navy Navigation Service is characterized in brief. The difficulties of the navigator's profession and its importance in the Navy are pointed out.

V.N. Kostin. The History of Development of the National Marine Astronavigation Systems. *Navigation and Hydrography*, 2000, №11, p.133–136.

The short history of development of the national marine astronavigation systems is presented. The current state of their development is characterized.

Antonio Carrilho, Luis Monteiro. The Role of the Navigation Division of Portuguese Hydrographic Office in Improving Safety of Navigation. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.137–140; 141–145.

The responsibilities of the Hydrographic Office in the international sphere as well as in carrying out the national tasks are considered. The operational experience for the experimental stations of the Portuguese DGPS SNS network is characterised. The work of the Navigation Division, of the Portuguese Hydrographic Office directed at the implementation of ECDIS is outlined.

V.G.Dmitriyev. Some Aspects of the Hydrometeorological Information uncertainty account in Decisions' set up practice. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.145–156.

Analysis of the available publications has shown that at present there are two known directions of allowing for the environmental data: the traditional assimilation on the qualitative level and the employment of up-to-date methods of risk minimization/benefit maximization, taking the data uncertainty into account, with optimization approach being considered to be dominant. A separate problem is that of probabilistic interpretation of the forecasts for the adequate presentation of data on the prognostic information uncertainty.

Scientific-Practical Conference "The Navigation Service of the Navy, its Role and Place in the Present-Day System of Navigation Safety, in Enhancement of the Effectiveness of the Forces And Weapons Employment, Prospects of its Development". Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.157–158.

The Sixth ICETECH' 2000 International Conference on the Vessels and Marine Structures in the Cold Regions. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.158–159.

The Fourth "NO-2001" scientific-technical conference. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.159.

The XXII scientific-technical conference in memory of N.N. Ostryakov. Navigation and Hydrography, 2000, №11, p.159–160.



СТРАНИЦА ПАМЯТИ



Вечная память экипажу атомной
подводной лодки «Курск»,
погибшему при исполнении
служебного долга в Баренцевом
море 12 августа 2000 года

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексеев Сергей Петрович, начальник ГНИНГИ, заслуженный военный специалист РФ, председатель СПб регионального отделения Российского общественного института навигации, контр-адмирал, д.т.н. Окончил ВВМУ им.М.В.Фрунзе (1972) и ВМА (1983). Автор более 60 печатных трудов.

Бабинов Евгений Геннадьевич, Главный штурман ВМФ, контр-адмирал. Окончил ТОВВМУ им. адм.С.О.Макарова (1972). Специализация – штурманская ВМФ. Автор 20 печатных трудов.

Балясников Сергей Борисович капитан I ранга (в запасе), к.т.н. Окончил Ленинградский гидromетеорологический институт (ЛГМИ, 1972) и ВМА (1987). Специализация – океанография. Автор более 10 печатных трудов.

Безбородов Григорий Инокентьевич, доцент СПб ВМИ, капитан II ранга, к.т.н. Окончил ВВМУ им.М.В.Фрунзе (1985) и ВСОК (1990). Специализация – штурманская ВМФ. Автор 30 печатных трудов.

Болошин Сергей Борисович, зам. генерального директора ЗАО “Фирма “Котлин”, д.т.н., профессор. Специализация – радиолокация и радионавигация. Автор ряда печатных трудов

Гусева Валентина Ивановна, с.н.с. ГНИНГИ. Окончила СПб ГУ (1977). Специализация – геолог-геофизик. Автор 12 печатных трудов.

Дмитриев Виктор Георгиевич, ученый секретарь ГНИНГИ, полковник (в отставке), к.т.н. Окончил ЛГУ (1972). Специализация – математика, военная гидromетеорология, менеджмент по информационным технологиям. Автор около 50 печатных трудов.

Добротворский Александр Николаевич, зам.начальника ГНИНГИ, полковник, д.т.н., профессор. Окончил ВИКА им.А.Ф.Можайского (1973). Специализация – системное проектирование. Автор около 90 печатных трудов.

