

УПРАВЛЕНИЕ НАВИГАЦИИ И ОКЕАНОГРАФИИ
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЗАПИСКИ ПО ГИДРОГРАФИИ

№ 301

МАТЕРИАЛЫ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА
ДО 2030 ГОДА»**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2017

УПРАВЛЕНИЕ НАВИГАЦИИ И ОКЕАНОГРАФИИ
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗАПИСКИ
ПО
ГИДРОГРАФИИ

№ 301

(издаются с 1842 года)

Материалы научной конференции «Перспективы развития
Гидрографической службы Военно-Морского Флота до 2030 года»

Санкт-Петербург

2017

Ответственный редактор
начальник Управления навигации и океанографии МО РФ
кандидат технических наук, **капитан 1 ранга**
Травин Сергей Викторович

Члены редакционной коллегии:

- Анисин Андрей Александрович*, начальник Гидрографической службы Балтийского флота
- Антошкевич Анатолий Викторович*, доктор философии, начальник Федерального казенного учреждения (ФКУ) «280 Центральное картографическое производство ВМФ»
- Бербенёв Дмитрий Викторович*, начальник кафедры навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения Военного учебно-научного центра (ВУНЦ) ВМФ «Военно-морская академия имени Н. Г. Кузнецова»
- Богданов Алексей Сергеевич*, начальник отдела Управления навигации и океанографии (УНиО) МО РФ
- Ворошилов Михаил Евгеньевич*, начальник Гидрографической службы Черноморского флота
- Иванов Денис Анатольевич*, начальник отдела УНиО МО РФ
- Кожевников Денис Михайлович*, начальник Гидрографической службы Каспийской флотилии
- Комарицын Анатолий Александрович*, доктор технических наук, профессор
- Коньшиев Михаил Юрьевич*, редактор сборника «Записки по гидрографии»
- Кузьмин Роман Александрович*, начальник отдела УНиО МО РФ
- Лаврентьев Анатолий Васильевич*, доктор военных наук, почетный профессор Военно-морского института ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Н. Г. Кузнецова»
- Наумов Игорь Вячеславович*, начальник Гидрографической службы Северного флота
- Непомилуев Геннадий Николаевич*, начальник Гидрографической службы Тихоокеанского флота
- Неронов Николай Николаевич*, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института, президент общественной организации «Гидрографическое общество»
- Нестеров Николай Аркадьевич*, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией географии и природопользования Института озерадения РАН, вице-президент общественной организации «Гидрографическое общество»

Олейников Андрей Станиславович, начальник отдела УНиО МО РФ

Осипов Олег Дмитриевич, заместитель начальника УНиО МО РФ (зам. ответственного редактора)

Павленко Андрей Владимирович, начальник отдела – заместитель начальника УНиО МО РФ

Руховец Константин Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения Военно-морского института ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Н. Г. Кузнецова»

Серета Олег Григорьевич, начальник Центра дальней радионавигации ВМФ

Смирнов Валентин Георгиевич, доктор исторических наук, директор ФКУ «Российский государственный архив ВМФ»

Сорокин Александр Иванович, член-корреспондент РАН, профессор кафедры навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Н. Г. Кузнецова»

Фёдоров Александр Анатольевич, кандидат технических наук, начальник 373 Центра ВМФ

Фридман Борис Семёнович, доктор географических наук, главный инженер отдела УНиО МО РФ

Харламов Александр Владимирович, редактор сборника «Записки по гидрографии», ответственный секретарь общественной организации «Гидрографическое общество»

Шальнов Леонид Геннадьевич, начальник отдела УНиО МО РФ

Шевцов Вячеслав Евгеньевич, начальник отдела УНиО МО РФ

Предложения, замечания, авторские рукописи статей направлять в 280 ЦКП ВМФ по адресу: 191167, Санкт-Петербург, ул. Атаманская, 4 (тел.: +7 (812) 578-8554; факс: +7 (812) 717-5900; E-mail: unio@mil.ru).

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Осипов О. Д. Основные задачи и направления развития Гидрографической службы Военно-Морского Флота	7
Прокудин С. А. Итоги гидрографических исследований, выполненных Гидрографической службой Военно-Морского Флота в Арктике в 2015 г.	12
Жильцов Н. Н. Современное состояние и перспективы развития оперативной океанологии в целях обеспечения ВМФ	16
Мастрюков С. И. Современные тенденции развития гидрометеорологического обеспечения вмс зарубежных стран в области прогнозирования состояния океана	24
Мастрюков С. И. Направления и проблемы развития Федеральной государственной информационной системы «Банк океанографических данных Минобороны России».....	32
Феоктистов Д. С., Косолапов А. В. Направления развития аппаратно-программного комплекса приемопередатчика «Крабик-БМ»	37
Кучеренко О. В., Тикко Б. Б. Создание геодезической высокоточной навигационной аппаратуры в интересах Министерства обороны России	42
Алексеев В. Ф., Плешаков Д. И. Развитие государственной координатной основы. Система геодезических параметров «Параметры Земли 1990 года»	46
Лобанов К. А., Шемелов В. А. Диагностирование состояния ионосферы на основе регистрации сигналов ГЛОНАСС/GPS и моделей справочной ионосферы и справочного полного электронного содержания плазмосферы.....	50
Подчасский А. С., Козлова Н. А., Подковырин А. Н., Лобанов К. А., Сивак О. А. Информационное обеспечение системы комплексного мониторинга опасных природных процессов и явлений.....	57
Подчасский А. С., Козлова Н. А., Подковырин А. Н., Канарский И. Д., Лобанов К. А. Макет программного комплекса оценивания эффективности применения технических средств в различных гидрометеорологических условиях	63
Доронин А. П., Петроченко В. М., Свиначук А. А., Козлова Н. А., Шмалько С. А. Методы и средства рассеяния теплых туманов и слоистообразной облачности в интересах гидрометеорологического обеспечения деятельности Военно-Морского Флота России.....	68
Ефременко А. Н., Моисеева Н. О., Черный В. В., Селиверстова О. А. Методы идентификации функций влияния гидрометеорологических условий на применение Вооруженных Сил Российской Федерации	75
Ефременко А. Н., Моисеева Н. О., Черный В. В., Дыхненко Е. С. Принципы построения перспективной автоматизированной системы мезомасштабного прогноза гидрометеорологических условий в интересах гидрометеорологического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации	80
Решение научной конференции «Перспективы развития Гидрографической службы Военно-Морского Флота до 2030 года»	87

ПРЕДИСЛОВИЕ

Научная конференция «Перспективы развития Гидрографической службы Военно-Морского Флота до 2030 года», организованная Управлением навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации, состоялась 5–7 апреля 2016 г. в Санкт-Петербурге. В ней приняли участие 115 специалистов из 23 научно-исследовательских, проектных, образовательных, производственных и общественных организаций.

На конференции рассматривался ряд вопросов, связанных с перспективами развития методов и средств гидрографических, морских геофизических, океанографических и гидрометеорологических исследований. Среди них: высокоширотные экспедиционные исследования в Арктике (морские экспедиции, дрейфующие станции, высокоширотные обсерватории); методы оценки сходства картографических изображений рельефа дна для определения заносимости акваторий; перспективы использования авиационных лазерных батиметрических систем для съемки рельефа дна прибрежных акваторий в интересах навигационно-гидрографического обеспечения ВМФ; современное состояние и перспективы развития технических средств съемки геофизических полей.

Участники конференции также обсудили вопросы развития и совершенствования импульсно-фазовых радионавигационных систем в России, методы использования данных много- и гиперспектральной съемки в интересах навигационно-гидрографического обеспечения военно-морской деятельности, современное состояние и перспективы развития оперативной океанологии в целях обеспечения ВМФ, вопросы разработки информационно-справочных систем на основе океанографических и геофизических данных, методы мониторинга ледяного покрова и айсбергов, прогнозирование ледовых условий в Арктике, современные технологии гидрометеорологического обеспечения деятельности ВМФ в Арктике, Антарктике и замерзающих морях умеренных широт.

Один день работы конференции был посвящен обсуждению опыта эксплуатации системы автоматизированного гидрологического мониторинга при обустройстве объектов морской инфраструктуры, вопросам разработки высокоточной геодезической аппаратуры потребителей, глобальных навигационных спутниковых систем, лазерной навигации на флоте – как инновационному направлению единой автоматизированной системы обеспечения геопространственной информации Вооруженных Сил Российской Федерации, вопросам создания автоматизированной картографической системы, обработки геопространственных данных и

подготовки к изданию морской картографической продукции в интересах автоматизированных систем и комплексов ВМФ, деятельности по преобразованию аналоговой картографической информации в цифровую форму в соответствии с требованиями действующих международных стандартов.

В сборник включены доклады участников конференции, предоставленные в виде текстовых материалов.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА

*Заместитель начальника Управления навигации
и океанографии Министерства обороны Россий-
ской Федерации капитан 1 ранга О. Д. Осипов*

Правовую основу деятельности Гидрографической службы (ГС) ВМФ составляют международные конвенции, федеральные законы РФ и подзаконные акты. К ним относятся:

– Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74), которая определяет обязанности государства в сфере навигационно-гидрографического обеспечения (НГО);

– Федеральный закон от 30 апреля 1999 г. № 81-ФЗ «Кодекс торгового мореплавания» и Федеральный закон от 26 декабря 1995 г. № 209-ФЗ «О геодезии и картографии», определяющие обязанности по НГО для федеральных органов исполнительной власти;

– Указ Президента Российской Федерации от 16.08.2004 г. № 1082 «Вопросы Министерства обороны Российской Федерации», которым определены полномочия Министерства обороны (МО) в области НГО;

– Положение о Главном командовании Военно-Морского Флота, введенное в действие приказом министра обороны РФ в 2013 г. № 530 ДСП;

– Положение об Управлении навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации (УНиО МО РФ), введенное в действие приказом Главнокомандующего ВМФ в 2014 г. № 446, где определены задачи и функции управления, обязанности и полномочия начальника управления, который является начальником ГС ВМФ.

Реализация полномочий и задач, возложенных на ГС, раскрыта в положениях, подчиненных начальнику УНиО МО РФ: 280 Центральном картографическом производстве ВМФ, 373 Центре сбора и обработки навигационно-гидрографической и гидрометеорологической информации ВМФ, 460 Центре дальней радионавигации ВМФ, а также в положениях ГС флотов, районов гидрографической службы (РГС) и океанографических экспедиций (ОЭ).

Гидрографическая служба ВМФ предназначена для решения задач по НГО и гидрометеорологическому обеспечению (ГМО) сил (войск) ВМФ и других видов Вооруженных Сил РФ в океанских стратегических районах и морских зонах, а также для выполнения возложенных на МО РФ государственных функций по НГО морской деятельности РФ с учетом международных обязательств по охране человеческой жизни на море во внутренних морских водах, территориальном море, прилежа-

щей и экономической зонах, находящихся под юрисдикцией РФ (за исключением трасс Северного морского пути и морских путей в акваториях морских портов и на подходах к ним).

Основными задачами ГС ВМФ являются:

- проведение океанографических, гидрографических, морских геофизических и гидрометеорологических исследований в океанах и морях в интересах обороны страны и НГО морской деятельности РФ;

- проведение работ по поддержанию на уровне современности действующих и по подготовке к изданию новых навигационных морских карт (НМК), специальных карт для ВМФ, руководств и пособий для плавания, специальных руководств и пособий для ВМФ на океанские стратегические районы и морские зоны, морские зоны национальной юрисдикции РФ и обеспечение ими в установленном порядке потребителей РФ и зарубежных государств;

- содержание и развитие системы навигационного оборудования на побережье и в морских водах, находящихся под юрисдикцией РФ (за исключением акватории Северного морского пути и акваторий портов и подходов к ним), в интересах обороны страны и НГО морской деятельности РФ, обеспечение действия средств навигационного оборудования (СНО) с установленными характеристиками и режимами работы;

- формирование банка данных о внешней границе исключительной экономической зоны РФ и делимитационных линиях, определенных международными договорами;

- подготовка и доведение до командования, штабов и сил (войск) информации о фактическом и ожидаемом состоянии навигационно-гидрографической и гидрометеорологической обстановки, а также рекомендаций и предложений по учету влияния навигационно-гидрографических и гидрометеорологических условий на решение поставленных задач, применение оружия и использование технических средств;

- руководство созданием и организацией функционирования военного контура Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО);

- оснащение (снабжение) кораблей (судов) и частей ВМФ морскими средствами навигации и океанографии, морскими картами, в том числе электронными, руководствами и пособиями для плавания.

Гидрографическая служба ВМФ в своем составе имеет:

- 15 РГС;

- 4 ОЭ.

С 2006 по 2013 г. численность военнослужащих ГС ВМФ сокращена на 82 %, гражданского персонала – на 43 %. Сформированные структуры органов управления НГО флота и частей ГС в настоящее время не позволяют качественно выполнять поставленные задачи в связи с несоответствием структуры направлениям деятельности и задачам.

Военно-Морской Флот РФ обладает уникальным морским картографическим производством. Созданная производством коллекция НМК, руководств и пособий для плавания РФ является крупнейшей в мире и включает более 8800 адмиралтейских номеров карт, 3250 ячеек

электронных навигационных карт, 620 руководств и навигационных пособий. Более 3300 НМК издаются с использованием технологии «печать по требованию».

Исходными данными для производства карт, руководств и пособий служат материалы систематических морских гидрографических, геофизических и океанографических исследований и работ экспедиционных подразделений ГС ВМФ, возможности которых снижены по причине существенного сокращения штатной численности и низкого уровня оплаты труда гражданского персонала (в 3–5 раз ниже среднестатистического по отрасли). В настоящее время ГС ВМФ выполняет океанографические, гидрографические и морские геофизические исследования в различных районах Мирового океана в объеме, не превышающем 150 тыс. лин. км в год, что является недостаточным для поддержания карт, руководств и пособий в актуальном состоянии.

Обеспечение командования и сил гидрометеорологической информацией осуществляется гидрометеорологическими центрами флотов, которые подчинены начальникам ГС по специальности, и гидрометеорологическими подразделениями частей ГС. При этом стоит отметить, что за организацию ГМО сил отвечает начальник ГС флота. Обеспечение гидрометеорологических подразделений флотов информацией из внешних источников, в том числе и из ЕСИМО, осуществляет 373 Центр сбора и обработки навигационно-гидрографической и гидрометеорологической информации ВМФ.

В составе ГС ВМФ имеется 147 морских гидрографических судов и катеров, 89 % судов и катеров выслужили установленные сроки службы. Гидрографической службой обслуживается более 4500 СНО. Около 40 % из них требуют капитального ремонта.

В настоящее время основу радионавигационного обеспечения составляет национальная глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС, иностранные спутниковые навигационные системы GPS и Galileo используются как вспомогательные. Радионавигационные системы (РНС) наземного базирования полностью выработали технический ресурс, морально и физически устарели.

Основополагающими документами РФ, определяющими направления и задачи совершенствования области НГО морской деятельности, являются:

- Морская доктрина Российской Федерации на период до 2030 г.;
- Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 г.;
- Концепция развития области геодезии и картографии РФ;
- Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу;
- Программа военного судостроения до 2050 г.

1 ноября 2015 г. министром обороны РФ утверждена Концепция развития ГС ВМФ до 2030 г. (далее – Концепция). Ниже раскрываются основные положения Концепции. Целями развития ГС ВМФ являются:

- достижение требуемого уровня безопасности мореплавания в Мировом океане в соответствии с международными обязательствами и нормативными правовыми актами РФ в этой сфере;

– обеспечение благоприятных навигационно-гидрографических условий для изучения, освоения и использования Мирового океана в интересах обороны и безопасности, устойчивого экономического и социального развития РФ.

Достижение этих целей требует формирования эффективного управления ГС ВМФ и предусматривает решение следующих задач:

– разработка и принятие нормативных правовых актов, а также технических регламентов, стандартов, нормативно-технических документов, регулирующих деятельность в сфере НГО;

– изучение Мирового океана на основе систематических исследований и автоматизированного мониторинга состояния морской среды, формирование и поддержание в актуальном состоянии геоинформационных ресурсов морской деятельности и их интеграция в единое информационное пространство РФ;

– производство сертифицированной картографической, гидрографической и навигационной продукции для всех видов морской деятельности;

– навигационное оборудование морей;

– развитие научно-технического потенциала, инфраструктуры, инструментальных средств, методов и технологий НГО на основе полного инновационного цикла;

– организация международного сотрудничества в сфере НГО морской деятельности на основе международного партнерства и кооперации, обеспечение научно-технического присутствия РФ в зоне открытого моря.

Основными направлениями развития ГС ВМФ являются:

– приведение организационно-штатной структуры УНиО МО РФ и ГС флотов в соответствие решаемым задачам;

– унификация организационно-штатной структуры и технического оснащения структурных подразделений РГС флотов;

– формирование унифицированных по организационно-штатной структуре и техническому оснащению ОЭ, экспедиционных гидрографических отрядов, способных выполнять комплексные океанографические исследования (отдельные виды исследований и работ) в операционных зонах флотов, в ближней и дальней морских зонах и океанских районах;

– развертывание систематических океанографических, гидрографических и морских геофизических исследований и работ в операционных зонах флотов, ближней и дальней морских зонах и океанских районах;

– интенсивное развитие морской цифровой картографии на основе создания инфраструктуры морских пространственных данных, внедрения цифровых технологий на всех этапах создания картографической продукции – от сбора и обработки гидрографических данных до подготовки, издания и поддержания в актуальном состоянии картографической продукции (традиционных бумажных карт, электронных навигационных карт, цифровой картографической информации), доведения ее до потребителей всех категорий;

– оснащение кораблей, судов, радиотехнических постов ВМФ, маяков ГС ВМФ современными автоматизированными гидрометеорологиче-

скими станциями и комплексами средств оперативного вскрытия гидрологических параметров на ходу корабля (судна);

- создание комплекса быстроразвертываемых многопозиционных средств сбора данных о состоянии морской среды, оперативного вскрытия гидрометеорологической обстановки в районах применения сил флота;

- создание технологий, позволяющих получить оперативные данные о параметрах морской среды для любого района Мирового океана, и обеспечение этой информацией подводных и противолодочных сил;

- сокращение количества судов и катеров и численности экипажей за счет строительства плавсредств с высоким классом автоматизации судовых механизмов и систем, оснащение современным грузоподъемным оборудованием, средствами площадной съемки рельефа дна и другими высокопроизводительными приборами и системами;

- создание универсальных судов и катеров, способных частично взаимно заменять друг друга при решении различных задач;

- оптимизация работы системы навигационного оборудования за счет повышения уровня ее автоматизации, автономности и снижения энергопотребления СНО;

- внедрение в эксплуатацию комплексных систем, формирующих информационное поле, обеспечивающее кораблям (судам) и береговым службам доступ к навигационной информации, сформированной в автоматическом режиме;

- создание надежного, высокоточного и непрерывного координатно-временного поля.

Реализация концепции развития ГС ВМФ до 2030 г. позволит:

- довести процент обеспеченности современными гидрографическими судами и катерами до 100 %;

- приступить к широкомасштабным океанографическим, гидрографическим и морским геофизическим исследованиям в Мировом океане, в том числе в Арктическом регионе;

- широко использовать дистанционные методы исследований Мирового океана;

- создать инфраструктуру морских геопространственных данных как составную часть инфраструктуры пространственных данных РФ в соответствии с требованиями международных стандартов;

- создать непрерывное высокоточное интегральное навигационно-временное поле на территории РФ и прилегающих акваториях;

- обеспечить доведение геопространственной информации морской деятельности до потребителей в режиме реального времени.

Таким образом, будет сформирована ГС ВМФ, обладающая достаточным потенциалом, оснащенная современными техническими средствами и способная решать задачи в любой точке Мирового океана.

ИТОГИ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЛУЖБОЙ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА В АРКТИКЕ В 2015 г.

*Заместитель начальника океанографического
отдела УНиОМО РФ капитан 2 ранга С. А. Прокудин*

В соответствии с Планом навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности РФ, навигационно-гидрографического, гидрометеорологического и топогеодезического обеспечения сил (войск) ВМФ на 2015 г. и в целях исполнения обязательств, возложенных на Министерство обороны (МО) РФ согласно постановлению Правительства РФ от 16 марта 2000 г. № 230 «О формировании банка данных о внешней границе исключительной экономической зоны Российской Федерации» (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 8 октября 2012 г. № 1026), в августе – октябре 2015 г. Гидрографической службой (ГС) Северного флота (СФ) выполнены комплексные гидрографические исследования в Баренцевом, Карском и Восточно-Сибирском морях, море Лаптевых, в том числе в морских водах и на островах архипелагов Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля и Новосибирские острова.