Sergey P. Alekseyev, Gos.NINGI chief, honored military specialist, regional chief of Russian Public Institute of Navigation (SPb department), Rear-admiral, ScD. Graduated from FHNS (1972) and NA (1983). Author more than 60 publications.

Evgeny G. Babinov, chief of the Navy Navigation Service, Real-admiral. Graduated from Makarov’s Pacific Ocean HNS (1972). Specialty – navigator (Navy). Author 20 publications.

Sergey B. Balyasnikov, I-st rank captain (Res.), PhD. Graduated from Leningrad’s Hydrometeorological Institute (LHMI, 1972) and NA (1987). Specialty – oceanography. Author more than 10 publications.

Gregory I. Bezborodov, SPb Naval Institute assistant professor, II-d rank captain, PhD. Graduated from FHNS (1985) and NHOС (1990). Specialty – navigator (Navy). Author 30 publications.

Sergey B. Boloshin, JSC “Firma “Kotlin” deputy general director, ScD, professor. Specialty – radiolocation and radionavigation. Author some publications.

Valentina I. Gouseva, Gos.NINGI chief scientist. Graduated from SPb SU (1977). Specialty – geologist-geophysicist. Author 12 publications.

Victor G. Dmitriyev, Gos.NINGI scientific secretary, colonel (Ret.), PhD. Graduated from LSU (1972). Specialty –mathematics, military hydrometeorology, management of information technologies. Author about 50 publications.

Alexandr N. Dobrotvorsky, Gos.NINGI deputy chief, colonel, ScD, professor. Graduated from Mozhaysky’s Military Space Academy (1973). Specialty – system designing. Author about 90 publications

- Ерошко А.А.**, старший научный сотрудник Морского гидрофизического института (МГИ) НАНУ, к.т.н. Автор ряда печатных трудов.
- Жуков Юрий Николаевич**, ведущий научный сотрудник ГНИНГИ, к.т.н. Окончил ЛГМИ (1972). Специализация – гидрометеорология. Автор 10 печатных трудов.
- Зарубин Сергей Петрович**, зам.директора ДГУП НИИ ННТ. Специализация – радионавигационные системы и радиопередающие устройства. Автор ряда печатных трудов.
- Зотов Алексей Алексеевич**, начальник лаборатории ГНИНГИ, полковник, к.т.н. Специализация – гидрометеорология. Автор около 10 печатных трудов.
- Иванов Борис Евгеньевич**, главный научный сотрудник ГНИНГИ, капитан I ранга (в отставке), д.т.н., профессор, лауреат Государственной премии РФ, заслуженный деятель науки и техники, председатель секции НТО им.акад.А.Н.Крылова. Окончил Балтийское ВВМУ (1957) и ВМА (1969). Специализация – морская геодезия, гравиметрия, гидрография, навигация. Автор около 200 печатных трудов.
- Колесова Валентина Ивановна**, зав.лаборатории СПбФ ИЗМИРАН, к.ф.-м.н. Специализация – геофизика. Автор 120 печатных трудов.
- Костин Юрий Михайлович**, старший научный сотрудник ГНИНГИ, подполковник (в запасе). Специализация – автоматизированные информационные технологии. Автор около 20 печатных трудов.
- Кочанов Эдуард Степанович**, начальник сектора ЦНИИ им.акад. А.Н.Крылова, д.т.н. Окончил ЛИТМО (1952). Специализация – электрооборудование судов. Автор более 140 печатных трудов.
- Кушнир Владимир Моисеевич**, МГИ НАНУ, д.т.н., профессор. Автор многих печатных трудов.
- Кэррилью Антониу**, Португальская гидрографическая служба, начальник отдела навигации, командор.
- A.A. Yeroshko**, senior scientist of Marine Hydrophysical Institute (MHI) of the Ukrainian NAS, PhD. Author some publications.
- Yury N. Zhukov**, Gos.NINGI leading scientist, PhD. Graduated from LHMI (1972). Specialty – hydrometeorology. Author 10 publications.
- Sergey P. Zaroubin**, deputy director of the State Unitary Affiliate at RIRT. Specialty – radionavigation systems and radiotransmitters. Author some publications
- Alexey A. Zotov**, Gos.NINGI laboratory chief, colonel, PhD. Specialty – hydrometeorology. Author about 10 publications.
- Boris E. Ivanov**, Gos.NINGI chief scientist, I-st rank captain (Ret.), ScD, professor, RF State Prize Winner, RF Honored Science and Technical Worker, Krilov's STO chief of section. Graduated from the Baltic HNS (1957) and NA (1969). Specialty – marine geodesy, gravimetry, hydrography, navigation. Author about 200 publications.
- Valentina I. Kolesova**, SPb Branch of IZ-MIRAN laboratory chief, PhD. Specialty – geophysics. Author 120 publications.
- Yury M. Kostin**, Gos.NINGI senior scientist, lieutenant-colonel (Res.). Specialty – automated information technologies. Author about 20 publications.
- Eduard S. Kochanov**, Krylov's SRI chief of section, ScD. Graduated from LITMO (1952). Specialty – ships electrotechnical equipment. Author more than 140 publications.
- Vladimir M. Kushnir**, MHI of the Ukrainian NAS, ScD, professor. Author many publications.
- António Carrilho**, Portuguese Hydrographic Office, Chief of Navigation Division, commander.

Лукьянова Марина Андреевна, старший научный сотрудник ВНИИРА. Окончила ЛПИ (1983). Автор 18 печатных трудов.

Лямзина Валерия Григорьевна, с.н.с. ГНИНГИ. Окончила ЛГУ (1965). Специализация – географ-океанолог.

Мастрюков Сергей Иванович, начальник отдела ГНИНГИ, полковник, к.т.н. Окончил ЛГМИ (1978). Специализация – океанология. Автор около 30 печатных трудов.

Монтейру Луиш, Португальская гидрографическая служба, отдел навигации, лейтенант.

Никитенко Юрий Иванович, профессор ГМА им.адм.С.О.Макарова, д.т.н. Окончил Ленинградское высшее инженерное училище (1949). Специализация – радионавигационные системы. Автор около 150 печатных трудов.

Носова Светлана Леонидовна, младший научный сотрудник ГНИНГИ. Окончила Российский государственный гидрометеорологический университет (1997). Специализация – инженер-метеоролог.

Опарин Александр Борисович, начальник НИЦ ГНИНГИ, капитан I ранга, к.т.н. Окончил ВВМУ им.М.В.Фрунзе (1977). По специальности гидрограф. Автор ряда печатных трудов.

Писарев Сергей Борисович, директор РИРВ, к.т.н. Специализация – радионавигационные системы и радиопередающие устройства. Автор ряда печатных трудов.

Пихоленко Наталья Николаевна, начальник лаборатории ГНИНГИ. Окончила ЛГМИ (1976). Специализация – метеорология.

Пушкина Людмила Федоровна, старший научный сотрудник ГНИНГИ. Окончила Ленинградский горный институт (1959). Специализация – горный инженер-геофизик. Автор 19 печатных трудов.

Семенов Георгий Алексеевич, главный конструктор проекта ДГУП НИИ ННТ, к.т.н. Специализация – радиолокация и радионавигация.

Marina A. Lukyanova, VNIIRA chief scientist. Graduated from LPI (1983). Author 18 publications.

Valeriya S. Lyamzina, GosNINGI chief scientist. Graduated from LSU (1965). Specialty – oceanology.

Sergey I. Mastryukov, Gos.NINGI chief of section, conel, PhD. Graduated from LHMI (1978). Specialty – oceanology. Author about 30 publications.

Luís Monteiro, Portuguese Hydrographic Office, Navigation Division, lieutenant.

Yury I. Nikitenko, Makarov's State Marine Academy professor, ScD. Graduated from Leningrad's High Marine Engineering College (1949). Specialty – radionavigation. Author about 150 publications.