Основными задачами исследований являлись:

– съемка рельефа дна акваторий морей и морских вод арктических архипелагов и топографическая съемка береговой линии на побережье и островах в малоизученных в навигационно-гидрографическом отношении районах операционной зоны СФ в интересах издания и обновления государственных навигационных морских карт, руководств и пособий для плавания;

– определение (уточнение) географических координат точек, определяющих положение исходных линий, для отсчета ширины территориального моря, прилежащей зоны и исключительной экономической зоны РФ в Северном Ледовитом океане (СЛО);

– навигационно-гидрографическое (НГО) и гидрометеорологическое обеспечение (ГМО) сил (войск) СФ, выполняющих задачи в морях Арктики;

– обеспечение присутствия России и демонстрация флага ВМФ в Арктическом регионе.

В Баренцевом море в районе архипелагов Земля Франца-Иосифа и Новая Земля гидрографические исследования произведены гидрографическим судном (гс) «Сенеж» в период с 18 августа по 27 сентября

2015 г. Всего выполнено 7090 км съемки рельефа и 31 км топографической съемки береговой линии, уточнено положение 4 точек, определяющих положение исходных линий, обследовано на берегу и осмотрено с моря 74 геодезических пункта.

В ходе исследований в морских водах архипелага Земля Франца-Иосифа впервые выполнена детальная съемка рельефа дна с использованием многолучевого эхолота, проведены топогеодезические работы на островах Рудольфа и Нортбрук. На острове Гукера проведены памятные мероприятия, посвященные изучению арктических островов.

К наиболее значимым результатам исследований в морских водах и на островах архипелага Земля Франца-Иосифа следует отнести:

- выполнение (впервые за историю изучения Арктики) съемки рельефа дна в проливе Кука, расположенном в центральной части архипелага, и в районе островов Белая Земля;
- съемку рельефа дна и топографическую съемку береговой линии в новом проливе, образовавшемся в западной части острова Нортбрук и разделившего его на две части;
- выполнение геодезических работ по определению (уточнению) географических координат точек, определяющих положение исходных линий, для отсчета ширины территориального моря, прилегающей зоны и исключительной экономической зоны РФ в СЛО на самом северном из российских островов – острове Рудольфа.

На втором этапе экспедиции гс «Сенеж» проведены исследования в районе западного побережья острова Северный архипелага Новая Земля. В ходе обследования побережья архипелага выявлены значительные изменения местоположения береговой линии по сравнению с нанесенной на морских картах, в том числе открыты, описаны и картографированы 25 новых географических объектов (9 островов, 7 мысов, 5 проливов и 4 бухты) в заливах Борзова, Седова, Кривошеина, Вилькицкого и губе Глазова. Выявленные изменения на местности обусловлены в первую очередь интенсивным таянием ледников архипелага Новая Земля.

Самый крупный из открытых островов расположен в заливе Борзова, его размеры составляют 2 км в длину и 600 м в ширину. В заливе Седова ледник Таисия в результате таяния сместился к югу на 3–4 км, из-за чего появились три новых острова. Ледник в заливе Кривошеина отошел на юго-восток на 5–6 км, образовав новый пролив и остров. Ледник Глетчер на восточном берегу залива Вилькицкого отошел на восток на 2–6 км, образовав мыс и два острова. В губе Глазова из-за таяния ледника появились два мыса и два острова.

В Карском море в районе архипелагов Северная Земля и Новая Земля (восточное побережье, пролив Маточкин Шар), островов Визе и Ушакова исследования произведены гс «Визир» в период с 9 сентября по 13 октября 2015 г. Всего выполнено 5185 км съемки рельефа и морской гравиметрической съемки, более 1 км топографической съемки береговой линии, обследованы на берегу и осмотрены с моря 84 геодезических пункта, определены координаты и высоты 8 геодезических пунктов.

На северо-восточном побережье острова Северный архипелага Новая Земля проведены геодезические работы по уточнению географических

координат двух точек, определяющих положение исходных линий, для отсчета ширины территориального моря, прилегающей зоны и исключительной экономической зоны РФ.

С целью уточнения положения исходных линий РФ впервые проведена высадка личного состава ГС СФ и выполнены геодезические работы по привязке космических фотоснимков на острове Визе. Кроме того, проведено обследование и фотографирование объектов береговой инфраструктуры острова.

В районе острова Ушакова выполнена маршрутная съемка рельефа дна для корректуры морских карт, руководств и пособий для плавания, гидрологические работы, а также фотографирование с борта гс «Визир» береговой линии и объектов береговой инфраструктуры. Осуществить высадку личного состава на остров Ушакова для выполнения геодезических работ не удалось в связи со сложным рельефом береговой линии, образованным ледником с высотой обрыва более 10 м.

В период с 14 августа по 10 октября 2015 г. личным составом ГС СФ в ходе НГО отряда боевых кораблей СФ выполнены гидрографические и топогеодезические работы в морях, на побережье и островах Арктической зоны РФ. Всего выполнено 936 км съемки рельефа дна, 2 км топографической съемки береговой линии, осмотрены с моря 145 средств навигационного оборудования (СНО).

В порту Дудинка, заливе Стахановцев Арктики острова Котельный архипелага Новосибирские острова и заливе Рогачёва архипелага Новая Земля гидрографической партией успешно решены задачи по НГО высадки личного состава и техники на необорудованное побережье. В этих целях выполнены детальная съемка рельефа дна акватории на подходах к пунктам высадки, а также развертывание и обеспечение работы маневренных СНО.

Для уточнения положения исходных линий РФ выполнены геодезические работы по привязке космических фотоснимков на островах Котельный и Бельковский архипелага Новосибирские острова (определены координаты 4 контрольных точек). В районе метеорологических станций Росгидромета «Остров Котельный» и «Пролив Санникова» проведены обследование и фотографирование объектов береговой инфраструктуры.

Также в целях уточнения положения исходных линий РФ выполнены геодезические работы по привязке космических фотоснимков на острове Беннетта, входящем в состав группы северных островов архипелага Новосибирские острова (ранее геодезические работы СФ не выполнялись).

Всего в ходе гидрографических исследований в Арктической зоне РФ в августе – сентябре 2015 г. выполнено более 13 тыс. км съемки рельефа дна в ранее не изученных и малоизученных в навигационно-гидрографическом отношении акваториях, по маршрутам, расположенным вне действующей трассы Северного морского пути и установленных путей движения кораблей и судов в морях СЛО. Впервые проведены геодезические работы на удаленных островах Арктики по определению (уточнению) географических координат точек, определяющих положение исходных линий, для отсчета ширины территориального моря, прилегающей зоны и исключительной экономической зоны РФ в СЛО.

Из-за неблагоприятных гидрометеорологических и ледовых условий не удалось осуществить подход гс, высадку личного состава на берег и выполнение топогеодезических работ на острове Артура и островах Белая Земля архипелага Земля Франца-Иосифа, острове Шмидта и островах архипелага Седова, входящих в состав архипелага Северная Земля, а также на самых удаленных от основных пунктов базирования СФ островах Генриетты и Жаннетты, входящих в состав группы северных островов архипелага Новосибирские острова.

В настоящее время силами ГС СФ осуществляется камеральная обработка материалов выполненных исследований, по завершении которой они будут представлены для дальнейшего использования в целях обновления государственных навигационных морских карт, руководств и пособий для плавания на Арктическую зону РФ в ФКУ «280 Центральное картографическое производство ВМФ».

Полученные результаты исследований являются уникальными и позволят выполнить переиздание и обновление 45 государственных навигационных морских карт, 5 лоций и 2 руководств для плавания на акватории морей СЛО, а также уточнить координаты точек, определяющих положение исходных линий, для отсчета ширины территориального моря, прилегающей зоны и исключительной экономической зоны РФ, расположенных на удаленных островах Арктического бассейна.

Сложившаяся в последние годы благоприятная ледовая обстановка существенно расширяет границы акваторий Арктического бассейна, в которых возможно выполнение гидрографических исследований в интересах обороны и безопасности государства.

В 2016 г. планируется продолжить гидрографические исследования силами ГС СФ в Арктической зоне РФ в районе архипелагов Земля Франца-Иосифа, Северная Земля и Новосибирские острова, а также выполнить исследования в Чукотском море в районе островов Врангеля и Геральда силами ГС Тихоокеанского флота.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОЛОГИИ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВМФ

*Заместитель начальника управления навигации,
геофизики и гидрометеорологии АО «Государственный
научно-исследовательский навигационно-гидро-
графический институт» (ГНИНГИ) Н. Н. Жильцов*

Океанология – одна из древнейших наук, берущая начало от первых попыток человечества освоить водные просторы с точки зрения рыболовства и транспортировки. В настоящее время океанология – это комплексная наука о природных процессах, происходящих в Мировом океане, во всем их многообразии. Она изучает Мировой океан одновременно как часть гидросферы и как целостный природный объект планетарного масштаба, где протекают одновременно и в сложной взаимозависимости геологические, физические, химические и биологические процессы.

В своем развитии эта наука прошла несколько этапов. Первый – описательная (умозрительная) океанология (с древних времен до середины XVIII в.). Ее целью являлся сбор сведений о воде и суше, а также открытие новых морских путей и новых земель. Приходилось преодолевать множество догм, таких, как Земля плоская, суша повсеместна, а внутри суши располагаются моря и океаны и т. д. Мысль о том, что Земля круглая, неоднократно приходила в голову древним мореплавателям. Попутные наблюдения и описания делались самими путешественниками. Но беглые обследования не удовлетворяли, необходимы были более серьезные и обстоятельные исследования. В целях изучения Мирового океана с середины XVIII в. организуются специальные научные морские экспедиции. Начало им положил Джеймс Кук в первом кругосветном плавании (1768–1771). Множество научных экспедиций организуется Францией, Англией, а в дальнейшем и Россией.

С начала XIX в. применяются измерительные приборы: термометр Сикса, батометры Ленца и Паррота, глубомер. Для определения места судна изобретены: хронометр, секстан, приборы для изучения грунта. В 1853 г. Международная морская конференция в Брюсселе установила однородную систему для судовых наблюдений и их записей, принятую на всех флотах мира.

Со второй половины XIX в. начались океанографические исследования, организованные специально созданными ведомствами (комиссиями, экспедициями), с применением соответствующего оборудования.

Открывает эту страницу кругосветная экспедиция английского корвета «Challenger» (1872–1876), прошедшего за 3,5 года 68 900 миль. Экспедиция имеет огромное значение как вследствие громадности охваченного пространства, так и по причине новых приемов и способов исследования и применения новых приборов. Собранные материалы оказались столь обширными, что над их обработкой трудились 70 ученых в течение 20 лет. Издание результатов работ экспедиции закончилось только в 1895 г., из более чем 50 томов собственно океанология занимала 8.

После плавания «Challenger» все экспедиции проводили океанографические исследования, обязательно входившие в их программу. Классическая океанография имела место вплоть до конца XX в. Ее характерной особенностью являлось выполнение специализированных измерений с борта исследовательского судна в период экспедиций, в которых могли участвовать одновременно несколько судов в одном районе или даже несколько групп судов одновременно в разных районах Мирового океана. Однако результаты исследований получались после камеральной обработки материалов на берегу, что занимало годы, а с появлением вычислительной техники время обработки сократилось вначале до года, а потом до нескольких месяцев.

Появление в конце XIX в. автономных приборов, способных накапливать результаты измерений в памяти, позволило частично решить проблему, привлекая экспедиционные суда лишь к постановке и снятию автономных буйковых станций или донных обсерваторий.

Только на рубеже XX в. с развитием спутниковой навигации, появлением спутниковых каналов связи, миниатюризацией вычислительной техники и датчиков, снижением их энергопотребления возникли предпосылки к появлению оперативной океанографии, основанной не на климатических данных прошлых экспедиций, а на измерениях параметров океана в режиме, близком к реальному.

Стимулом к развитию океанографии явилось понятие, что изменчивость океанологических полей – экспериментально установленный факт, возникающий под воздействием вращения Земли, круговорота воды в природе, астрономических явлений и еще большого множества факторов.

В настоящее время установлено, что основной энергетический вклад в изменчивость морской среды вносят так называемые синоптические вихри. Их аналогом в атмосфере являются хорошо известные атмосферные циклоны и антициклоны, которые определяют погоду в конкретный срок. Процессы, приводящие к изменчивости океанологических полей, принято делить по пространственно-временным масштабам. Для этого воспользуемся классификацией процессов, предложенной в работе А. С. Мониной и Н. Н. Корчагина «Мезоокеанология».

В океане различают неоднородности горизонтального и вертикального развития, которые порождаются обширной иерархией разномасштабных по пространству и времени процессов. Пространственный спектр масштабов рассматриваемых явлений – от молекулярных и до размеров собственно океана. При этом спектр масштабов (и пространственный, и временной) не является непрерывным, а собирается в некоторые группы, удаленные на спектре друг от друга. Эта особенность и позволяет ввести

классификацию основных процессов. Объединенные по близости пространственно-временного масштаба и зачастую имеющие различные физические причины, их порождающие, процессы могут быть разбиты на четыре интервала: крупномасштабный, мезомасштабный, тонкоструктурный и мелкомасштабный. Соответствующие интервалы приведены в работе «Мезоокеанология». Минимальный интервал спектра масштабов включает структурные неоднородности с размерами от долей миллиметра до 1–2 м – масштаб микроструктуры. Этот интервал связан с такими процессами, как мелкомасштабная турбулентность, микроконвекция, молекулярные процессы, а также с самой короткопериодной частью спектра внутренних волн. В этом интервале вертикальные и горизонтальные движения жидкости равноправны. Временные масштабы микроструктуры, с одной стороны, ограничены самой высокочастотной компонентой спектра флуктуаций гидрофизических полей (доли секунды), с другой стороны, их можно ограничить 1 ч.

Следующий за микроструктурой интервал тонкой структуры (ТС) полей включает неоднородности с вертикальными размерами от масштабов локально-изотропных турбулентных пульсаций скорости жидкости в устойчиво стратифицированной среде, минимальные оценки интервала ТС составляют от 10 см до нескольких десятков метров. Горизонтальная протяженность таких неоднородностей на два-три порядка больше их вертикальных размеров. Поэтому тонкоструктурные неоднородности полей имеют характер слоистой стратификации вод в океане. Этот интервал связан с такими процессами, как дифференциально-диффузионная конвекция, короткопериодные внутренние волны, турбулентное перемешивание и др. Соответствующие вертикальным размерам тонкоструктурных неоднородностей временные масштабы менее определены, особенно в области длиннопериодной части спектра: в ней время жизни тонкоструктурных слоев может изменяться от нескольких часов до десятков суток. Минимальные сроки жизни таких слоев также неопределены.

Третий интервал отражает наименее изученные в океане мезомасштабные явления. Вертикальные размеры таких явлений меняются от нескольких до сотни метров, а их горизонтальные масштабы составляют 10²–10⁴ м. Нетрудно заметить, что пространственные масштабы тонкоструктурных и мезомасштабных неоднородностей физических полей частично перекрываются, что создает определенные трудности в распознавании того или иного образа явлений. Однако, в отличие от ТС, мезомасштабные явления представлены более устойчивыми структурами. При этом максимальные периоды жизни мезоструктур могут составлять месяцы (например, для термохалинных ступенчатых структур) и даже годы, как у внутритермоклинных линз, а иногда и более того, как у квазистационарных струйных течений. Минимальный же срок жизни мезоструктур менее определенный, и здесь мы его условно ограничиваем одним часом. Таким образом, временной интервал мезомасштабных явлений в океане можно заключить в диапазоне от 1 ч до года.

Четвертый интервал масштабов явлений соответствует крупномасштабным структурам движений вод. Этот интервал включает крупно-

масштабные квазистационарные течения и противотечения, меандры и ринги, образованные такими течениями, синоптические вихри, волны Россби и др. Основными структурообразующими факторами в этом интервале движений являются вращение Земли и ее сферичность. Пространственные масштабы таких явлений составляют по вертикали от 100 м до всей толщи океана, а по горизонтали от 100 км до размеров самого океана. Такие структуры довольно устойчивы, и периоды их жизни составляют от нескольких лет и более.

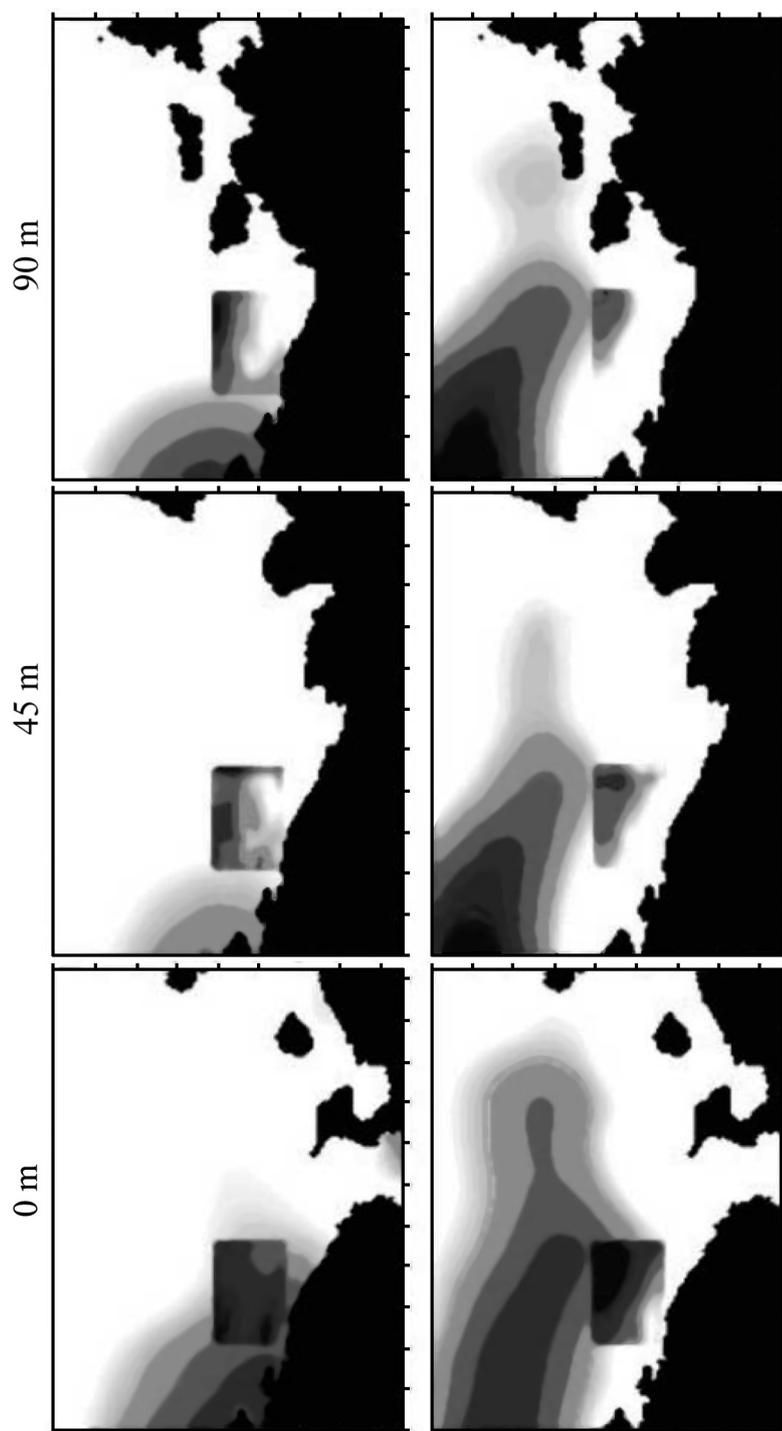
Деление процессов, приводящих к изменчивости океанологических полей по пространственно-временным масштабам, приведено в таблице.

Интервалы	Вертикальный масштаб	Горизонтальный масштаб	Временной масштаб	Океанологические процессы
Мелкомасштабный	От 0,1 мм до 1–2 м	От 0,1 мм до 1–2 м	От долей секунды до 1 ч	Мелкомасштабная турбулентность, микроконвекция, молекулярные процессы, самая короткопериодная часть спектра внутренних волн
Тонкоструктурный	От 10 см до 100 м	От 1 м до 10 км	От 1 ч до 100 сут	Дифференциально-диффузионная конвекция, короткопериодные внутренние волны, турбулентное перемешивание
Мезомасштабный	От 1 до 500 м	От 100 м до 10 км	От 1 ч до 1 года	Термохалинные ступенчатые структуры, внутритермоклинные линзы, квазистационарные струйные течения
Крупномасштабный	От 100 до 10 000 м	От 100 км до размеров океана	От 1 года и более	Крупномасштабные квазистационарные течения и противотечения, меандры и ринги, образованные такими течениями, синоптические вихри, волны Россби

Исходя из этой классификации, классическая океанология занималась изучением крупномасштабных структур движений вод, устойчивых во времени, при этом актуальность данных сохранялась, несмотря на длительные периоды наблюдений и обработки.

Оперативная океанология позволяет учитывать и предсказывать не только крупномасштабные, но и мезомасштабные и тонкоструктурные поля, учета которых в настоящее время требуют интересы ВМФ.

На самом деле ситуация несколько сложнее. В последние годы отмечаются очевидные изменения среднестатистических (климатических) характеристик океанологических полей. Приведем пример, свидетельствующий о таких изменениях. На рисунке показаны поля температуры и солёности в полигоне Баренцева моря на горизонтах



Поля температуры (верхние снимки) и солёности (нижние снимки) в июне 2005 г., восстановленные методами оперативной океанологии по данным наблюдений Левингуса (июнь) на фоне климатических полей Баренцева моря

0, 45 и 90 м для середины июня 2005 г. на фоне климатических полей для июня (по результатам 21-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Вавилов»).

Очевидно, что в июне 2005 г. теплые и высокосолёные воды Северо-Атлантического течения проникли далеко на восток относительно своего среднестатистического положения. Среднеквадратическое отклонение от климатической нормы по температуре на всех уровнях для 54 станций превысило 1° . Не настаивая именно на глобальном потеплении (в ряде полей, особенно в промежуточных и глубинных слоях Атлантики, отмечается охлаждение), необходимо признать сам факт изменения среднестатистических характеристик океанологических полей. Сказанное приводит к выводу о необходимости использования методов оперативной океанологии при решении задач в интересах флота.

Каждая система оперативного мониторинга (СОМ) гидрофизических полей, реализующая задачу оперативной океанологии, технологически включает три основных компонента:

- специализированную наблюдательную сеть;
- математический блок усвоения натурной информации;
- специализированную математическую численную модель, которая в итоге и вычисляет динамически согласованные, удовлетворяющие основным законам сохранения, гидрофизические поля в режиме реального времени.

В основе любой СОМ лежит требование выполнения расчета с заданной точностью параметров морской среды (полей течений, температуры, солёности, плотности и давления) в реальном времени и с необходимым пространственно-временным разрешением.

Задачей четырехмерного анализа данных океанографических наблюдений в общем случае можно считать нахождение эволюции основных гидрофизических полей во всей трехмерной области за весь период проведения измерений. Очевидно, что в случае непрерывного выполнения необходимого комплекса измерений задача анализа переходит уже в задачу мониторинга рассматриваемой акватории.

Следует также отметить, что решение задачи четырехмерного анализа данных измерений есть необходимое условие для выполнения краткосрочного и среднесрочного прогноза гидрофизических характеристик в исследуемой области.

Остановимся кратко на состоянии вопроса об оперативной океанологии в нашей стране и за рубежом. Основной проблемой развития оперативных систем мониторинга морской среды является создание дорогостоящих наблюдательных систем, которые в широком смысле включают в себя стационарные наблюдательные системы: заякоренные буйковые станции, донные станции, береговые системы, спутниковые наблюдения, наблюдения на подвижных морских объектах (судовые наблюдения, данные дрейфующих поплавков и т. д.). Очевидно, что развертывание таких систем – дорогостоящая задача.

В настоящее время сложилась структура автономных контактных средств контроля состояния океана и приземной атмосферы, основанная на передаче результатов измерений с использованием в качестве ретранслятора данных связных искусственных спутников Земли (ИСЗ).

Применительно к движущимся платформам суть метода состоит в использовании навигационных ИСЗ для обсерваций, получаемых через определенные промежутки времени, и передачи с платформы информации о ее местоположении вместе с информацией об измеренных гидрометеорологических параметрах через связанные ИСЗ на наземные приемные центры.

Под обобщающим термином «движущаяся платформа» сегодня подразумеваются профилирующие поплавки, используемые по проекту АРГО, суда попутного наблюдения и поверхностные дрейфующие буи, глайдеры и т. д.

Рассмотрим, какие технические средства оперативной океанологии имеются в настоящее время в ВМФ. В 2014 г. завершена ОКР «Создание комплекса автономных средств гидрометеорологического обеспечения (ГМО) пунктов базирования и районов боевой подготовки ВМФ», которая усиливает надводную, подводную и береговую компоненту технических средств ГМО ВМФ и состоит из пяти подсистем:

1. Подсистема получения информации и контроля работоспособности (ППИ-1), располагаемая на гидрографическом судне, обеспечивает контроль работоспособности автономных измерительных подсистем ПИГМА-1, ПИГМА-2 и ПИГМА-3.

2. Подсистема получения информации гидрометцентрами ВМФ (ППИ-2), располагаемая на приемном центре, обеспечивает сбор измерительной информации от автономных подсистем и необходимые вычисления.

3. Подсистема измерительная гидрометеорологическая автономная ПИГМА-1, базирующаяся на поверхностном бую, обеспечивает сбор, обработку и передачу измерительной информации о состоянии параметров окружающей атмосферы и морской воды в приповерхностном слое.

4. Подсистема измерительная гидрологическая автономная ПИГМА-2, базирующаяся на связанном притопленном бую, обеспечивает сбор, обработку и передачу измерительной информации о состоянии параметров морской воды до глубины 300 м.

5. Подсистема измерительная гидрометеорологическая автономная береговая ПИГМА-3 обеспечивает сбор, обработку и передачу измерительной информации о состоянии параметров окружающей атмосферы прибрежной зоны.

В настоящее время не решен ряд вопросов по созданию полноценной системы освещения гидрометеорологической обстановки в ВМФ России. В этих целях необходимо:

1. Провести исследования и обосновать целесообразность создания многофункционального корабельного комплекса определения гидрологических параметров, в том числе в поверхностной среде (волнение моря, температура воды, течение), а также распределения гидрологических параметров по глубине до 500 м (температура и электропроводность воды, давление, скорость звука) на ходу корабля без ограничения скорости носителя в целях обеспечения сил и средств флота, в том числе для обеспечения противолодочных сил и повышения скрытности подводных лодок ВМФ.

2. Исследование возможности создания комплекса вскрытия гидрометеорологической обстановки на базе оперативно развертываемых дрейфующих гидрометеорологических буйковых станций как элемент гидрометеорологической разведки. Создание дрейфующих гидрометеорологических буйковых комплексов с расширенной номенклатурой измеряемых гидрометеорологических параметров позволит учитывать фактор природной среды при обеспечении боевой и повседневной деятельности сил флота в любом районе Мирового океана с возможностью постановки как с корабля, так и с использованием авиации.

3. Исследование возможности создания автономного ледового буя для измерения и передачи по радиоспутниковому каналу связи гидрометеорологических, в том числе ледовых и гидроакустических, характеристик в Арктике.

4. Исследование возможности создания комплекса программно-аппаратных средств сбора, обработки и представления оперативной гидрометеорологической информации (ГМИ) для гидрометеорологических подразделений флотов. Определение путей технической реализации создания комплекса программно-аппаратных средств для объединения разнородной ГМИ в интересах обеспечения сил ВМФ. Комплекс программно-аппаратных средств обработки, накопления и доведения ГМИ, представляющий собой специализированные автоматизированные рабочие места, созданные на базе приборов управления и индикации и специального программного обеспечения, работающий в режиме локальной вычислительной сети.

Выполнение этих актуальных на данный момент работ совместно с созданием океанографических ИСЗ, позволяющих наблюдать и оценивать значительные акватории Мирового океана, получать альтиметрические измерения для определения уровня моря, позволит решить задачи ГМО ВМФ на современном уровне с учетом возросших требований создателей перспективных видов корабельного вооружения.

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ВМС ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН В ОБЛАСТИ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ОКЕАНА**

*С. И. Мاستрюков
(АО «ГНИНГИ»)*

Оперативной океанологией принято называть деятельность по производству систематических измерений состояния морей, океанов и атмосферы, их обработке и усвоению в целях оперативной оценки и прогнозирования на постоянной регулярной основе погоды океана – состояния гидрофизических полей в диапазонах синоптической и мезомасштабной изменчивости [1].

В современных условиях для России развитие системы оперативной океанологии (СОО) ВМФ является не только актуальной, но и весьма престижной задачей. У нас накоплен определенный опыт применения оперативных технологий прогнозирования состояния океана, что служит предпосылкой создания отечественной СОО в целях гидрометеорологического обеспечения (ГМО) ВМФ [2–4]. Однако, помимо научно-технического задела, для успешного решения задачи должны быть созданы предпосылки внедрения СОО в систему ГМО ВМФ.

Систему оперативной океанологии следует рассматривать как составную часть системы ГМО. Система ГМО имеет иерархическую структуру (см. рисунок). Для любой иерархической системы составляющие ее компоненты должны развиваться согласованно и сбалансированно. В настоящее время в ВМФ отсутствует полноценная собственная система прогнозирования состояния среды. В основном используется информация, генерируемая оперативно-прогностическими органами и системами Росгидромета. При этом среди гражданских потребителей Росгидромета нет таких, кто был бы заинтересован в гидрофизической информации высокого разрешения в той же степени, что и ВМФ. Это, а также ряд других обстоятельств свидетельствуют о важности подготовки предпосылок внедрения СОО в систему ГМО ВМФ. На этапе проектирования и создания отечественной СОО важно определить требования к этой системе со стороны ВМФ, оценить достаточность информационных ресурсов для ее построения и функционирования в оперативном режиме на постоянной основе, а также заранее проработать пути внедрения в практику ГМО ВМФ.

Для решения вышеперечисленных задач целесообразно учесть опыт вмс США. Задача прогнозирования погоды океана в интересах вмс, по аналогии с прогнозированием погоды атмосферы, впервые была поставлена США на семинаре в Монтерее в мае 1976 г. [5]. К ее решению были привлечены ведущие промышленные и научные организации. Вскоре стало понятно, что возможностей традиционных средств наблюдения за состоянием океана недостаточно. Параллельно с развитием численных моделей прогнозирования начали развиваться принципиально новые средства дистанционного слежения за океаном. В 1978 г. был запущен космический аппарат (КА) «SEASAT», в состав оборудования которого вошли новые средства слежения за океаном. Наиболее информативными для целей оперативной океанологии оказались спутниковые альтиметры, способные по данным о возвышениях уровня поверхности океана в совокупности с гидродинамическими моделями оценивать вертикальную структуру гидрофизических полей. Возвышения уровня в открытых районах океана вызваны неоднородностями поля плотности океана, что и является предпосылкой «заглянуть внутрь океана» из космоса.

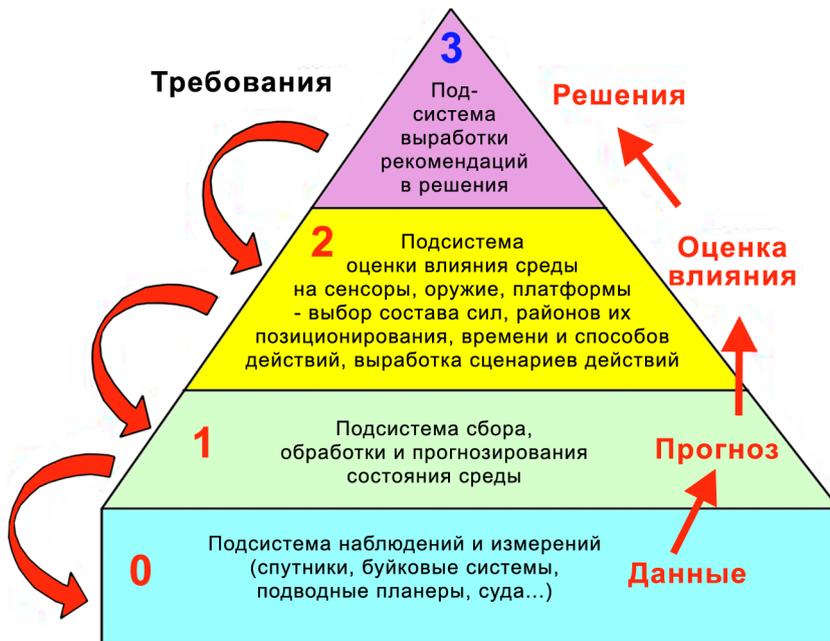


Схема системы ГМО

В 1983 г. в Центре численной океанографии вмс США проведены четырехмесячные испытания и внедрена в эксплуатацию первая оперативная система прогнозирования состояния океана [6]. Эта система – Thermodynamic Ocean Prediction System (TOPS) – была основана на упрощенной модели Меллора – Ямады. Она позволяла прогнозировать вертикальное распределение гидрофизических параметров от поверхности до 500 м, а также толщину верхнего перемешанного слоя. Вторая компонента системы была предназначена для объективного анализа

(усвоения) исходных данных и задания начального состояния океана Expanded Ocean Thermal Structure (EOTS).

Системы усвоения и прогнозирования погоды океана постоянно совершенствовались, а состав исходных данных расширялся. На развитие моделей природных процессов в океане, информационных технологий прогнозирования, технологий обработки данных дистанционного зондирования и разработку программного обеспечения для усвоения данных спутниковых систем в вмс США ежегодно выделяется 15–20 млн долларов [7].

Некоторые итоги начального этапа развития зарубежных СОО вмс были обобщены вскоре после их создания в работе [8]. Подробный обзор прошлого, настоящего и будущего в области оперативной океанологии в вмс США содержится в работе [9]. Некоторые характеристики современных СОО вмс США обобщены в работе [10].

Современная структура СОО вмс США сложилась в последние 14 лет. Рассмотрим ее особенности. В отличие от России, в США создана самостоятельная система прогнозирования состояния среды в вмс. Организационная структура ГМО вмс США подробно изложена в руководстве [11]. Основными береговыми прогностическими центрами сбора, обработки информации и прогнозирования состояния среды являются:

– Центр численной метеорологии и океанографии – Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center (FNMOC);

– Военно-морской океанографический офис – The Naval Oceanographic Office (NAVO).

Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center – это крупнейший мировой прогностический центр, обеспечивающий производство прогнозов состояния атмосферы в глобальном масштабе с высоким пространственным и временным разрешением для вооруженных сил США и сил коалиции. Центр расположен в городе Монтерей (штат Калифорния) [12]. Ежедневно там генерируется 47 тыс. файлов с атмосферными полями для NAVO. Без этой информации функционирование СОО в вмс США невозможно.

The Naval Oceanographic Office – основной центр производства океанографической информации в США, в том числе в области оперативной океанологии [11]. Отвечает за анализ и прогноз состояния океана, обеспечение безопасности мореплавания и специализированное обеспечение вмс океанографической информацией. Расположен в Стенниссовском космическом центре (штат Миссисипи) (Stennis Space Center, Mississippi).

Численное моделирование океана в NAVO имеет иерархическую структуру. Ежедневный цикл прогнозирования начинается с применения атмосферных и океанических моделей глобального масштаба, затем применяются модели океана регионального и локального масштабов с более высокой степенью пространственного разрешения. В NAVO функционируют следующие информационные технологии прогнозирования океана.

Модели глобальной циркуляции океана. Модель HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) разработана как Глобальная система прогнозирования океана (Global Ocean Forecast System 3.0 – GOFS 3.0).

Модель позволяет ежедневно предсказывать структуру полей температуры, солёности, течений и возвышений уровня с горизонтальным разрешением $1/12^\circ$, с заблаговременностью 7 сут [13]. В вертикальной плоскости данные представлены на 40 горизонтах с толщиной слоев от 1 м у поверхности до 1000 м в глубоководных слоях океана. Для задания граничных условий в модели HYCOM используются результаты работы полуградусной модели циркуляции атмосферы – NAVGEM, эксплуатирующейся в FNMOС.

Результаты моделирования HYCOM передаются в NOAA (Национальная администрация по океану и атмосфере) в режиме реального времени. Центры NOAA обеспечивают публичный доступ к части этой информации посредством национальных центров по прогнозированию состояния окружающей среды и их веб-сайтов или национальной системы распределения и архивирования модельных данных (National Operational Model Archive and Distribution System – NOMADS). На сайте военно-морской лаборатории доступны результаты моделирования возвышений уровня (SSH), температуры поверхности (SST) и солёности на поверхности (SSS), отдельные вертикальные разрезы температуры и солёности, схемы течений на поверхности в глобальном масштабе, а также по 45 отдельным районам Мирового океана [14].

Региональные модели циркуляции. Модель прибрежной циркуляции вмс США (Navy Coastal Ocean Model – NCOM) – это четырехмерная прогностическая система для предсказания температуры, солёности, течений и возвышений уровня с высоким пространственным разрешением на срок 96 ч [15]. Модель работает в конкретных акваториях, представляющих интерес для вмс США, с граничными условиями из моделей HYCOM и COAMPS. В большинстве районов модели RNCOM имеют горизонтальное разрешение $1/30$ градуса (2 мили). В свою очередь, модели локального масштаба, называемые прибрежными моделями – Coastal NCOM (CNCOM), используют на открытых границах данные региональных моделей. Разрешение моделей CNCOM достигает 300–500 м. Типичный размер области расчета для региональных моделей RNCOM 20° по широте и по долготе. Типичный размер области расчета для локальных моделей циркуляции CNCOM 5° по широте и долготе. Вертикальное разрешение то же, что и у модели HYCOM.

Прибрежные модели циркуляции очень высокого разрешения. Для прогноза течений в локальных районах прибрежной зоны в NAVO используется модель Delft 3D [16]. Это коммерческая модель циркуляции в прибрежных районах и эстуариях. Сейчас она свободно распространяется компанией «Deltares» и эксплуатируется в оперативном режиме в NAVO. Модель может быть как двух-, так и трехмерной и при необходимости может быть объединена с волновыми моделями высокого разрешения. Модель реализована на нерегулярной сетке, пригодной для эффективного описания сложного прибрежного рельефа и береговой линии. Воздействие атмосферы задается из прогностической системы COAMPS, граничные условия и возвышения уровня задаются из модели NCOM низкого разрешения либо по данным уровенных наблюдений или гармоническим постоянным. Горизонтальное разрешение

модели лежит в пределах 10–200 м, заблаговременность прогноза – до 72 ч.

К 2020 г. в вмс США планируется усовершенствовать модели природной среды путем создания объединенных моделей литосферы, океана, ледяного покрова, волнения, атмосферы и ближнего космоса. При этом для повышения заблаговременности прогноза планируется перейти к прогнозированию на основе разработки ансамбля прогностических решений в глобальном, региональном и локальном (для прибрежных районов) масштабах охвата и изменчивости [9].

В последние годы оперативная океанология переживает период бурного развития. Системы оперативной океанологии созданы в 12 странах мира, из которых Бразилия, Индия и Китай относятся к числу развивающихся стран. Названия систем и URL-адреса сайтов основных зарубежных СОО [17] приведены в таблице.

Страна	Название системы	URL
1	2	3
Австралия	BLUElink Ocean forecasting Australia	http://www.bom.gov.au/oceanography/forecasts/system-info.shtml
Канада	CONCEPTS The Canadian Operational Network of Coupled Environmental Prediction Systems	http://http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/oceanography-oceanographie/model-eng.html
Великобритания	FOAM – Forecasting Ocean Assimilation Model	http://www.ncof.co.uk/FOAM-System-Description.html
США	US Naval Oceanographic Office – HYCOM – Hybrid Coordinate Ocean Model; NCOM – NRL Coastal Ocean Model	http://www.hycom.org/
	NOAA/NCEP-RTOFS – Real-time Ocean Forecast System	http://polar.ncep.noaa.gov/ofs/
Франция	Mercator Ocean	http://www.mercator-ocean.fr/
Италия	MFS – Ocean Forecasting System for the Mediterranean Sea	http://gnoo.bo.ingv.it/mfs/
Япония	MOVE – Multivariate Ocean Variational Estimation Meteorological Research Institute	http://www.mri-jma.go.jp/Dep/oc/oc.html
Китай	NMEFC – National Marine Environmental Forecast Centre of China	http://english.nmefc.gov.cn/index.php
Бразилия	REMO – Oceanographic Modeling and Observation Network	http://www.rederemo.org/
Норвегия	TOPAZ – Towards an Operational Prediction system for the North Atlantic European coastal Zones	http://topaz.nersc.no/

Окончание

1	2	3
Индия	INCOIS – Indian National Centre for Ocean Information Services/ INDOFOS – Integrated Indian Ocean Forecasting System	http://www.incois.gov.in/Incois/indofos_main.jsp

Ниже приведены результаты обобщения сведений о тактико-технических характеристиках зарубежных СОО.

1. Охват:

– в горизонтальной плоскости – глобальный, региональный, локальный;

– в вертикальной плоскости – от поверхности до дна.

2. Горизонтальное разрешение:

– в глобальном масштабе – $1/4$ – $1/12^\circ$;

– в региональном масштабе – $1/12$ – $1/36^\circ$;

– в локальных прибрежных районах – $1/30^\circ$ и менее, до десятков метров.

3. Вертикальное разрешение в верхнем слое – 1–10 м, всего 30–50 слоев (уровней).

4. Период осреднения – от 6 ч до 1 сут.

5. Заблаговременность (в зависимости от масштаба и возможностей систем прогнозирования атмосферы) – от 10 до 2 сут.

6. Периодичность обновления прогноза – 1–4 раза в сутки.

Эти оценки могут быть применены в качестве базовых при задании требований к отечественной СОО.

Важно отметить, что в открытом доступе имеются численные модели, используемые в настоящее время в качестве базовых в СОО [18], а также вся информация, необходимая для построения и функционирования СОО [17].