Svetlana L. Nosova, Gos.NINGI junior scientist. Graduated from Russian State Hydrometeorological University (1997). Specialty – meteorology.

Alexandr B. Oparin, Chief of Gos.NINGI R&D center, I-st rank captain, PhD. Graduated from FHNS (1977). Specialty – hydrography. Author some publications.

Sergey B. Pisaryev, director of RIRT, PhD. Specialty – radionavigation systems and radiotransmitters. Author some publications.

Natalja N. Pikholenko, Gos.NINGI laboratory chief. Graduated from LHMI (1976). Specialty – meteorology.

Lyudmila F.Pushkina, Gos.NINGI senior scientist. Graduated from Leningrad's Mountain Institute (1959). Specialty – geophysics. Author 19 publications.

Georgy A. Semyonov, general constructor of project the State Unitary Affiliate at RIRT, PhD. Specialty – radiolocation and radionavigation.

Симинеев Алексей Александрович, доцент СПб ГУ, к.т.н. Окончил ВИА им. В.В.Куйбышева (1982). Специализация – цифровая картография. Автор 25 печатных трудов.

Ставров Константин Георгиевич, начальник лаборатории ГНИНГИ, к.ф.-м.н. Окончил ЛГУ (1973). Специализация – геофизические исследования, экологический мониторинг. Автор около 60 печатных трудов.

Стахов Антон Андреевич, главный специалист ООО “Центр “Техпост”, к.т.н. Окончил СПб электротехнический университет (1996). Специализация – измерительные системы. Автор ряда печатных трудов.

Суворов А.М., зам.директора МГИ НАНУ, д.ф.-м.н., профессор. Автор многих печатных трудов.

Тугарев Василий Юрьевич, научный сотрудник ГНИНГИ. Окончил СПб ГУВК (1998). Специализация – информационные системы на транспорте.

Федоров Александр Анатольевич, начальник лаборатории ГНИНГИ, капитан II ранга, к.т.н. Окончил ВВМУРЭ (1984). Специализация –АСУ. Автор ряда печатных трудов.

Щенников Дмитрий Леонидович, доцент СПб ВМИ, капитан II ранга, к.т.н. Окончил ВВМУ им. М.В.Фрунзе (1985) и ВСОК (1991). Специализация – гидрометеорология. Автор более 40 печатных трудов.

Эфендиева Мария Александровна, ученый секретарь СПбФ ИЗМИРАН, к.ф.-м.н. Окончила ЛГМИ (1957). Автор ряда печатных трудов.

A.A. Simineyev, SPb SU assistant professor, PhD. Graduated from Kuybishev’s Military Engineering Academy (1982). Specialty – numerical cartography. Author 25 publications.

Konstantin G. Stavrov, Gos.NINGI laboratory chief, PhD. Graduated from LSU (1973). Specialty – geophysical investigations, ecology monitoring. Author about 60 publications.

Anton A. Stakhov, chief specialist, “Centr “Techpost” Co.Ltd., PhD. Graduated from SPb Electrotechnical University (1996). Specialty –measuring systems. Author some publications.

A.M. Souvorov, deputy chief, MHI of the Ukrainian NAS, ScD, professor. Author many publications.

Vasily Yu. Tougarev, Gos.NINGI scientist. Graduated from SPb GUVK (1998). Specialty – information systems for transport.

Alexandr A. Fedorov, Gos.NINGI laboratory chief, II-d rank captain, PhD. Graduated from Radioelectronic HNS (1984). Specialty – automated control systems. Author some publications.

Dmitry I. Shchennikov, SPb Naval Institute assistant professor, II-d rank captain, PhD. Graduated from FHNS (1985) and HNOC (1991). Specialty – hydrometeorology. Author more than 40 publications.

Marina A. Efendiyeva, SPb-Division of IZ-MIRAN scientific secretary, PhD. Graduated from LHMI (1957). Author some publications.



**ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ,
НАПРАВЛЯЕМЫХ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ
«НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ»**

1. Объем статьи не должен превышать 8 с., для статьи обзорно-аналитического характера – до 15 с. Количество рисунков и таблиц – не более 5 (по каждой позиции).