Таким образом, в ряде научно-исследовательских учреждений (НИУ) Российской академии наук (РАН) и Росгидромета есть научно-технический задел и опыт создания СОО, пригодных для использования в интересах ВМФ. При создании отечественной СОО важно понимать, что сейчас в мире имеется в свободном доступе океанологическая информация, которая может послужить исходной для построения и функционирования отечественной СОО. То есть в настоящее время существуют предпосылки создания национальных СОО без необходимости создания национальных систем спутникового мониторинга. Свидетельством этого является развитие СОО в странах, у которых собственные системы дистанционного мониторинга океана отсутствуют.

Функционирование отечественных систем прогнозирования природной среды, к сожалению, базируется на использовании значительной доли зарубежной информации. Понятно, что и прототип отечественной СОО будет в начальной стадии своего развития базироваться на зарубежной информации.

Это положение, без сомнения, имеет очевидные недостатки, но одновременно позволяет путем относительно небольших затрат за счет

международных информационных ресурсов обработать вопросы практической реализации важной для ВМФ СОО.

Создание прототипа отечественной СОО неизбежно потребует внедрения СОО в практику ГМО ВМФ. Вычислительные, коммуникационные, кадровые ресурсы для внедрения прототипа СОО в практику ГМО пока имеются только в НИУ Росгидромета и РАН. Без активной позиции ВМФ придется смириться с делегированием полномочий по внедрению СОО в НИУ Росгидромета или РАН. Вынужденное делегирование полномочий нельзя признать лучшим решением, так как это заморозит полноценное развитие собственной системы ГМО ВМФ и повысит риски функционирования системы. В качестве примера решения проблемы развития инфраструктуры для функционирования СОО рекомендуется учесть опыт вмс США.

ЛИТЕРАТУРА

1. What is Operational Oceanography? – URL: <http://eurogoos.eu/about-eurogoos/what-is-operational-oceanography>.
2. Коротаяев Г. К., Еремеев В. Н. Введение в оперативную океанографию Черного моря. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2006. – 382 с.
3. Коротаяев Г. К., Дулов В. А., Кубряков А. И. и др. Оперативная система диагноза и прогноза состояния Черного моря с усвоением спутниковой информации // Космические исследования в Украине 2010–2012: сб. ст. – Киев, 2012. – С. 87–96.
4. Семенов Е. В. Состояние и развитие гидродинамических моделей в интересах ВМФ // журнал «Океанология» – М., 2008. – 32 с.
5. Anonymous. Ocean forecasting. Eos Transactions // American Geophysical Union. – 1977. – № 58 (5). – P. 279–281. – URL: <http://dx.doi.org/10.1029/EO058i005p00279-02>.
6. Clancy R. M., Pollak K. D. A real-time synoptic ocean thermal analysis/forecast system // Progress in Oceanography. – 1983. – № 12. – P. 383–424.
7. Fiscal Year 2015 Budget Estimates / Department of Defense. – March 2014. – URL: http://www.finance.hq.navy.mil/FMB/15pres/R-3_Book.pdf.
8. Мاستрюков С. И., Шумахер Д. А. Прогнозирование термохалинной структуры моря в вмс США и Англии // Записки по гидрографии. – 1994. – № 232. – С. 101–105.
9. Burnett W., Harper S., Preller R., Jacobs G., La Croix K. Overview of operational ocean forecasting in the US Navy: Past, present, and future // Oceanography. – 2014. – 27 (3):24–31.
10. Мастрюков С. И., Червякова Н. В. Современное состояние оперативной океанологии вмс США и других государств // Навигация и гидрография. – 2015. – № 40. – С. 70–78.
11. Joint meteorological and oceanographic (METOC) handbook / U.S. Joint Forces Command. – 2011. – 293 p. – URL: http://www.dtic.mil/doctrine/doctrine/jwfc/metoc_hbk.pdf.
12. URL: <https://www.fnmoc.navy.mil/>.
13. Metzger E. J., Smedstad O. M., Thoppil P. G., Hurlburt H. E., Cummings J. A., Wallcraft A. J., Zamudio L., Franklin D. S., Posey P. G., Phelps M. W., Hogan P. J., Bub F. L., DeHaan C. J. US Navy operational global ocean and Arctic ice prediction systems // Oceanography. – 2014. – 27(3):32–43. – URL: <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2014.66>.
14. Real-time 1/12° Global HYCOM Nowcast / Forecast System. – URL: <http://www7320.nrlssc.navy.mil/GLBhycom1-12/skill.html>.
15. Rowley C., Mask A. Regional and coastal prediction with the Relocatable Ocean Nowcast/Forecast System // Oceanography. – 2014. – 27(3):44–55. – URL: <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2014.67>.

16. Veeramony J., Orzech M. D., Edwards K. L., Gilligan M., Choi J., Terrill E., De Paolo T. Navy nearshore ocean prediction systems // *Oceanography*. – 2014. – 27(3):80–91. – URL: <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2014.70>.
 17. URL: <https://www.godae-oceanview.org/science/ocean-forecasting-systems/system-descriptions>.
 18. Nucleus for European Modelling of the Ocean. – URL: <http://www.nemo-ocean.eu>.
-

**НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ «БАНК ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ
МИНОБОРОНЫ РОССИИ»**

*С. И. Мاستрюков
(АО «ГНИНГИ»)*

525 Научно-исследовательский океанографический центр (НИОЦ) Министерства обороны (МО) был организован в соответствии с Постановлением Государственного комитета по науке и технике СССР «О единой общегосударственной системе сбора, хранения и автоматизированной обработки данных экспедиционных исследований океанов и морей» от 06.03.1970 г. № 62 и приказом министра обороны от 08.04.1972 г. № 185 как самостоятельная организация.

В 1988 г. 525 НИОЦ МО был расформирован и включен в состав 9 Научно-исследовательского института (9 НИИ) ВМФ вместе с личным составом. Одновременно были переданы 245 магнитных лент (184 – судовая метеорология, 50 – гидрология, 11 – батитермографные наблюдения) с данными для электронной вычислительной машины ЕС-1046. Исходя из объема информации на одной ленте (в среднем 10 Мб) общий объем информационных ресурсов банка данных в 1988 г. не превышал 3 Гб.

В последующие годы 9 НИИ ВМФ претерпевал неоднократные организационные изменения, в настоящее время в соответствии с Указом Президента РФ от 15.09.2008 г. № 1359 и приказом министра обороны РФ от 15.06.2009 г. № 380 он преобразован в ОАО «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт» (ГНИНГИ) с включением в состав холдинга «Гарнизон». 13 декабря 2011 г. Банк океанографических данных ОАО «ГНИНГИ» получил статус Федеральной государственной информационной системы (ФГИС), зарегистрированной в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (паспорт № ФС-7711072). Оператором является МО РФ.

С изменением форм организации ГНИНГИ менялось и взаимодействие НИОЦ с частями и подразделениями Гидрографической службы (ГС) ВМФ, но, несмотря на это, НИОЦ все годы успешно выполнял функции ведомственного центра сбора и важного звена в системе гидрометеорологического обеспечения (ГМО) по гарантированному хранению, обработке и использованию результатов океанографических

исследований в интересах ВМФ. Объем его информационных ресурсов за последние годы вырос в сотни раз. При этом большая часть информационных ресурсов добывалась из международных источников, поскольку стала проводиться недальновидная политика информационной блокады НИОЦ ОАО «ГНИНГИ». За последние 10 лет с участием НИОЦ подготовлено и издано 27 морских пособий, созданы информационно-справочные пособия по гидрометеорологическим условиям на 7 морей. Так, в автоматизированных системах (АС) ГМО ВМФ размещены информационно-справочные пособия по гидрометеорологическим условиям мореплавания на акваториях Балтийского, Северного, Черного, Азовского, Норвежского, Гренландского, Баренцева и Белого морей.

В ФКУ «280 Центральное картографическое производство ВМФ» переданы материалы для подготовки к изданию следующих пособий:

1. Специализированные пособия – 7 наименований (адм. № 4468, 4469, 4165, 4269, 4271, 4261, 4267);

2. Атласы гидрометеорологических условий для использования сил и средств ВМФ – 5 наименований (адм. № 6470, 6171, 6272, 6270, 6274);

3. Гидрометеорологические карты – 9 наименований (адм. № 6436, 6109, 6438, 6108, 6235, 6223, 6243, 6222, 6110);

4. Атласы океанографических параметров – 6 наименований (адм. № 6425, 6119, 6224, 6120, 6228, 6118).

Вышеперечисленная информационная продукция подготовлена в рамках государственного заказа (ГОЗ), она соответствует требованиям технических заданий, принята без замечаний в полном объеме, что подтверждает тезис об успешном выполнении НИОЦ своих функций, несмотря на прекращение передачи информации по каналам АС ГМО ВМФ и из океанографических экспедиций ВМФ.

В НИОЦ осознают необходимость разработки новых форм ГМО. Одной из таких форм является подготовка электронных баз с климатическими показателями состояния среды в целях поддержки создаваемых АС управления ВМФ разного уровня.

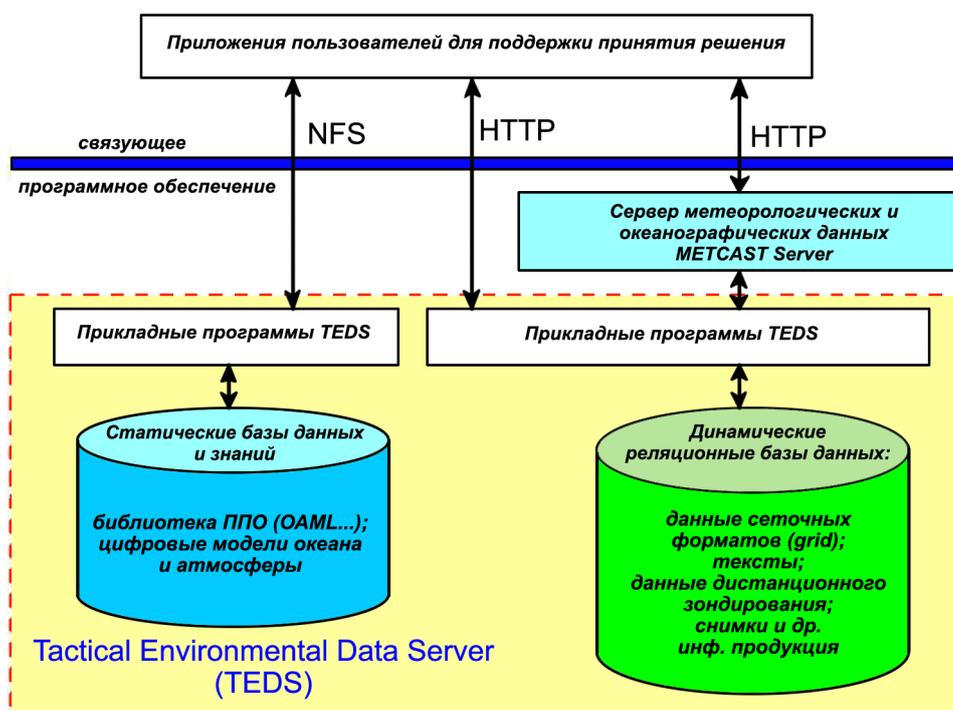
В вмс США данная работа началась в 1992 г. В Программе по развитию моделирования и прогнозирования океана [1] была поставлена задача разработки набора сеточных массивов климатических показателей в целях:

– задания начальных условий в системах оперативной океанологии;

– информационной поддержки долгосрочного планирования действий и проектирования средств вооружения. В настоящее время эта задача реализована.

Так, в состав системы управления на море GCCS-M вмс США входит гидрометеорологический сегмент (подсистема) NITES-II. Основой NITES является сервер данных о состоянии среды – Tactical Environmental Data Server (TEDS). Подсистема функционирует на базе рабочих станций UNIX, имеющих выход в сеть SIPRNET посредством корабельных СВЧ-маршрутизаторов спутниковой связи. Сервер позволяет принимать и хранить данные наблюдений, выходную прогностическую продукцию, спутниковые снимки поверхности в виде региональных динамически обновляемых баз данных. Он также использует общие процедуры выборки данных и формирования массивов исходных данных для всех тактических приложений.

Tactical Environmental Data Server – ключевой элемент системы NITES. Его применение обеспечивает выполнение требований вмс США по стандартизации информационной поддержки принятия решений. На рисунке показана его архитектура.



Архитектура построения сервера данных TEDS

Сервер TEDS состоит из масштабируемых модульных хранилищ океанографических и метеорологических данных и специального программного обеспечения, гарантирующего транспортировку, преобразование и использование этих данных в интересах поддержки принятия решений. Хранилища данных включают как статические наборы, так и динамически обновляемые наборы оперативных и прогностических данных.

Сервер TEDS реализует концепцию сетецентрических войн. Он позволяет работать силам в едином информационном пространстве, используя одни и те же базы данных, и применять унифицированные средства и методы расчета и прогноза влияния среды на силы и средства вмс. Сервер построен по принципу, позволяющему легко наращивать его возможности. Он разработан в ходе многолетних исследований большого числа научных коллективов вмс США совместно с промышленными организациями.

Подсистема NITES и сервер TEDS размещены на 70 кораблях США, в том числе на 30 крупных командных кораблях, где имеются группы ГМО, а также в береговых центрах (Сан-Диего, Норфолк, Перл-Харбор, Рота (Испания), Йокосука (Япония) и Бахрейн), в частях морской пехоты

США, в центрах Системы глобального управления и контроля (Global Command and Control System – Maritime USN METOC 50 (GCCS-M) system). В 2011 г. функционировала четвертая модификация этой системы [2].

В состав TEDS входят статичные базы данных из стандартной библиотеки баз данных и программ по океану и атмосфере Oceanographic and Atmospheric Master Library (OAML), а также из стандартной библиотеки баз данных и программ по геофизике Geophysics Fleet Mission Program Library (GFMPPL).

Сервер TEDS обеспечивает информацией работу 17 тактических и 13 вспомогательных программ вмс США, нацеленных на поддержку принятия решений.

Рассмотрим унифицированную библиотеку баз данных и программ по океану и атмосфере OAML подробнее. Ответственность за актуализацию баз гидрометеорологических показателей OAML возложена на Военно-морской океанографический офис NAVO. В текущий состав статичных баз данных из библиотеки OAML входят базы гидрофизических, метеорологических, аэрологических, геоакустических, акустических, геофизических и электромагнитных данных. Актуализация статичных баз данных осуществляется с периодичностью один раз в 3–10 лет, а их состав практически не меняется.

Важно подчеркнуть, что для прикладных целей, целей информационной поддержки АС управления вмс не используются данные всех исторических наблюдений, имеющихся в центрах океанографических данных. На их основе создается информационная продукция, соответствующая требованиям потребителя, отражающая фоновые и экстремальные условия среды, повторяемости неблагоприятных условий или их комплексов.

Поэтому стремление изменить сложившуюся в ВМФ систему сбора и использования результатов океанографических исследований якобы в интересах создания нового Банка пространственных океанографических данных с изъятием информационных ресурсов НИОЦ АО «ГНИНГИ» отражает непонимание сущности информационной поддержки АС. Эти системы не могут и не должны выполнять не свойственные им функции сбора, контроля качества, первичной и статистической обработки информации хотя бы по той причине, что объем исторических данных может исчисляться сотнями гигабайт и на его обработку могут уйти сутки и недели, даже при наличии мощной вычислительной техники, что в оперативных условиях недопустимо.

Таким образом, НИОЦ АО «ГНИНГИ» продолжает выполнять свои функции, однако для разрешения всех проблем во взаимодействии с частями и подразделениями ГС ВМФ необходимо заключить соглашение о порядке информационного взаимодействия НИОЦ АО «ГНИНГИ» с Управлением навигации и океанографии МО РФ и выполнить решения по финансированию функционирования Банка океанографических данных НИОЦ АО «ГНИНГИ» как ФГИС Минобороны РФ, а также по участию НИОЦ в работах по ГОЗ.

Политика, направленная на создание нового центра сбора океанографических данных, на наш взгляд, является неправильной и недальновидной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pelouquin R. A. The Navy Ocean Modeling and Prediction Program – From research to operations: An over view // Oceanography. – 1992. – № 5 (1). – P. 4–8.
 2. Joint meteorological and oceanographic (METOC) handbook [Electronic resource]: article/ U.S. Joint Forces Command. – 2011. – 293 p. – URL: <http://www.dtic.mil/doctrine/doctrine/jwfc/metoc>.
-

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА «КРАБИК-БМ»

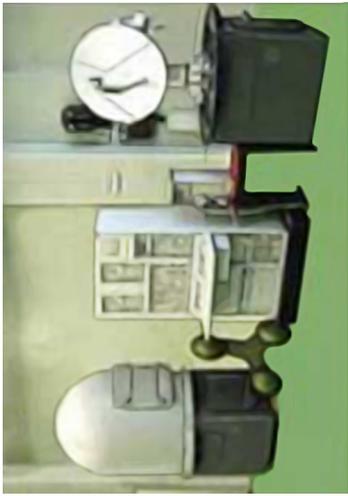
Д. С. Феоктистов, А. В. Косолапов (АО «Научно-производственное предприятие „Радиосвязь“», Красноярск)

Сегодня АО «Научно-производственное предприятие (НПП) „Радиосвязь“» имеет мощную научно-техническую и производственную базу и является единственным в России предприятием, разрабатывающим и одновременно серийно изготавливающим помехозащищенные станции спутниковой (Р793-МА и Р793-М) (рис. 1а) и тропосферной (Р423-АМК) (рис. 1б) связи. Оно также изготавливает угломерную аппаратуру серии МРК (рис. 2), работающую по сигналам спутниковых радионавигационных систем (СРНС) ГЛОНАСС и GPS и обеспечивающую определение пространственного положения объекта (курс, крен, тангаж) с точностью до единиц угловых минут.

Использование только СРНС не обеспечивает решение всех поставленных задач, поэтому наземные радионавигационные системы (РНС) по-прежнему занимают важное место среди средств навигационного обеспечения ряда объектов, например морских судов. При этом РНС не подвержены влиянию ионосферы ввиду того, что они работают по поверхностной волне, распространяющейся в приземном слое атмосферы, а в силу меньшего по сравнению с СРНС расстояния между опорными навигационными пунктами и потребителем обеспечивается более высокий энергетический потенциал [1]. Как следствие, достигается более высокая степень защищенности от помех как естественного, так и искусственного происхождения. Именно поэтому на предприятии уделяют особое внимание разработке средств наземной навигации, к которым можно отнести системы «Крабик-БМ» и «Спрут-Ш».

С 1981 г. в научно-производственном объединении «Сибцветмет-автоматика» (Красноярск) проводились работы по созданию радиогеодезического комплекса (РГК) «Крабик-Б», однако в начале 2000-х гг. эти работы были возобновлены уже на предприятии АО «НПП „Радиосвязь“». В результате в настоящее время АО «НПП „Радиосвязь“» осуществляет серийный выпуск РНС ближней навигации «Крабик-БМ», разработанной совместно с Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет».

Первые версии «Крабик-Д» и «Крабик-Б» использовались на дражных полигонах для обеспечения разведки и добычи полезных ископаемых



а



б

Рис. 1 (а, б)



Рис. 2

на шельфах морей и прилегающих к суше акваториях, для вывода плавучих буровых платформ в точку бурения, а также при прокладке подводных трубопроводов и кабелей.

Сегодня эта система активно используется на Тихоокеанском флоте. Выпускаемый РГК «Крабик-БМ» (рис. 3) является морской фазовой РНС УВЧ-диапазона, предназначенной для высокоточной геодезической координатной привязки подвижных и стационарных надводных объектов, и для определения элементов их движения. Также имеются результаты исследований и наработки по использованию данной РНС для определения координат наземных и воздушных объектов [3].

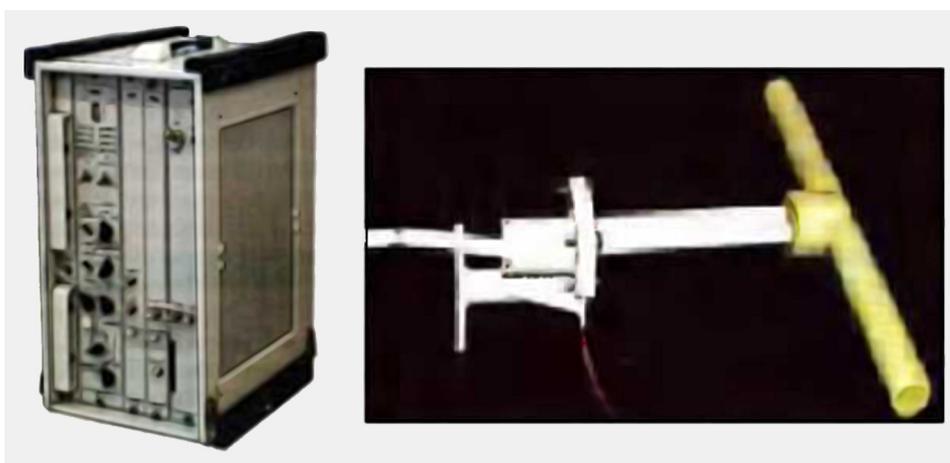


Рис. 3

Основные технические характеристики РГК «Крабик-БМ» представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Значение
Дальность действия (в условиях прямой видимости), км	150
Максимальная скорость движения корабельной станции, км/ч	300
Диапазон рабочих частот, МГц	420–432
Мощность сигнала на выходе передатчика, Вт	0,5; 5; 20
Средняя квадратическая погрешность измерения дальности, м	0,5–1,5
Средняя квадратическая погрешность определения координат, м	0,5–3
Масса блока приемопередатчика, кг	10
Рабочий диапазон температур, °С	От –40 до +40

Радиогеодезический комплекс является опорной геодезической системой для радиотехнических средств формирования единого навигационного поля.

В целях увеличения эксплуатационных возможностей и повышения эффективности использования в РГК предусмотрены следующие режимы работы:

- дальномерный;
- разностно-дальномерный;
- совмещенный;
- дистанционный.

По принципу действия РГК относится к фазовым когерентным РНС со ступенчатым изменением частоты и временным разделением сигналов, излучаемых опорными (ОС) и корабельными (КС) станциями [2]. Типовые конфигурации РГК «Крабик-БМ» представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Режим работы	Количество ОС	Количество КС
Дальномерный	2–6	1–8
Разностно-дальномерный	3–6	Не ограничено
Совмещенный	2–6	1–8 активных, пассивных не ограничено
Дистанционный	2–6	1–3

Формат сигнала, излучаемого одной станцией РГК, содержит послылки основной частоты f_0 и дополнительных частот f_1, f_2, \dots, f_5 , длительность при этом составляет 31,25 мс (рис. 4).

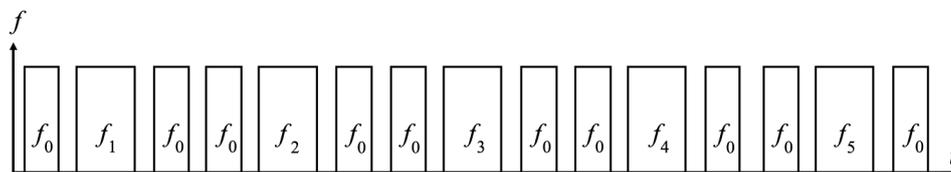


Рис. 4

Включение ОС в работу автоматически (по запросу с любой из КС) обеспечивает их временную радиоскрытность и улучшает условия электромагнитной совместимости с другими радиотехническими средствами [2]. Переключение несущих частот обеспечивает возможность пространственного наращивания и создания различных конфигураций расстановок РГК.

Унификация аппаратных и программных средств РГК позволяет оперативно изменять системные функции любой станции, а широкий набор тестовых программ обеспечивает высокую метрологическую достоверность измеряемых параметров.

На сегодняшний день в целях повышения конкурентоспособности поставлена задача по модернизации аппаратного и программного обеспечения РГК «Крабик-БМ». Развитие электронной промышленности в последнее время привело к созданию высокопроизводительных и малопотребляющих микросхем и компонентов. В связи с этим сотрудниками АО «НПП „Радиосвязь“» рассматриваются возможные пути развития РГК с применением новой элементной базы отечественных производителей.

Одновременно с разработкой аппаратной части рассматривается вариант введения нового режима работы РГК, в основе которого лежит использование сигнала, применяемого в СРНС (М-последовательностей и BPSK-модуляции). При этом:

- несущая частота – 425 МГц;
- ширина полосы канала – 10 МГц;
- метод доступа – TDMA;
- тип псевдослучайной последовательности (М-последовательность);
- число элементов кода – 511;
- модуляция – BPSK.

Ожидаемая величина погрешности определения радиодальностей составит 20–40 см, а координат 20–100 см.

Использование современной элементной базы и ввод нового вида сигналов позволят повысить эффективность и конкурентоспособность РГК «Крабик-БМ» за счет:

- 1) снижения массогабаритных характеристик и энергопотребления комплекса;
- 2) возможности сопряжения с современными внешними устройствами, используемыми для вывода навигационной информации;
- 3) улучшения работы комплекса в условиях сильной многолучевости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В. Н., Кокорин В. И. Широкополосные радионавигационные системы с шумоподобными частотно-манипулированными сигналами. – Новосибирск: Наука, 2011. – 263 с.
2. Алешечкин А. М. Радионавигационная система для определения точных координат акваториальных геологоразведочных и горных выработок // Маркшейдерский вестник. – 2003. – № 2. – С. 54–57.
3. Феоктистов Д. С. Использование морской радионавигационной системы «Крабик» для координатного обеспечения наземных объектов // Материалы XVII Междунар. науч. конф., посвящ. памяти генер. конструктора ракет-космич. систем акад. М. Ф. Решетнева: в 2 ч. / Под общ. ред. Ю. Ю. Логинова. – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2013. – Ч. 1. – С. 157–159.

СОЗДАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ВЫСОКОТОЧНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ В ИНТЕРЕСАХ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИИ

О. В. Кучеренко, Б. Б. Тикко

(Санкт-Петербургский филиал ЗАО «КБ НАВИС»)

Прецизионная навигационная аппаратура потребителей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС/GPS российского производства, предназначенная для проведения геодезических и других высокоточных работ, начала поступать на снабжение Вооруженных Сил (ВС) РФ в 2000-х гг. К ней следует отнести:

- «Бриз ГП», 14Ц871 («Гео-161»), «Алькор» – одночастотные;
- «Бриз КМ ГС», 14Ц878 («Вешка»), «Изыскание», ГККС – двухчастотные.

С запуском навигационных спутников ГЛОНАСС, GPS, Galileo, работающих по новым сигналам, появилась необходимость создания геодезической аппаратуры, обеспечивающей высокоточное определение координат по существующим и перспективным сигналам ГНСС в режимах послесеансной обработки и реального времени.

Закрытое акционерное общество «КБ НАВИС» является исполнителем опытно-конструкторской работы (ОКР) «Создание геодезической высокоточной навигационной аппаратуры» (шифр «Медиана»), выполняемой по контракту с Министерством обороны (МО) РФ. Целью ОКР «Медиана» является создание комплекта высокоточной геодезической аппаратуры потребителей (ГАП-В) ГНСС ГЛОНАСС/GPS/Galileo, обеспечивающего работу по существующим и перспективным навигационным сигналам ГНСС, высокоточное определение координат в режимах послесеансной обработки и реального времени и имеющего улучшенные тактико-технические характеристики, для оснащения частей и подразделений Топографической службы МО РФ, топогеодезических подразделений и служб других видов и родов войск.

Комплект ГАП-В предназначен для проведения топогеодезических работ в целях оперативного координатно-временного обеспечения объектов МО РФ с повышенной точностью и надежностью.

В состав ГАП-В входят:

- геодезические полевые комплекты (ГПК) – 3 единицы;
- автоматизированное рабочее место постобработки измерений (АРМ-ПО), включающее персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ), общее программно-математическое обеспечение и

специальное программно-математическое обеспечение (СПМО) постобработки измерений, съемный ключ защиты;

– средства передачи и приема информации для реализации относительных режимов измерений в реальном времени (СППИ-РВ);

– комплект контейнеров для хранения и перевозки составных частей ГАП-В;

– комплект ЗИП-О.

Аппаратура ГАП-В способна обеспечить:

– непрерывное слежение за сигналами ГНСС ГЛОНАСС, GPS, Galileo;

– выполнение координатных определений в режиме снижения влияния многолучевости для кодовых и фазовых измерений;

– прием и учет корректирующей информации от широкозонных дифференциальных систем в форматах СДКМ ГЛОНАСС и SBAS;

– прием ассистирующей информации (высокоточной эфемеридно-временной информации (ЭВИ) и других данных) по каналу связи (от системы прецизионной навигации МО РФ) и/или загрузку аналогичной информации при использовании данных системы высокоточного определения эфемеридно-временных поправок (СВОЭВП) в целях их использования при координатных определениях в режиме высокоточных автономных местоопределений PPP (Precise Point Positioning);

– выдачу принятой измерительной, цифровой и корректирующей информации в согласованных форматах.

В интересах ВС РФ ГАП-В позволит в апостериорном режиме и режиме реального времени решать фундаментальные и прикладные координатно-временные задачи, к которым относятся:

– развитие и реконструкция космической геодезической сети, государственной геодезической сети, создание спутниковых геодезических сетей;

– изучение деформации земной коры для прогнозирования землетрясений, оползней, цунами и других опасных природных явлений;

– создание системы постоянных наблюдений за динамикой уровня морей и океанов и прогноза их состояния;

– осуществление мониторинга геосейсмических явлений, деформаций зданий и инженерных сооружений на объектах МО РФ;

– различные виды топографических съемок, инженерных изысканий, проектно-изыскательских, строительных, дорожных работ, межевание земель, обеспечение ведения государственного земельного кадастра в интересах МО РФ;

– высокоточные траекторные определения при управлении беспилотными летательными аппаратами, обеспечении безопасности движения объектов железнодорожного транспорта, проведении аэрофотосъемки, дистанционного зондирования земли;

– выполнение гидрографических работ;

– обслуживание подземных трасс и инженерных сетей в интересах МО РФ;

– проведение поисково-спасательных работ.

Точности координатных определений с помощью ГАП-В, указанные в тактико-техническом задании (ТТЗ) на ОКР «Медиана», представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Тип определений	Режим работы (длина базовой линии; время сеанса)	Точность в плане (среднее квадратичное отклонение)	Точность по высоте (среднее квадратичное отклонение)
Относительный	Статика До 2 км; до 2 ч	3 мм	5 мм
	2–100 км; до 8 ч	2 мм + 0,5 мм/км	4 мм + 0,8 мм/км
	100–2500 км; 24 ч (точная ЭВИ СВОЭВП)	2 мм + 0,1мм/км, но не более 100 мм	3 мм + 0,2 мм/км, но не более 200 мм
	Быстрая статика; кинематика с постобработкой («стой – иди»); до 20 км	3 мм + 0,5 мм/км	5 мм + 0,8 мм/км
	Кинематика реального вре- мени РТК; до 20 км	8 мм + 1,0 мм/км	15 мм + 1,5 мм/км
Абсолютный	Навигация	2,0 м	3,0 м
	С постобработкой в статике	0,7 м	1,0 м
	В реальном времени (высо- коточная ЭВИ)	0,1–0,2 м	0,2–0,3 м
	С постобработкой в статике (высокоточная ЭВИ)	0,02 м	0,05 м

В ходе выполнения ОКР был определен внешний вид ГПК, в состав которого вошли:

- блок навигационного приемника (БНП) со встроенной аккумуляторной батареей;
- блок антенный;
- ручной контроллер со встроенной аккумуляторной батареей;
- сумка (ранец) для переноски и эксплуатации аппаратуры в полевых условиях;
- штатив типа ШР-160;
- триггер с оптическим центриром;
- телескопическая вежа;
- комплект кабелей;
- комплект ЗИП-О.

В составе АРМ-ПО в качестве ПЭВМ планируется применить защищенный ноутбук типа GETAC V110. Также планируется реализация основного канала СППИ-РВ на базе двух типов УКВ-радиостанций: Р-168-5УН(1)Е – для базового, а Р-168-0,5У(М)Е – для мобильного комплекта ГПК. Работа радиостанций предусмотрена в диапазоне 30–88 МГц.

Для подтверждения точностных характеристик разрабатываемого изделия ГАП-В, а также для отработки основных задач, определенных требованиями ТТЗ на ОКР «Медиана», была проведена предварительная экспериментальная отработка с использованием макета ГПК.

Результаты измерений приращений координат на базе, превышающей 1000 км, при использовании ГЛОНАСС L1, L2 представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Сеанс измерений		Составляющие погрешности определений относительных координат		
	Дата	Продолжительность	Δx , м	Δy , м	ΔH , м
1	28.11–30.11.2014	53 ч 15 мин	–0,021	0,073	–0,033
2	16.12–17.12.2014	26 ч 15 мин	0,006	0,039	0,179
3	22.12–23.12.2014	23 ч 45 мин	0,050	0,074	0,216
4	23.12–24.12.2014	20 ч 57 мин	0,052	0,065	0,226

Результаты определения координат в режиме PPP (априорная ЭВИ СВОЭВП) с продолжительностью сеансов 2 ч представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Режим	Составляющие среднего квадратичного отклонения определений абсолютных координат	
	σ_P , м	σ_H , м
ГЛОНАСС L1, L2	0,098	0,187
ГЛОНАСС+GPS L1, L2	0,049	0,110

Среднее квадратичное отклонение случайной составляющей погрешности фазовых измерений псевдодальности представлено в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Сигналы ГНСС	Диапазон частот L1	Диапазон частот L2
ГЛОНАСС с санкционированным доступом, м	0,0006	0,0005
ГЛОНАСС с открытым доступом, м	0,0007	0,0005
GPS с открытым доступом, м	0,0005	0,0009

РАЗВИТИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КООРДИНАТНОЙ ОСНОВЫ. СИСТЕМА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ «ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛИ 1990 ГОДА»

*В. Ф. Алексеев
(Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского);*

*Д. И. Плешаков
(НИЦ (ТГНО) 27 ЦНИИ МО РФ)*

Постоянно растущие потребности практики, и в первую очередь широкое использование навигационной и геодезической аппаратуры потребителя ГЛОНАСС/GPS, привели к необходимости регулярного повышения точности определения параметров, характеризующих форму, размеры Земли и ее гравитационное поле, модернизации всей системы геодезических параметров (СП) Земли. Первая модернизация СП «Параметры Земли 1990 года» была выполнена в 2002 г. (ПЗ-90.02) с использованием большого объема измерительной информации отечественного космического геодезического комплекса ГЕОИК, набранной после 1990 г., не вошедшей в обработку при выводе ПЗ-90, и высокоточных измерений на пунктах космической геодезической сети (КГС), полученных с использованием аппаратуры ГЛОНАСС/GPS. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 июня 2007 г. № 797-р уточненная версия государственной геоцентрической системы координат (ГГС) «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.02) введена в действие в целях повышения характеристик навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС, улучшения геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

В 2011 г. выполнено второе уточнение СП «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11). При этом уточнению подлежала только ГГС. При уточнении ГГС максимально использованы данные об установлении общеземных систем координат, полученные отечественными и международными научными организациями из многолетних наблюдений искусственных спутников Земли и космических объектов. В ПЗ-90.11 долготная ориентировка, линейный масштаб и положение начала системы обеспечивают сходимость с аналогичными параметрами Международной земной опорной сети ITRF на сантиметровом уровне.

Новым в технологии уточнения геоцентрического положения сети пунктов, закрепляющих систему координат ПЗ-90.11, было включение в обработку рядов измерительной информации системы DORIS 2002, 2008 и 2010 гг., полученной на совмещенных пунктах этой системы и

сети IGS. Для повышения точности взаимного положения пунктов КГС и точности согласования ее с ITRF использован представительный ряд наблюдений спутников ГЛОНАСС и GPS, накопленный после вывода ПЗ-90.02.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1463 общеземной геоцентрической системе координат ПЗ-90.11 придан статус государственной для геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

Геоцентрическая система координат, входящая в состав системы ПЗ-90.11, является практической реализацией общеземной системы координат на эпоху 2010.0. Она закреплена глобально распределенными пунктами (включая пункты КГС), координаты и скорости движения которых определены из обработки спутниковых измерений.

Система координат ПЗ-90.11, заданная на эпоху 2010.0, распространена на пункты сети IGS, расположенные на территории России. Для перехода к другой (заданной) эпохе необходимо учитывать скорости X , Y , Z изменения координат пунктов.

Высокая точность взаимного положения пунктов системы ПЗ-90.11 позволила распространять эту систему глобально с высокой точностью. В рассматриваемом эксперименте в качестве опорных пунктов приняты координаты 11 пунктов IGS на территории России. Определяемыми выбраны 37 глобально расположенных пунктов IGS. Обработка измерений на суточном интервале выполнялась с использованием точных орбит SP3 и с уточнением этих орбит. Среднеквадратические расхождения рассчитанных координат пунктов с полученными по технологии ITRF находятся на уровне 1 см по каждой из координат.

Значения элементов трансформирования систем координат получены по разностям координат одноименных пунктов, определенных в обеих системах. Важной задачей ближайшего будущего является участие в летных испытаниях космической геодезической системы ГЕОИК-2, запланированных на 2016 г., и в ее последующей эксплуатации в целях уточнения ГГСК. В состав измерительных средств системы входят классические траекторные системы: доплеровская, дальномерно-запросная, квантово-оптическая, беззапросная. В результате эксплуатации ГЕОИК-2 планируется выполнить геодезическое обеспечение существующих образцов военной техники и вооружения.

Дальнейшее развитие ГГСК и СПП «Параметры Земли 1990 года» в целом связано с разработкой перспективной многоярусной космической системы мониторинга геодезических параметров Земли ГЕОИК-3 и придания ей статуса системы двойного назначения. В результате ее эксплуатации планируется решить следующие целевые задачи:

1. Построение высокоточной геоцентрической системы координат (включает спутниковую модель ГПЗ в виде гармонических коэффициентов до 70–90-й степени разложения геопотенциала в ряд по сферическим функциям).

2. Определение высокостепенной (детальной) модели ГПЗ на основе спутниковой модели ГПЗ:

- с использованием градиентометрической информации (200–250-я степень разложения в ряд по сферическим функциям);

– с дополнительным использованием детальной гравиметрической и альтиметрической информации (2000-я степень разложения в ряд по сферическим функциям).

3. Определение цифровых моделей характеристик ГПЗ в Мировом океане:

- уклонения отвесной линии;
- высоты квазигеоида;
- аномалии силы тяжести.

4. Определение геодинамических движений литосферных плит.

5. Решение ряда океанографических задач.

Наиболее значимой целевой задачей является задача построения высокоточной геоцентрической системы координат и согласованной с ней спутниковой модели ГПЗ. Эта задача ставится с учетом новых требований к точности знания геодезических параметров. Система координат и модель гравитационного поля должны образовать высокоточную динамическую систему отсчета геоцентрических положений и скоростей точек суши на эпоху, отсчетную поверхность спутникового геоида, высокоточное геодезическое обеспечение баллистических расчетов.

Решение этой задачи планируется выполнять следующим составом наземных пунктов наблюдения (ПН) и измерительных средств, находящихся в ведении РФ:

- космическая геодезическая сеть МО РФ (доплеровская система (ДС), квантово-оптическая система (КОС), беззапросная измерительная система (БИС));
- сеть наземного комплекса управления (НКУ) ГЛОНАСС (БИС, КОС, радиоинтерферометры (РСДБ));
- сеть ИПА РАН (РСДБ, КОС, БИС);
- сеть Росреестра ФАГС (БИС, абсолютный гравиметр);
- сеть DORIS, на территории РФ ИНАСАН;
- сеть РКС (БИС, КОС).

Методология решения целевых задач ГЕОИК-3 должна основываться на строгой математической обработке всех видов измерительной информации в рамках теории динамического метода космической геодезии.

Основным отличием новой космической системы ГЕОИК-3 от предыдущей является наличие в ее составе низкоорбитального спутника с гравитационным градиентометром (ГГ), который планируется к разработке в РФ впервые. Мировой опыт показывает эффективность использования спутниковых ГГ для решения следующих задач:

- повышение точности и пространственного разрешения глобальных моделей ГПЗ для уточнения системы геодезических параметров Земли, высокоточного определения орбит КА, глобального картографирования ГПЗ, установления единой системы нормальных высот, геодинамических исследований;
- повышение точности определения параметров ГПЗ в Мировом океане (в комбинации с альтиметрическим методом) в интересах геодезического обеспечения систем навигации и управления объектов морского базирования, исследование топографии поверхности Мирового океана;
- создание специализированных пространственных моделей ГПЗ для обеспечения перспективных систем навигации эталонной информацией о ГПЗ.

Спутниковые градиентометрические измерения представляют собой совокупность данных о вторых производных геопотенциала вдоль орбиты низкоорбитального спутника. Возможны два подхода к обработке таких данных.

При первом подходе измерения рассматривают как функцию, зависящую от координат, параметров ориентации осей градиентометра и ГПЗ, которые обрабатывают совместно с классическими траекторными измерениями в рамках расширенного динамического метода космической геодезии.

При втором подходе сначала выполняют уточнение орбиты КА, после чего уточняют параметры ориентации осей прибора и градиентометрические измерения преобразуют в требуемые характеристики ГПЗ.