2. Статья должна иметь индекс ГРНТИ, сопровождаться аннотацией (помещается после названия), рефератом, списком использованной литературы и актом экспертизы.

3. К статье следует приложить название статьи, аннотацию и реферат на английском языке, а также основные сведения об авторе(ах) на русском и английском языках.

4. Все рисунки или фотографии должны иметь порядковые номера и подрисуночные подписи, размер не более формата А4 (297х210 мм) и черно-белое исполнение. Не рекомендуется использование мелких штриховок и заливок (не читаемых сканером с разрешением 300 точек на дюйм).

5. Все числовые значения в тексте, на рисунках и в таблицах должны соответствовать единицам, принятым в системе СИ.

6. Список использованной литературы должен быть составлен на языке оригинала (исключение – языки с иероглифическим написанием слов, например, японский) в порядке ссылок на источники по тексту.

7. Материалы должны быть подготовлены в формате текстового редактора MS Word for Windows, а также других систем, для которых имеются стандартные конвертеры Word. При оформлении использовать только стандартные шрифты, поставляемые с системой Windows.

8. Для диаграмм и графиков предпочтительно использование **векторных форматов**, импортируемых в MS Word for Windows и одновременное представление оригинал-макета. Растровая графика (только черно-белая) может быть представлена в формате **TIFF** или **PCX** с разрешением **300 DPI**.

9. В редакцию представляются дискета 3,5" с текстом статьи, аннотации и рефератом и их распечатки через 2 интервала в 1 экз. (дискета возвращается автору).

10. К статье прилагается акт экспертизы.

11. Материалы, отправляемые посредством электронной почты, направлять на адрес **E-mail: editor@navy.ru** в виде предварительно компрессированных архиваторами **ARJ** или **PKZIP**, присоединенных к письму файлов, закодированных **UUENCODE**.

Адрес редакции: Россия, 199106, Санкт-Петербург, Кожевенная линия, 41.
Телефон: (812) 322-22-43, Факс: (812) 322-33-19 (в рабочее время).
E-mail: editor@navy.ru

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

Уважаемые читатели!

Юридические и физические лица могут приобрести издаваемый журнал, оформив подписку либо заказ на конкретный номер журнала, а также за наличный расчет. Время оформления подписки не ограничено.

В стоимость годовой подписки входит оплата 2-х номеров журнала.

Цена одного номера – 100 руб. + 20% НДС. Для юридических и физических лиц стоимость годовой подписки с учетом почтовых расходов – 280 руб.

Заполните прилагаемый бланк-заказ на оформление подписки

БЛАНК-ЗАКАЗ

на подписку на журнал “Навигация и гидрография” на 2001 г.

В бланке-заказе следует привести необходимую информацию о заказчике, перечислить общую сумму заказа на указанный ниже расчетный счет (в платежном поручении должно быть указано: «Подписная плата за журнал(ы)») и выслать оформленный бланк по адресу:

199106, С.-Петербург, Кожевенная линия, д.41.

Справки по телефону (812) 322-22-43. Факс: 322-33-19 (в рабочее время).

Банковские реквизиты:

ГНИНГИ МО РФ ИНН 7801020940

р/с №40502810100000000107 в ПУ ЦБ РФ Флагманское

БИК 044081002 ОКОНХ 95120 ОКПО 08303504

Заказчик

(полное название организации)

(почтовый адрес с индексом)

Банковские реквизиты

Контактное лицо

(ФИО, должность, телефон с кодом города)

Оплата в сумме _____ руб. перечислена на расчетный счет ГНИНГИ
МО РФ платежным поручением № _____ от _____

Руководитель организации

М.П. Главный бухгалтер

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ, 2000, №11

Редакторы: А.И.Баранов, С.А.Рудас

Компьютерное оформление: В.И.Скалон

Подписано в печать 25.12.2000

Заказ№ 291

Рег. №013267 от 26.01.95

Комитет РФ по печати

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