Сказанное позволяет сформулировать следующие предложения:

1. Эксплуатация новой космической системы ГЕОИК-3 должна быть построена на научной основе и иметь в составе необходимые функциональные звенья управления процессом решения задач, научно-технологические звенья сбора, анализа и обработки измерений.
 2. Одновременно с разработкой технических средств должны разрабатываться методология и методы решения задач. Это позволит своевременно вносить коррективы в технологию решения целевых задач.
 3. Максимально использовать накопленный в мире опыт решения фундаментальных геодезических задач. Одновременно использовать отечественный опыт строгого решения таких задач.
-

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ НА ОСНОВЕ РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ГЛОНАСС/GPS И МОДЕЛЕЙ СПРАВОЧНОЙ ИОНОСФЕРЫ И СПРАВОЧНОГО ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ПЛАЗМОСФЕРЫ

*К. А. Лобанов; кандидат технических наук В. А. Шемелов
(Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского)*

Геофизическое обеспечение современных радиотехнических средств связи, навигации и локации является задачей, требующей знания состояния атмосферы: тропосферы и ионосферы. Применительно к ионосфере для задачи, например, геофизического обеспечения (ГФО) коротковолновой (КВ) радиосвязи требуются данные о критических частотах основных слоев ионосферы.

Рассмотрим требования, предъявляемые к информации о состоянии ионосферы для задач ГФО КВ радиосвязи.

Требования к информации о состоянии ионосферы в задачах ГФО КВ радиосвязи могут быть разделены по следующим признакам:

1. По составу информации – данные о концентрации электронов на уровне максимума ионизации слоя $F2$ ионосферы.

2. По пространственному масштабу информации – горизонтальные расстояния определяются числом скачков предполагаемой радиолинии, для одного скачка это около 300 км, по высоте – до уровня максимума слоя $F2$.

3. По форме представления информации – это значения концентрации электронов на уровне слоя $F2$ ионосферы в точке (точках) предполагаемого отражения радиоволны.

4. По точности информации – считается приемлемой погрешность определения концентрации электронов на уровне максимума ионизации слоя $F2$ ионосферы не более 10 %.

5. По оперативности получения информации – не менее 5 мин.

6. Должно выполняться требование получения информации над неосвещенной в геофизическом отношении территорией.

Далее проведем анализ методов диагностики состояния ионосферы на предмет удовлетворения требованиям, предъявляемым к информации, получаемой с их помощью.

Методы диагностики состояния ионосферы подразделяются на прямые (контактные) и косвенные. Прямые (контактные) методы диагностики состояния ионосферы основаны на подсчете числа заряженных частиц с помощью бортовой аппаратуры космических аппаратов (КА).

Косвенные методы, называемые радиофизическими, в свою очередь, подразделяются на методы обработки радиосигналов станций зондирования ионосферы (вертикального, наклонного и возвратно-наклонного) и методы, основанные на обработке сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) («Циклон»/«Цикада» и ГЛОНАСС/GPS).

Исторически последние были основаны на использовании радиосигналов низкоорбитальных СРНС «Циклон»/«Цикада» с высотой орбит 1000 км. В настоящее время орбитальная группировка СРНС «Циклон»/«Цикада» не поддерживается и возникла необходимость в переводе существующего метода на использование в качестве исходных данных сигналов среднеорбитальных СРНС (таких, как ГЛОНАСС и GPS) с высотой орбит 20 000 км.

При переходе в радиофизическом методе на использование в качестве исходных данных сигналов среднеорбитальных СРНС точность выходной информации о концентрации электронов ухудшилась и перестала удовлетворять предъявляемым к ней требованиям (ошибка составила 10–15 % моделирования значений $f_0 F2$ [1] против 7–12 % у метода на основе СРНС «Циклон»/«Цикада» [2]).

Таким образом, возникла проблемная ситуация, состоящая в недостаточной для задач ГФО КВ радиосвязи точности диагностики состояния ионосферы с использованием радиофизического метода, основанного на СРНС ГЛОНАСС и GPS.

В качестве возможной причины ухудшения точности диагностики состояния ионосферы с использованием радиофизического метода, основанного на СРНС ГЛОНАСС и GPS, видится низкая адекватность реальным условиям справочной плазмосферы (модель SPIM, представляющая собой совокупность моделей IRI и SMI), которая стала использоваться в радиофизическом методе. Низкая адекватность SMI может быть обусловлена малым числом наблюдений за концентрацией электронов в плазмосфере.

Подтверждением этого служат публикации [3–5], в которых был выполнен анализ моделей верхней ионосферы, показавший недостаточно корректное описание вертикального профиля концентрации электронов на высотах верхней ионосферы существующими полуэмпирическими моделями ионосферы.

А так как полуэмпирические модели плазмосферы для расчета вертикального профиля концентрации электронов берут за исходное значение результат расчета на уровне 1000 км (верхняя граница ионосферы), то и неточности расчетов обусловлены в том числе и неточностью моделей ионосферы.

Далее выполним анализ моделей плазмосферы.

Среди теоретических моделей плазмосферы следует отметить модели: SUPIM, FLIP, TIME-GCM, GAIM-FP, UAM и др.

Основными недостатками данных моделей, не позволяющими применять их в оперативной практике, являются трудности с получением большого объема исходных данных, а также малая оперативность вычислений.

При расчетах в режиме реального времени используются полуэмпирические (или гибридные) модели плазмосферы: GCPM, NeQuick, NeUoG-plas, SPIM, модель ПЭС Клобушара и др.

Основными преимуществами полуэмпирических (или гибридных) моделей, в отличие от теоретических, являются быстрое действие и малое число исходных данных, обычно доступных для получения в оперативной практике.

К примеру, для ГФО функционирования СРНС в настоящее время наибольшее применение нашли модели SPIM и NeQuick.

Сравнение значений ПЭС, полученных по данным моделям, а также по данным центра CODE, выполнено в работе [5]; это сравнение показало плохую согласованность модельных расчетов, что говорит о неудовлетворительной точности описания вертикального профиля концентрации электронов рассмотренными моделями ионосферы.

Однако в рамках применяемого радиофизического метода диагностики состояния ионосферы [1] возможно отказаться от вертикального профиля концентрации электронов и использовать параметр ПЭС.

О появившихся на сегодняшний день возможностях измерения ПЭС плазмосферы речь пойдет далее.

В настоящее время в связи с развитием трансionoсферных методов зондирования среды появляются возможности для более полного описания верхней ионосферы путем использования данных измерений с геофизических (например, системы COSMIC, на борту КА которой установлены двухчастотные приемники сигналов СРНС GPS) и навигационных КА. Значения ПЭС, полученные при больших положительных углах места радиолуча и доступные по адресу в сети Интернет <http://cosmic-io.cosmic.ucar.edu>, обладают погрешностью измерений $2-3 \cdot 10^{16}$ эл./м², что соответствует погрешности определения ПЭС с помощью наземных двухчастотных приемников системы GPS.

Все это, а именно: глобальность, дешевизна, приемлемая точность, доступность экспериментальных данных – обуславливает перспективность данных методов диагностирования параметров среды, в частности ПЭС плазмосферы.

Так как выдвинутая гипотеза предполагает значительную погрешность восстановления вертикального профиля концентрации электронов полуэмпирическими моделями плазмосферы, то нами были приложены усилия по разработке новой полуэмпирической модели плазмосферы на основе имеющихся экспериментальных данных – модели справочного ПЭС плазмосферы.

Подробно структура модели, исходные данные, способы их обработки, выходные данные, а также возможности по применению модели описаны в работе [5].

Для разрешения проблемной ситуации путем разработки метода диагностики состояния ионосферы на основе обработки сигналов СРНС ГЛОНАСС/GPS и модели среды распространения сигналов СРНС выполним математическую постановку задачи исследования.

При этом исходными данными задачи будут являться:

– $\Phi_{\langle n \rangle} = \langle \varphi, \lambda, t \rangle$ – вектор, характеризующий пространственно-временные условия;

- $\Lambda_{\langle m \rangle} = \langle W, K_p \rangle$ – вектор, характеризующий гелиогеофизические условия среды;
- $\{F(\Phi_{\langle n \rangle}, \Lambda_{\langle m \rangle}; Y_{\langle k \rangle})\}$ – множество методов диагностики состояния ионосферы;
- $Y_{\langle k \rangle}^{\text{и}} = \langle N_e(h), f_0F2, \dots, k \rangle$ – вектор параметров ионосферы, полученный экспериментально;
- $\delta^{\text{зад}} = 10\%$ – априорно заданная максимальная погрешность определения параметра ионосферы.

Требуется найти такой метод диагностики состояния ионосферы $F^*(\Phi_{\langle n \rangle}, \Lambda_{\langle m \rangle}; Y_{\langle k \rangle})$, чтобы выполнялось условие:

$$F^*(\Phi_{\langle n \rangle}, \Lambda_{\langle m \rangle}; Y_{\langle k \rangle}) = \arg \min_{\text{ди}} \delta^*_{\text{ди}}(F(\Phi_{\langle n \rangle}, \Lambda_{\langle m \rangle}; Y_{\langle k \rangle})) \vee \delta^*_{\text{ди}}(\Delta Y_{\langle k \rangle}) \leq \delta^{\text{зад}} \times \{F(\Phi_{\langle n \rangle}, \Lambda_{\langle m \rangle}; Y_{\langle k \rangle})\},$$

где

$$\delta^*_{\text{ди}}(\Delta Y_{\langle k \rangle}^*) = Y_{\langle k \rangle}^{\text{и}}(F(\Phi_{\langle n \rangle}, \Lambda_{\langle m \rangle}; Y_{\langle k \rangle})) - \Delta Y_{\langle k \rangle}^*(\Phi_{\langle n \rangle}, \Lambda_{\langle m \rangle}; Y_{\langle k \rangle}^*).$$

Однако сложность решения задачи при данной постановке заключается в невозможности определения экстремума состояния метода диагностики состояния ионосферы путем взятия производной по какому-либо параметру.

Рассмотрим возможный подход к решению данной задачи.

Для уточнения структуры радиофизического метода диагностики состояния ионосферы был применен метод морфологического анализа [6], разработанный швейцарским астрофизиком Фрицем Цвикки. Пользуясь своим методом, он в 1943 г. синтезировал 575 вариантов ракетных двигателей, что помогло изобрести ему ряд реактивных и гидротурбо-реактивных двигателей, а также стать автором 50 патентов.

Морфологический анализ применяется в так называемых неформализуемых задачах, когда невозможно найти, например, экстремум состояния сложной системы.

Суть метода заключается в построении матрицы (таблицы, ящика), где перечислены все составляющие элементы объекта исследования и указаны все возможные варианты реализации этих элементов. Варьируя всеми известными вариантами реализации элементов объекта, можно получить самые неожиданные новые решения.

В нашем случае все возможные комбинации элементов структуры метода будут обязательно включать ту или иную модель плазмосферы, в том числе вновь разработанную (обозначена ТЕСpl).

В табл. 1 представлены элементы структуры типового радиофизического метода диагностики состояния ионосферы, а в табл. 2 – рассмотренные варианты комбинаций элементов данного метода.

Таблица 1

№ п/п	Параметры	Варианты параметров
1	2	3
1	Параметр, полученный экспериментально	1.1 ПЭС _{60-20 000}

Окончание табл. 1

1	2	3		
2	Способ получения модельного значения параметра	2.1 IRI + SMI	2.2 IRI + NeQuick	2.3 IRI + TECpl
3	Способ получения экспериментального значения параметра (измерения)	3.1 Карты ПЭС		3.2 ГЛОНАСС/GPS (ПЭС)

Таблица 2

№ п/п	Варианты структуры метода	
1	1. ПЭС _{60–20 000} ; 2.1 IRI+SMI	3.1 Карты ПЭС
2	1. ПЭС _{60–20 000} ; 2.2 IRI+NeQuick	3.1 Карты ПЭС
3	1.1 ПЭС _{60–20 000} ; 2.2 IRI+NeQuick	3.2 СРНС ГЛОНАСС/GPS (ПЭС)
4	1.1 ПЭС _{60–20 000} ; 2.3 IRI+TECpl	3.1 Карты ПЭС
5	1.1 ПЭС _{60–20 000} ; 2.3 IRI+TECpl	3.2 СРНС ГЛОНАСС/GPS (ПЭС)

Далее нужно выполнить анализ на предмет удовлетворения требованиям к информации о состоянии ионосферы всех рассмотренных комбинаций элементов метода (или синтезированных различных методов).

Оценивание качества радиофизического метода диагностики состояния ионосферы выполнялось с применением эталонных данных диагностики состояния ионосферы, полученных методом ВЗ, – значений концентрации электронов на высоте максимума ионизации слоя F_2 ионосферы.

Были выбраны спокойные гелиогеофизические условия ($W \in [0,50]$, ед., $Kp \in [0,3]$, ед.) марта и апреля 2007–2010 гг. и взяты данные измерений следующих станций ВЗ на территории Европы: Fairford (51,7° N, 1,5° W), San Vito (40,6° N, 17,8° W), Pruhonice (50,0° N, 14,6° W), Dourbes (50,1° N, 4,6° W), Rome (41,8° N, 12,5° W), Del'ebre (40,8° N, 0,3° W), Juliusruh/Rugen (54,6° N, 13,4° W).

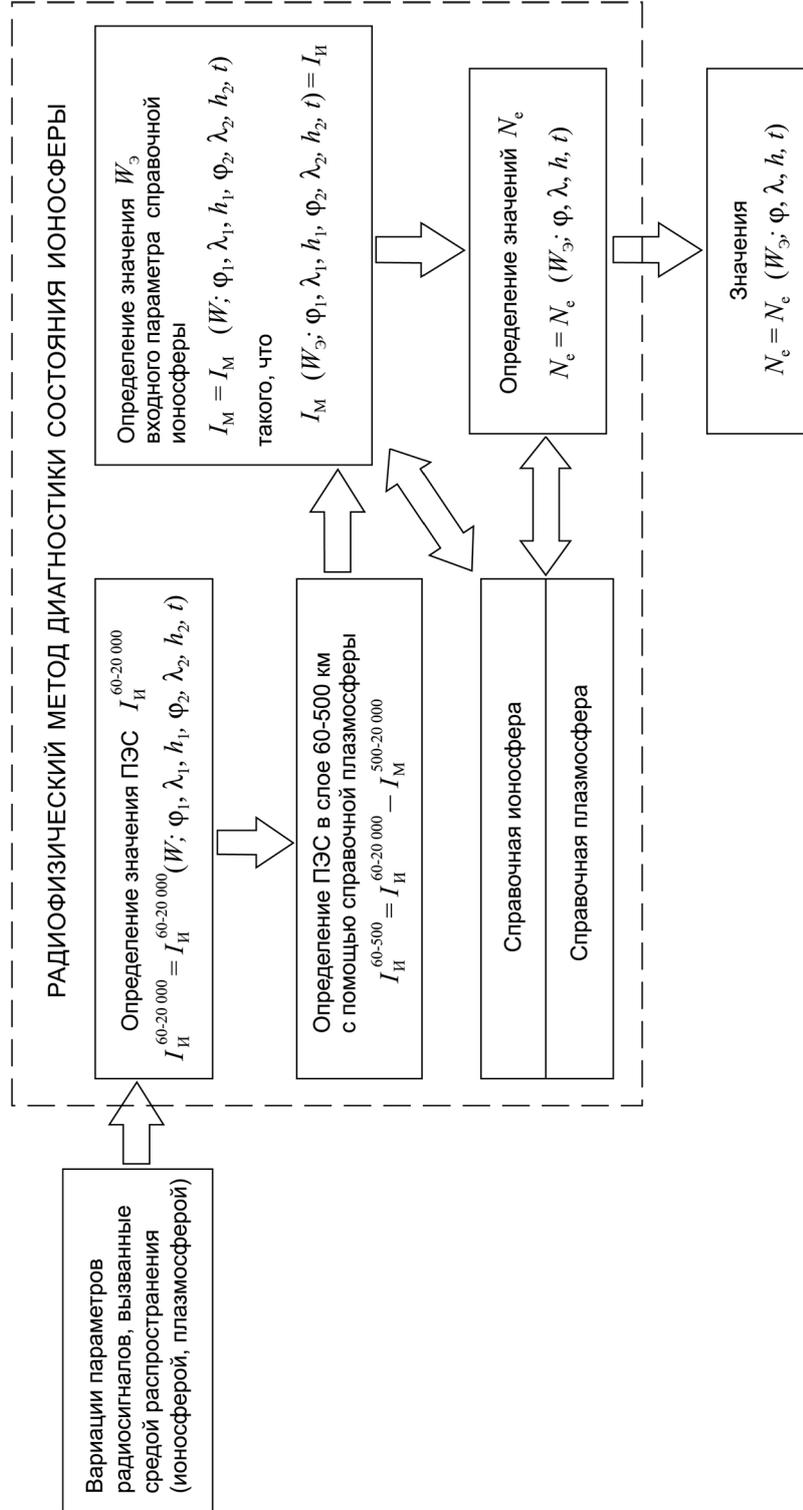
Объем выборки при эксперименте составил 65 измерений.

Из анализа результатов проверки разработанного метода видно, что он позволяет определять искомый параметр ионосферы с погрешностью, в среднем не превышающей 10 % относительной ошибки, в отличие от других методов.

Структура разработанного радиофизического метода диагностики состояния ионосферы представлена на рисунке.

Как видно, в данном методе при расчете экспериментального значения параметра совместно с данными регистрации сигналов СРНС ГЛОНАСС/GPS (слой 60–20 000 км) применяется справочная модель ПЭС плазмосферы (слой 500–20 000 км) для расчета ПЭС в слое 60–500 км. При этом при получении модельного значения параметра (также до высот 500 км) применяется модель IRI.

Данный прием позволяет отказаться от моделирования верхней части профиля концентрации электронов в ионосфере и плазмосфере и повысить за счет этого точность определения эффективного индекса солнечной



Структура радиофизического метода диагностики состояния ионосферы

активности, являющегося ключевым параметром радиофизического метода.

Анализ результатов оценивания качества диагностики состояния ионосферы позволяет сделать вывод о возможности применения разработанного радиофизического метода при ГФО КВ радиосвязи.

В заключение отметим следующее.

1. В целях более корректного описания состояния плазмосферы целесообразно использовать данные трансionoсферного зондирования с бортов НО КА путем приема и обработки сигналов СРНС ГЛОНАСС/GPS.

2. Применение разработанного радиофизического метода диагностики состояния ионосферы на основе обработки сигналов СРНС ГЛОНАСС/GPS и моделей справочных ионосферы IRI и ПЭС плазмосферы TECp1 позволяет повысить точность определения параметров ионосферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Троицкий Б. В., Ортиков М. Ю., Лобанов К. А., Власов А. А., Погорельцев А. И. Ионосферное обеспечение коротковолновой радиосвязи с использованием карт полного электронного содержания // Геомagnetизм и аэрoнoмия. – 2007. – Т. 47, № 3. – С. 413–418.
2. Ortikov M. Yu., Shemelov V. A., Shishigin I. V., Troitsky B. V. Ionospheric index of solar activity based on the data of measurements of the spacecraft signals characteristics // J. Atmos. and Terr. Phys. – 2003. – V. 165. – P. 1425–1430.
3. Полтавский О. С. Методы обеспечения КВ-трасс информацией о состоянии ионосферы: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Ростов н/Д., 2009.
4. Stankov S., Jakowski N., Heise S., Muhtarov P., Kutiev I., Warnant R. A new method for reconstruction of the vertical electron density distribution in the upper Ionosphere and Plasmasphere // – 2003. – V. 108. – P. 1164–1180.
5. Шемелов В. А., Лобанов К. А. Модель справочного полного электронного содержания плазмосферы // Ученые записки РГГМУ. – 2012. – № 25. – С. 68–79.
6. Zwicky F. Discovery Invention. Research Through the Morphological Approach. – McMillan, 1969.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

*А. С. Подчасский, Н. А. Козлова, кандидат технических наук
А. Н. Подковырин, К. А. Лобанов,
О. А. Сивак*

(Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского)

Различные опасные природные процессы и явления (ОППЯ) для территории России – не редкость. Для целых регионов страны характерны наводнения, сели, ураганы, снежные лавины, штормы, штормовые нагоны, смерчи, цунами. Они вызывают эрозионно-аккумулятивные процессы в речных долинах, размывы морских побережий и подводного берегового склона, обвалы, оползни и дефляцию [1, 2]. Каждому ОППЯ присущи свои особенности, характер поражений, объем и масштабы разрушений, число жертв. Ситуация усложняется, когда в одном районе возможно возникновение не одного ОППЯ, а целого комплекса как различных, так и связанных между собой явлений, когда одно из них ведет к развитию другого.

При проведении исследований в области комплексного мониторинга состояния окружающей природной среды при изучении факторов возникновения ОППЯ, генезиса, причин и механизмов ОППЯ, при учете их влияния на деятельность человека, при выработке оперативных рекомендаций, выборе и разработке методов прогнозирования важное место занимает формирование единой информационной среды, аккумулирующей информацию о процессах и явлениях, происходящих в атмосфере, гидросфере и околоземном космическом пространстве (ОКП).

В целях автоматизации процесса мониторинга ОППЯ вырабатываются специализированные показатели (идентификаторы) геофизических условий (ГФУ), благоприятных для возникновения ОППЯ. Для каждого ОППЯ формируется свой состав специализированных параметров. В зависимости от явления такие идентификаторы подразумевают использование прогностической информации, фактического материала и архивных данных. Однако проведенный анализ показал, что значительную долю геофизической информации, необходимой при создании автоматизированных систем мониторинга ОППЯ в глобальном масштабе, составляет информация о параметрах и величинах, не рассматриваемых ранее в целом. Кроме того, выяснилось, что имеющиеся

в настоящее время программные средства обработки геофизической информации не обладают возможностью работы с анализируемыми данными на предмет их комплексного оценивания. Следовательно, возникает необходимость разработки и практического использования системы комплексного мониторинга состояния окружающей природной среды (далее – Системы), способной выполнить такую функцию. Качество работы такой Системы напрямую зависит от информационной насыщенности сформированной базы данных идентификаторов ОППЯ [3–5].

Как пример объекта для Системы рассмотрим атмосферные барические образования: циклоны – тропические (ТЦ) и внетропические (ВТЦ) и антициклоны. С данными образованиями связано наличие в атмосфере облаков различных видов, что может явиться основой для подготовки исходных данных от систем дистанционного зондирования Земли.

Основная информация об облаках включает в себя:

- характеристику синоптического положения;
- пространственно-временные характеристики;
- микрофизические характеристики (водность, водозапас, фазовая структура);
- геометрические характеристики (высота верхней и нижней границ, толщина облачного слоя);
- скорость и направление перемещения облачности;
- температурные характеристики (температура на нижней и верхней границах, средняя температура облачного слоя);
- расслоенность облачных систем.

Детальность проводимого исследования требует наличия различного объема информации. Так, для регистрации и мониторинга перемещения барического образования ТЦ достаточно информации о скорости ветра, диаметре облачных образований, давлении в режиме реального времени. Однако детальный анализ ГФУ и выявление специализированных признаков (идентификаторов) ОППЯ предполагают необходимость получения десятков других параметров. В таблице представлена часть из идентификаторов, касающихся ТЦ.

Наименование параметра (величины)	Обозначение	Размерность	Требуемая точность измерения
1	2	3	4
Координаты зарождения ТЦ:			
– широта	φ	град	10–1
– долгота	λ	град	10–1
Размеры ТЦ в поперечнике	D	км	± 10
Размеры (диаметр) «глаза бури»	D_1	км	± 10
Направление перемещения ТЦ	d	град	± 10
Скорость перемещения ТЦ	v	км/ч	± 10
Температура водной поверхности	t	°С	± 1
Высота верхней границы облаков (ВВГО) вблизи (вокруг) «глаза бури»	H	км	± 1
Температура на верхней границе облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	t_1	°С	± 1
Ширина полосы облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	$L_{ш}$	км	± 10

Окончание

1	2	3	4
Высота ВГО за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	H_1	км	± 1
Температура на ВГО за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	t_2	°С	± 1
Фазовая структура облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	$\Phi_{(n)}$	Капельная, смешанная, кристаллическая	Необходимо определить все типы фазовой структуры облаков
Фазовая структура облаков за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	$\Phi'_{(n1)}$	То же	То же
Толщина (вертикальная протяженность) облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	ΔH	км	± 1
Толщина (вертикальная протяженность) облаков за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	ΔH_1	км	± 1
Наличие осадков из облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	ОС	Наличие Отсутствие	+ -
Наличие осадков за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	ОС ₁	Наличие Отсутствие	+ -
Интенсивность осадков из облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	I	мм/ч	1
Ширина (площадь) зоны осадков из облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	$L_{ш1}(S_1)$	км (км ²)	$L_{ш}$ (± 10 км)
Ширина (площадь) зоны осадков за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	$L_{ш2}(S_2)$	км (км ²)	$L_{ш}$ (± 10 км)
Атмосферное давление в центре ТЦ	P	гПа	10
Относительная влажность воздуха	f	%	± 10
Водность облаков вблизи (вокруг) «глаза бури»	q	г/м ³	$\pm 0,5$

На основании рассчитанных значений параметров формируются комплексные показатели оценки степени благоприятности ГФУ для возникновения ОППЯ.

Как было отмечено выше, национальные (с учетом международного обмена) системы мониторинга состояния окружающей природной среды в глобальном масштабе в значительной мере могут удовлетворить потребность Системы в ГФИ. Однако необходимы разработка оптимизированной структурной схемы информационного обмена между существующими подсистемами и дооснащение их перспективными приборами и аппаратурой. На современном этапе развития науки и техники можно говорить о том, что по многим параметрам приоритет в получении исходной информации целесообразно отдать космическим средствам ввиду их особенностей: глобальности обзора, оперативности получения данных контроля, наглядности и др.

На основе проведенного анализа в части обеспечения Системы необходимой информацией могут быть выделены следующие направления совершенствования измерительных систем:

- совершенствование и установка на КА аппаратуры, способной определять необходимые параметры и величины с требуемой точностью. В области наблюдений за барическими образованиями это в первую очередь относится к аппаратуре, осуществляющей измерение фазового состояния, влажности, концентрации ледяных частиц и капель, высоты верхней границы облаков и туманов, а также получение вертикальных профилей основных метеорологических элементов, температуры поверхности океана, информации о состоянии ледяного и снежного покрова, данных об аэрозольном составе атмосферы, содержании озона и т. п.;

- обеспечение глобальности наблюдений, измерений с периодичностью не менее двух раз в сутки в глобальном масштабе и до постоянного наблюдения на территории РФ на основе отечественной системы дистанционного зондирования Земли;

- использование аэрокосмической информации в целях картографирования сейсмодислокации, остаточных деформаций поверхности, возникающих в результате главного толчка землетрясения и способствующих таким вторичным нарушениям, как лавины и сели;

- совершенствование технологий совместного анализа данных, получаемых с систем наблюдений различного базирования, включая методики применения сочетаний аэро- и космических съемок при оценивании параметров ОПЛЯ в малодоступных районах (полярных, горных, пустынных, лесных) и морских акваториях;

- увеличение возможностей отечественных орбитальных группировок дистанционного зондирования Земли по распознаванию лесных пожаров;

- использование дистанционного метода зондирования состояния лесного горючего материала;

- расширение возможностей отечественной орбитальной группировки по регистрации гидрометеорологических процессов и явлений в ОКП как в количественном отношении, так и в отношении полноты измеряемых параметров;

- использование электромагнитного мониторинга литосферы;

- применение малоапертурных сейсмических антенн (МСА), в том числе двумерных МСА, при проведении стационарных сейсмологических наблюдений;

- разработка дистанционных систем контроля микросейсмического фона;

- развитие современных технологий прогнозирования метеорологических величин, характеризующих благоприятные условия для формирования лавин и селевых потоков (таких, как многомодельный метод среднесрочного прогнозирования метеорологических величин и синоптико-статистическая интерпретация результатов прогнозирования данного метода [6–7]);

- разработка методики применения индикатора-сигнализатора волн цунами в открытом океане в системе наблюдения за поверхностными гравитационными волнами;

– дальнейшее развитие и наращивание до оптимальной структуры наземных сетей автоматических сейсмических и гидрофизических (уровень моря) наблюдений и расширение зоны, охватываемой предупреждениями об угрозе цунами, на территорию Хабаровского края и Магаданской области;

– развертывание в Тихом океане и Японском море сети гидрофизических станций с донными датчиками в открытом океане для наблюдений за сейсмической обстановкой и уровнем океана для раннего и достоверного обнаружения цунами;

– развитие и внедрение в практику работы новых методов и технологий наземных дистанционных радиолокационных наблюдений за цунами;

– разработка технологий сопряжения программно-аппаратных комплексов систем наблюдений;

– другие.

В целом общие предложения по развитию геофизических систем наблюдений и измерений можно свести к следующему:

– обеспечение контроля состояния природной среды преимущественно национальными геофизическими системами наблюдений, измерений, базирующихся на отечественных технических средствах и отечественной элементной базе;

– обеспечение глобальности наблюдений, измерений с периодичностью не менее двух раз в сутки в глобальном масштабе и до постоянного наблюдения на территории РФ;

– повышение разрешающей способности технических средств наблюдений и измерений (до метров и секунд);

– развитие систем контроля в части освещения малодоступных районов (полярных, горных, пустынных, лесных) и морских акваторий.

В заключение отметим, что решение вопроса снижения экономических потерь и угроз человеческой деятельности от воздействий ОППЯ необходимо и возможно на основании разработки и внедрения системы комплексного мониторинга состояния окружающей природной среды. Для ее функционирования и получения всей необходимой информации о состоянии ГФУ важно обеспечить формирование единой информационной платформы и сопряжение со всеми существующими и перспективными измерительными системами и другими системами сбора, передачи, обработки и хранения данных о состоянии окружающей природной среды. Также необходимо обеспечить более тесное взаимодействие научных подразделений, занимающихся теоретическими и практическими разработками в рассматриваемой предметной области с организациями промышленности для скорейшего внедрения научных разработок в практику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Короткий А. М., Коробов В. В., Шорникова В. В., Скрыльник Г. П. Опасные природные процессы и их влияние на устойчивость геосистем (юг Дальнего Востока)//Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2005. – № 5. – С. 42–58.

2. Короткий А. М., Скрыльник Г. П. Катастрофические, экстремальные и типичные явления и процессы и их роль в развитии экзогенного рельефа Дальнего Востока // Экзогенное рельефообразование на Дальнем Востоке: сб. науч. ст./ АН СССР, Дальневост. науч. центр, Тихоокеан. ин-т географии. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985 – С. 5–15.
 3. Бунина Ю. Е., Лобанов К. А., Подковырин А. Н., Подчасский А. С. Макет программного комплекса регистрации стихийных бедствий и опасных природных явлений // Экология и космос: труды II Всерос. науч. конф. им. акад. К. Я. Кондратьева. – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2015. – С. 396–402.
 4. Бунина Ю. Е., Ефременко А. Н., Моисеева Н. О. Оценивание роли антропогенного фактора в генезисе стихийных бедствий и опасных природных явлений // Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли: тез. докл. III Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ОАО «Корпорация „ВНИИЭМ“», 2015. – С. 170–172.
 5. Лобанов К. А., Подковырин А. Н., Подчасский А. С. Результаты работы по созданию макета программного комплекса регистрации стихийных бедствий и опасных природных явлений // Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли: тез. докл. III Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ОАО «Корпорация „ВНИИЭМ“», 2015. – С. 184–185.
 6. Моисеева Н. О. Метод многомодельного среднесрочного прогнозирования полей метеорологических величин // Труды / Ин-т прикладной геофизики им. акад. Е. К. Фёдорова. – М., 2011. – Вып. 90. – С. 182–188.
 7. Кулешов Ю. В., Моисеева Н. О., Ременсон В. А., Удриш В. В. Автоматизированный метод типизации синоптических ситуаций для разработки вероятностных прогнозов опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений // Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды: сб. тр. III Всерос. науч. конф. – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2014.
-

МАКЕТ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

*А. С. Подчасский, Н. А. Козлова, кандидат технических наук
А. Н. Подковырин, кандидат географических наук
И. Д. Канарский, К. А. Лобанов*

(Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского)

Неблагоприятные гидрометеорологические условия (ГМУ) затрудняют использование по назначению технических средств (ТС) (авиация, водный транспорт, автомобильная техника и др.), вследствие чего для решения поставленных задач может потребоваться дополнительный расход материальных и временных ресурсов.

Заблаговременное определение типа ГМУ, отражающего специфику их влияния на то или иное ТС, позволяет уже на этапе планирования работ оценить и учесть эти условия: произвести выбор места, периода года, времени суток, скорректировать состав привлекаемых сил и средств.

В связи с изложенным выше целесообразно сформулировать комплексную информационно-расчетную задачу (КИРЗ), заключающуюся в оценивании эффективности применения технических средств в различных ГМУ.

Для решения поставленной комплексной задачи необходимо выполнить ряд частных подзадач:

- формирование базы данных обеспечиваемых ТС с соответствующими техническими характеристиками;
- классификация и типизация ГМУ по выбранным признакам;
- формирование типовых задач по применению ТС;
- определение гидрометеорологических параметров, влияющих на работу ТС, и их критических значений, определение соответствующих границ применения ТС по ГМУ;
- формирование базы данных гидрометеорологической информации (ГМИ);
- формирование исходных данных;
- получение значений показателей эффективности применения технических средств в различных ГМУ;
- разработка рекомендаций, необходимых для принятия управленческих решений.

Отметим, что перечисленные задачи целесообразно решать с использованием вычислительных и геоинформационных технологий. Кроме того, использование высокопроизводительных компьютерных систем позволяет постоянно совершенствовать и дополнять сформированные базы данных и подстраивать все необходимые комплексы показателей под новые задачи.

Так, КИРЗ оценивания эффективности применения ТС в различных ГМУ может быть решена с использованием макета программного комплекса (далее – макет ПК). Основные требования, предъявляемые к функциональному содержанию макета ПК, формируются следующим образом:

- глобальность и всеобъемлемость информации о ГМУ. Макет ПК должен учитывать весь комплекс влияющих на ТС факторов и отражать информацию в любой точке земного шара;

- оперативность и доступность. Получение значений показателей влияния ГМУ на ТС и их предоставление для принятия управленческих решений должны происходить в режиме реального времени. Информация для лица, принимающего управленческое решение, должна быть представлена в виде комплексных показателей, отражающих существо обеспечиваемого мероприятия или типа ТС и обеспечивающих возможность оперативного учета ГМУ на разных этапах планирования;

- точность и надежность. Полученные результаты вычислений должны объективно отражать сложившийся на данный момент времени тип ГМУ;

- специализация. Формируемая и представляемая макетом ПК информация по составу параметров и их показателям должна в наибольшей степени отражать специфику конкретных задач.

При планировании и проведении работ различного назначения используются прогнозы ГМУ различной заблаговременности. На данном этапе решение задачи оценивания эффективности применения ТС в различных ГМУ рассматривалось совместно с работой по повышению качества учета гидрометеорологических, метеорологических и геофизических условий при долгосрочном планировании, включающем использование высококачественной климатической информации как основы для долгосрочного прогнозирования ГМУ и исходных данных для разработки краткосрочных прогнозов ГМУ.

Большую ценность при прогнозировании ГМУ и планировании мероприятий с использованием ТС имеет специализированная информация, ориентированная на прикладные задачи. В отличие от общих климатических показателей (КП), описывающих режим отдельных метеорологических элементов (МЭ), специализированные КП отражают режим отдельных или комплексов МЭ, влияющих на решение конкретных задач в различных отраслях экономики и на эффективность функционирования различных ТС.

В прикладной климатологии КП классифицируются по направлениям их использования. Важно отметить, что внутри каждого направления использования КП характеризуются совокупностью показателей этого направления:

- климатология водного хозяйства (КП водоресурсов, водоснабжения, канализации и т. д.);

– строительная климатология (КП теплозащиты сооружений, систем вентиляции, кондиционирования, ветровых, гололедных, снеговых нагрузок на линии электропередач (ЛЭП), высоковольтные линии (ВЛ), высотные здания, долговечности сооружений);

– климатология энергетики, железнодорожного, авиационного, водного транспорта и т. д.;

– авиационная климатология (КП сложности погодных условий для каждого типа и образца летательных аппаратов, минимумов аэродрома, самолета (вертолета), летчика); показатели аэродрома в различные сезоны, периоды года и суток.

Специализированные показатели в отдельных случаях удается свести к одномерному комплексному показателю, отражающему степень связи ГМУ и решаемой задачи, но чаще приходится пользоваться комплексом показателей.

На этапе проектирования и программной реализации макета ПК для формирования и апробации методики расчета специализированных показателей была использована климатическая информация, представленная в виде климатических показателей, являющихся обобщающими характеристиками ряда многолетних геофизических измерений и наблюдений за элементами природной среды и различными природными явлениями.

В ходе работы был создан и реализован набор моделей влияния ГМУ на отдельные виды ТС на различных этапах выполнения ими типовых задач. Для каждого типа ГМУ были разработаны свои критерии эффективности применения ТС, а именно критические (предельные) границы значений гидрометеорологических параметров в трех градациях:

- а) благоприятные ГМУ;
- б) предельные ГМУ;
- в) неблагоприятные ГМУ.

В конечном виде передаваемая информация о прогнозируемых ГМУ для принятия управленческого решения подразумевает как отображение перечня специализированных показателей, так и формирование комплексных показателей эффективности применения ТС в ГМУ различной степени сложности, что в итоге позволит оперативно оценивать обстановку в гидрометеорологическом отношении и принимать обоснованные решения.

Пример выполнения задачи расчета комплексного показателя влияния ГМУ при планировании взлета/посадки среднемагистральных воздушных судов с использованием макета ПК в виде оконного интерфейса представлен на рисунке. На нем видно, что после завершения расчетов в центральной части окна заполняется таблица значений влияющих гидрометеорологических параметров с цветовой сигнализацией о попадании их в ту или иную градацию. В нижней части окна отображаются значение единого показателя эффективности и вывод по использованию выбранного ТС по назначению с соответствующей цветовой сигнализацией.

Макет ПК позволяет апробировать методики расчета показателей эффективности применения ТС в различных ГМУ в целях оказания помощи при принятии решения на планирование и применение данных

Сервис Настройки Инструменты Расчеты Модели Информация

Географический район
 Выбрать № станций 32389
 по координатам 32389
 по региону
 из списка
 карта/просмотр

Поиск станции: _____
 Статус: Приемные

Сезон/Время
 Зима Шаг 4 дни
 с 28.12.07 по 28.02.08

Сроки наблюдений, ч
 00 09 18
 03 12 21
 06 15

Выбор и анализ качества ГМД
 Просмотр N
 Приемление V
 Аэрология Ncl
 hs
 ff_850

Параметры ВВТ
 Вид (тип) ВВТ
 18. Самолет; среднее магистральное ВС, ночь (взлет, посадка)

	P=1,0 0-4, bal	M[x]	P=0,5 4-7, bal	M[x]	P=0,0 7-10, bal	M[x]
N	<10, m/s	2,66667	<10-25, m/s		>25, m/s	
ff	>10000, m		6000-10000, m		<6000, m	3666,67
V	0-4, bal		4-7, bal		7-10, bal	9
Ncl	>2500, m		1500-2500, m		<1500, m	333,333
hs	<15, m/s	8,21429	15-30, m/s		>30, m/s	
ff_850						

Расчет показателя >> 100% Предельные ГМУ! Применение по решению ЛПР

Выход: 0,565567

Пример выполнения задачи расчета комплексного показателя влияния ГМУ при планировании взлета/посадки среднемагистральных воздушных судов

средств с учетом ГМУ. Главным достоинством разработанного макета ПК является возможность оперативного оценивания эффективности использования любого технического средства в выбранном географическом районе с учетом влияния ГМУ, что в результате обеспечивает решение поставленной КИРЗ.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РАССЕЯНИЯ ТЕПЛЫХ ТУМАНОВ И СЛОИСТООБРАЗНОЙ ОБЛАЧНОСТИ В ИНТЕРЕСАХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА РОССИИ

Доктор технических наук А. П. Доронин, кандидат технических наук В. М. Петроченко, кандидат технических наук А. А. Свиначук, Н. А. Козлова, С. А. Шмалько

(Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского)

Существенное влияние туманов и облаков различных форм, включая и слоистообразную облачность, на деятельность ВМФ России обуславливает необходимость в разработке методов и средств, позволяющих устранить или в значительной мере снизить их отрицательное воздействие на функционирование военно-технических систем действия войск (сил). Наряду с совершенствованием образцов вооружения, военной и специальной техники, поступающей на флот, повышением качества гидрометеорологического обеспечения подразделений, частей и соединений ВМФ, созданием более совершенных видов технических средств сбора, анализа, обработки и доведения информации до потребителя в последние годы значительное внимание уделяется разработке и практическому внедрению методов и средств модифицирования (МОДИФ) туманов и облачности.

Практика работ по воздействию на облака и туманы показала, что различия в методах и средствах модифицирования атмосферных облачных образований указывают на необходимость их деления на «теплые» (наблюдаются при положительных значениях температуры воздуха) и «холодные» («переохлажденные») (наблюдаются при отрицательных значениях температуры воздуха). Поскольку в настоящее время наиболее решенной и практически реализуемой является проблема воздействия на «холодные» облака и туманы, ниже в таблице представлены результаты исследования, относящегося к современному состоянию разработки методов и средств модифицирования «теплых» атмосферных облачных образований.

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что к настоящему времени разработано значительное число способов, методов и технических средств модифицирования «теплых» слоистообразных облаков и туманов (ТСОТ). Вместе с тем следует отметить, что в интересах гидрометеорологического обеспечения деятельности ВМФ России могут быть использованы лишь те из них, которые прошли широкую экспериментальную проверку.

Способы, методы и средства модифицирования «теплых» слоистообразных облаков и туманов (ТСОГ)

Способы МОДИФ ТСОГ	1	2	3	4	5	6
Способы МОДИФ ТСОГ	Методы МОДИФ ТСОГ	Химические средства реализации МОДИФ ТСОГ	Технические средства реализации МОДИФ ТСОГ	Цель воздействия	Место реализации	
1. Тепловой	1.1. Пассивный метод	1.1.1. Авиационное топливо 1.1.2. Пропан	1.1.1.1. Горелки (система FIDO) 1.1.2.1. Горелки	1.1.1.1.1. Горелки (система FIDO) 1.1.2.1.1. Горелки	Рассеяние » »	Англия, авиабаза Ванденберг (США), аэропорт Орли (Франция), а/б Отис, Травис (США), авианосцы (США), Россия
2. Динамический	1.2. Активный метод	1.2.1. Авиационное топливо	1.2.1.1. ТРД различных типов, например С-141, ТМС-65Д	2.1.1.1. Вертолеты типа СН-47А, СН-3Е, СН-46, СН-3, СН-54, СН-1Д, СН-54В	»	США, (Юго-Восточная Азия)
	2.2. Компрессорный метод		2.2.1.1. Компрессор типа 15-N1	2.2.1.1.1. Компрессор типа 15-N1	»	США
	2.3. Вентиляторный метод		2.3.1.1. Стационарные вентиляторные установки с вертикальной трубой	2.3.1.1.1. Стационарные вентиляторные установки с вертикальной трубой	»	США
3. Химический	3.1. Метод гигроскопических веществ	3.1.1. Раствор хлорида натрия	3.1.1.1. Установка на самолете WC-130 3.1.1.2. Самоходный опылитель деревьев 3.1.1.3. Горизонтальная мачта с форсунками над землей 3.1.1.4. Легкие самолеты с распылителями	3.1.1.1. Установка на самолете WC-130	» » » »	Авиабаза МакКеллан (штат Калифорния) США США США

Продолжение					
1	2	3	4	5	6
			3.1.1.5. Установка для диспергирования гигроскопических реагентов с самолетов типа Ил-18, Ил-76	Рассеяние » » » » » » » » » » » » » » »	Россия
			3.1.1.6. Дождевальная установка		Россия, США
		3.1.2. Мочевина	3.1.2.1. Установка на самолете WC-130		США
			3.1.2.2. Самоходный опылитель деревьев		США
			3.1.2.3. Горизонтальная мачта с форунками над землей		США
			3.1.2.4. Легкие самолеты с распылителями		США
			3.1.2.5. Установка для диспергирования гигроскопических реагентов с самолетов Ил-18, Ил-76		Россия
			3.1.2.6. Дождевальная установка		Россия, США
		3.1.3. Глицерин	3.1.3.1. Самоходный опылитель деревьев		США
			3.1.3.2. Горизонтальная мачта с форунками над землей		США
			3.1.3.3. Легкие самолеты с распылителями		США
			3.1.3.4. Установка для диспергирования гигроскопических реагентов с самолетов Ил-18, Ил-76		Россия
			3.1.3.5. Дождевальная установка		Россия, США

1	2	3	4	5	6
		3.1.4. Раствор перхлората лития в ацетоне	3.1.4.1. Самоходный опылитель деревьев 3.1.4.2. Горизонтальная мачта с форсунками над землей 3.1.4.3. Легкие самолеты с распылителями 3.1.4.4. Установка для диспергирования гигроскопических реагентов с самолетов Ил-76, Ил-18 3.1.4.5. Дождевальная установка	Рассеяние » » » »	США США США Россия
		3.1.5. Раствор хлористого лития в смеси с ацетоном	3.1.5.1. Самоходный опылитель деревьев 3.1.5.2. Горизонтальная мачта с форсунками над землей 3.1.5.3. Легкие самолеты с распылителями 3.1.5.4. Установка для диспергирования гигроскопических реагентов с самолетов Ил-18, Ил-76 3.1.5.5. Дождевальная установка	» » » » »	Россия, США США США США Россия
	3.2. Метод ПАВ	3.2.1. Эмульсия на основе высокомолекулярного спирта	3.2.1.1. Самолетные установки для диспергирования ПАВ 3.2.1.2. Корабельные установки для диспергирования ПАВ	Уменьшение испарения с водной поверхности То же	Россия, США Панамский канал, США США

1	2	3	4	5	6
	3.2.2. Смесь гексадеканола и октадеканола	3.2.2.1. Самолетные установки для диспергирования ПАВ	Уменьшение испарения с водной поверхности	США, штат Оклахома	
	3.2.3. Раствор ПАВ в керосине	3.2.2.2. Корабельные установки для диспергирования ПАВ	То же	США	
	3.2.4. Раствор диметилдихлорсилициума	3.2.3.1. Корабельная установка для диспергирования ПАВ	»	»	Кольский п-ов, Россия
	3.2.5. Метиловый спирт	3.2.4.1. Самолетная установка для диспергирования ПАВ	Рассеяние	»	США
3.3. Сажевый метод	3.3.1. Сажа	3.2.5.1. Самолетная установка для диспергирования ПАВ	»	»	США
3.4. Метод пассивации ядер конденсации	3.4.1. Метиловый спирт в паробразном состоянии	3.3.1.1. Самолетная установка для диспергирования сажи (B-1)	Предотвращение образования ТСОТ	»	США, Россия
3.5. Метод экзотермической реакции	3.5.1. Мелкодисперсная негашеная известь	3.4.1.1. Наземные установки	То же	»	США, Россия
		3.4.1.2. Самолетные установки	Рассеяние	»	Польша
		3.5.1.1. Наземная установка	»	»	Польша
		3.5.1.2. Самолетная (вертолетная) установка			

1	2	3	4	5	6
4. Механический	4.1. Метод горячей воды 4.2. Метод крупных капель воды 4.3. Акустический метод 4.4. Метод капроновых сетей 4.5. Метод подрыва заряженных устройств	4.1.1. Горячая вода 4.2.1. Вода	4.1.1.1. Самолетные установки 4.1.1.2. Наземные установки (корабельные установки) 4.3.1.1. Сирены различных типов (наземные, корабельные) 4.4.1.1. Мелкозернистые капроновые сети 4.5.1.1. Снаряды различных типов	Рассеяние » » » » »	США, Россия США, Россия Россия США, Польша США, Япония США
5. Лазерный	5.1. Метод СВЧ-излучения 5.2. Метод ОКГ (лазер)		5.1.1.1. Квантовые генераторы СВЧ-диапазона 5.2.1.1. Оптический квантовый генератор	» »	США Франция, США
6. Электрический	6.1. Метод заряженных частиц 6.2. Метод сеток с заряженными коллекторами 6.3. Метод электростатической коагуляции 6.4. Метод заряженных мыльных пузырей	6.1.1. Вода, глицерин 6.3.1. Вода 6.4.1. Мыло	6.1.1.1. Специальный генератор (15 NI) на самолете В-26 6.1.1.2. Высотная труба для распыления ионизированных частиц 6.2.1.1. Сетка с коллекторами 6.2.1.2. Использование проволоки длиной несколько километров, поднятой над землей на высоту около 10 м 6.3.1.1. Бортовые установки на самолетах В-26, R5D (С-54) 6.3.1.2. Электродинамические пушки 6.4.1.1. Наземный генератор мыльных пузырей	» » » » » » » » »	США США США США США США США США США

Окончание					
1	2	3	4	5	6
7. Комбинированный	7.1. Тепловой и вентиляционный методы	7.1.1. Пропан	7.1.1.1. ТРД различных типов и вентиляторные установки	Рассеяние	США
		7.1.2. Авиационное топливо			
	7.2. Вертолетный метод и метод ГР	7.2.1. Мочевина, NaCl, CaCl ₂	7.2.1.1. Вертолеты различных типов	Создание	США, (Вьетнам)
	7.3. Электростатический метод и метод ГР			Рассеяние	Теоретическое обоснование применения метода
	7.4. Акустический и тепловой методы			»	То же
	7.5. Акустический метод и метод ГР			»	»
	7.6. Акустический метод и метод СВЧ-излучения			»	»
	7.7. Вентиляторный метод и метод ГР	7.7.1. Полиэлектролит, мочевины, NaCl, CaCl ₂	7.7.1.1. Вентиляторные установки различных типов	»	США
	7.8. Метод ввода воды или раствора ГР в струю реактивного двигателя	7.8.1. Вода, ГР (мочевина, NaCl, CaCl ₂)	7.8.1.1. ТМС-65Д	Создание	Россия

МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ФУНКЦИЙ ВЛИЯНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРИМЕНЕНИЕ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Кандидат технических наук А. Н. Ефременко,
кандидат технических наук Н. О. Моисеева, канди-
дат технических наук, доцент В. В. Черный,
О. А. Селиверстова*

(Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского)

Эффективность действий войск (сил) и применения технических систем, безопасность полетов авиации и мореплавания, выявление и оценка масштабов и последствий применения оружия существенно зависят от влияющих на них гидрометеорологических условий (ГМУ) [1].

При гидрометеорологическом обеспечении военно-морской деятельности учитываются ГМУ в районах плавания, по маршруту перехода или дальнего похода, в районах службы и работ, характеристики ледяного покрова (положение кромки и припая, толщина, сплоченность, торосистость и т. п.), распределения гидрофизических характеристик с глубиной, определяющие параметры слоя скачка плотности, подводного звукового канала (ПЗК) и дальности действия гидроакустических средств (ГАС), параметры ветрового волнения, характеристики приливов и течений [2].

Основными влияющими на военно-морскую деятельность параметрами ГМУ являются: туман, дымка, осадки и другие явления, ухудшающие видимость, данные о ледовой обстановке (положение кромки льда, сплоченность, торосистость, толщина льда и характеристики припая, наличие полыней, разводий, айсбергов, их размеры и осадка), ветровое волнение, облачность с высотой нижней границы ниже минимума, постоянные и переменные течения, сильный тягун, обледенение судов, цунами, экстремальные значения температуры воздуха и воды, критическая скорость ветра.

Своевременный и правильный учет ГМУ может существенно повысить параметры технических систем, а также эффективность их применения.

В настоящее время возможные результаты функционирования технических систем в различных условиях обстановки рассчитываются с помощью специальных методик, которые включают в себя зависимости показателей эффективности применения технических систем или отдельных их параметров от влияющих ГМУ [3].

В рамках такого подхода зависимости показателей эффективности применения технических систем или отдельных их параметров от ГМУ называются функциями влияния [3–5].

Для идентификации функций влияния применяются статистические и аналитические (численные) методы. Статистические методы основаны на сборе и обработке экспериментальных данных о влиянии ГМУ на применение технических систем в период летно-конструкторских испытаний, опытно-конструкторских работ, полигонных испытаний, учений и повседневной деятельности войск.

В общем виде функции влияния можно представить, как

$$K = f(V_i) \text{ или } D = f(V_j), \quad (1)$$

где K – показатель эффективности применения технической системы;

V_i – влияющие на эффективность применения технической системы параметры ГМУ;

D – отдельный показатель применения технической системы;

V_j – влияющие на отдельный показатель применения технической системы параметры ГМУ.

Предельно широко используются функции влияния следующего вида:

$$P = f(V), \quad (2)$$

где P – вероятность достижения цели применения технической системы;

V – влияющий параметр ГМУ.

Часто функция влияния описывается функцией вида 1, представленной на рис. 1, где по оси ординат отложена вероятность достижения цели применения технической системы P , а по оси абсцисс – значения влияющего параметра ГМУ V .

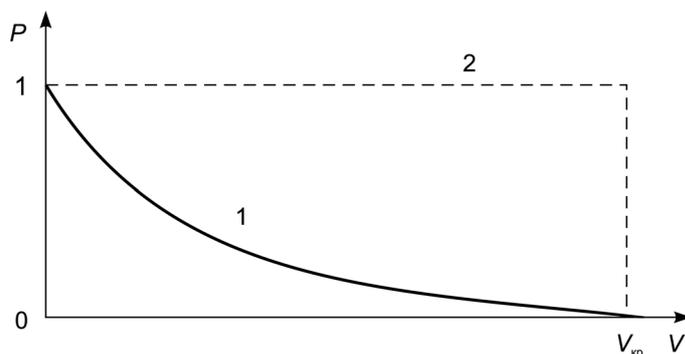


Рис. 1. Вид функции влияния

Однако из-за невозможности идентификации функции вида 1 она обычно заменяется функцией вида 2. В связи со сложностью нахождения вида функции влияния реальная зависимость заменяется ступенчатой, т. е. предполагается, что изменение параметра ГМУ включительно до его критического значения $V_{кр}$ не сказывается на эффективности применения технической системы. Считается, что как только значение этого параметра превысит $V_{кр}$, то действия системы становятся неэффектив-

ными (например, прицельное бомбометание невозможно из-за 10-балльной облачности).

Таким образом, такая функция влияния может принимать только два значения:

$$P = 1 \text{ при } V < V_{\text{кр}}; \quad P = 0 \text{ при } V > V_{\text{кр}}. \quad (3)$$

Функции влияния вида (3) широко используются при введении ограничений по ГМУ на применение различных технических систем. Например, в [6] представлены функции влияния такого типа в виде перечня опасных явлений погоды и критических значений метеорологических величин для авиации на аэродроме взлета (посадки) и в районе аэродрома (полетов), полигона, на маршруте полетов.

Для повышения эффективности применения технической системы желательно знать точные значения непрерывных функций влияния. Если таких функций нет, то путем обобщения репрезентативного статистического материала можно получить функции влияния вида, представленного на рис. 2.

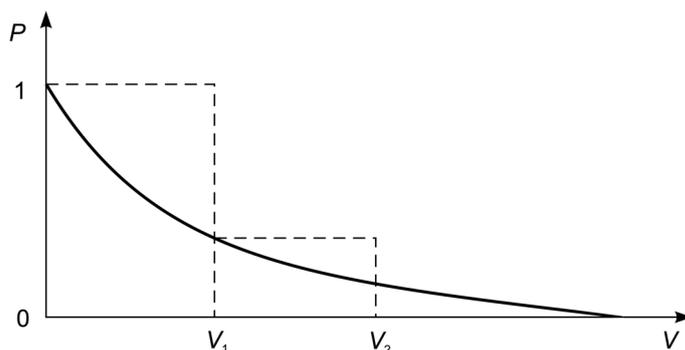


Рис. 2. Вид функции влияния

Определение критических значений параметров ГМУ V_1 и V_2 позволяет разбить весь диапазон влияющих ГМУ на три категории:

1) благоприятные ГМУ, при которых эффективность применения технической системы с учетом влияющих параметров близка к 100 %;

2) допустимые ГМУ, при которых эффективность применения технической системы с учетом влияющих параметров снижается на 30–70 %;

3) неблагоприятные ГМУ, при которых эффективность применения технической системы с учетом влияющих параметров снижается более чем на 70 %.

Аналитические методы идентификации функций влияния заключаются в построении и анализе численных моделей, описывающих применение технической системы или динамику ее отдельных показателей в зависимости от значений влияющих параметров ГМУ.

В качестве примера реализации аналитического подхода приведем выражение функции влияния, определяющей суммарные ветровые поте-

ри скорости надводного корабля в зависимости от его водоизмещения, высоты ветровых волн и курсового угла волнения [2]:

$$v_{w,h} = v_0 - (0,745h - 0,257hq) (1 - 1,35 \cdot 10^{-6} D \cdot v_0), \quad (4)$$

где $v_{w,h}$ – скорость корабля при ветре и волнении, уз;

v_0 – скорость корабля на тихой воде, уз;

h – высота волны, м;

q – курсовой угол корабля, радиан;

D – водоизмещение корабля, т.

В общем случае явный вид функции влияния чрезвычайно сложен и не всегда может быть выражен одной формулой. Например, для обоснования размеров отчуждаемых территорий и оптимизации районов падения фрагментов ракетно-космической техники (РКТ) применяются методики баллистических расчетов с использованием уравнений движения с учетом состояния плотных слоев атмосферы [7, 8]. Система уравнений движения фрагментов РКТ на этапе спуска в район падения имеет следующий вид:

$$\frac{dV}{dt} = g_0 \left(n_x - \frac{R^2}{r^2} \sin \theta \right); \quad (5)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{g_0}{V} \left[n_y - \frac{R^2}{r^2} \left(1 - \frac{V^2}{V_{\text{кр}}^2} \right) \cos \theta \right]; \quad (6)$$

$$\frac{dr}{dt} = V \sin \theta; \quad (7)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{V \cos \theta}{r}; \quad (8)$$

$$\frac{d\lambda}{dt} = -\frac{V}{r} (\varnothing + \lambda \sin \theta); \quad (9)$$

$$n_y = n_z = 0; \quad (10)$$

$$n_x = \frac{C \frac{\rho M^2}{2}}{G_{cm} / S_m}, \quad (11)$$

где V, θ, \varnothing – модуль вектора скорости фрагмента РКТ и углы его ориентации относительно плоскости местного горизонта и плоскости движения;

$R = 6371$ км – средний радиус Земли;

ρ – плотность стандартной атмосферы, определяемая как функция высоты $H = r - R$;

r, φ, λ – радиус-вектор и координаты фрагмента РКТ;

C – эффективный коэффициент лобового сопротивления;

G_{cm} – вес фрагмента РКТ;

S_m – площадь его миделева сечения.

Таким образом, идентификация функций влияния является важной и в то же время сложной задачей, направленной на повышение эффектив-

ности применения технических систем. Успешное решение этой задачи возможно в результате совместных усилий специалистов гидрометеорологической службы, операторов штабов, командиров и разработчиков технических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Положение о Гидрометеорологической службе Вооруженных Сил Российской Федерации: приложение к приказу МО РФ № 136 от 1998 г.
 2. Абузьяров А. К., Ишамраев Ю. И. Морские гидрологические информации и прогнозы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1994.
 3. Петухов Г. Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Ч. 1. Методология, методы, модели. – М.: МО СССР, 1989.
 4. Абчук В. А., Емельянов Л. А., Матвейчук Ф. А., Суздаль В. Г. Введение в теорию выработки решений. – М.: МО СССР, 1972.
 5. Жуковский Е. Е., Чудновский А. Ф. Методы оптимального использования метеорологической информации при принятии решений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978.
 6. Наставление по метеорологической службе авиации Вооруженных Сил Российской Федерации. – М.: МО РФ, 2014.
 7. Баллистическое проектирование систем космических аппаратов: учеб. пособие/ С. А. Власов, А. В. Кульвиц, И. Ю. Кубасов, Д. А. Мосин. – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2007.
 8. Елисейкин С. А., Ширшов Н. В. Некоторые вопросы учета параметров атмосферы при расчете районов падения отделяющихся частей ракет-носителей // Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды: сб. тр. III Всерос. науч. конф. – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2014. – Т. 1. – С. 155–159.
-

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕЗОМАСШТАБНОГО
ПРОГНОЗА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В
ИНТЕРЕСАХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Кандидат технических наук А. Н. Ефременко, кандидат технических наук Н. О. Моисеева, кандидат технических наук В. В. Черный, Е. С. Дыхненко

(Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского)

Создание программно-технического комплекса гидрометеорологического обеспечения (ПТК ГМО) потребителя, интегрированного с внутриведомственными системами, способно внести существенный вклад в решение задач ГМО Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ). Комплекс предназначен для ГМО деятельности ВС РФ в различных регионах земного шара. Автоматизация процесса ГМО в части накопления архива функций влияния гидрометеорологических условий (ГМУ) на функционирование образцов технических средств ВС РФ и разработки рекомендаций по учету фактических и прогностических ГМУ при их применении является одним из приоритетных направлений в области совершенствования ГМО безопасности РФ [1].

Применение ПТК ГМО определяется необходимостью решения задач ГМО ВС РФ, которые требуют обеспечения потребителей фактической, прогностической и климатической информацией о ГМУ в районах решения конкретных задач.

В основе ПТК ГМО лежит реализация технологии мезомасштабного гидродинамического прогнозирования полей параметров атмосферы.

Применение ПТК ГМО позволяет решать ряд следующих задач [2]:

- получение исходной информации для гидродинамического прогнозирования;
- контроль информации, поступающей от мировых метеорологических центров (ММЦ);
- моделирование процессов в атмосфере, почве и океане;
- прогнозирование метеорологических величин и опасных явлений погоды на основе интерпретации результатов гидродинамического прогнозирования;
- расчет специализированных прогностических и климатических показателей ГМУ;

- определение функций влияния ГМУ на применение технических средств ВС РФ;
- архивирование и хранение фактической и прогностической ГМИ, специализированных показателей ГМУ;
- сравнение текущих и граничных значений показателей влияющих ГМУ;
- архивирование и хранение функций влияния ГМУ на применение технических средств ВС РФ;
- комплексирование результатов сравнения и разработка рекомендаций по учету прогнозируемых или фактических ГМУ при планировании деятельности подразделений ВС РФ и управлении ими [2];
- визуализация и документирование результатов работы подсистем ПТК ГМО;
- передача специализированной ГМИ и рекомендаций по учету ГМУ при принятии управленческих решений.

При разработке ПТК ГМО необходимо учитывать, что Гидрометеорологическая служба ВС РФ решает задачи не только ГМО, но и геофизического обеспечения (ГФО) деятельности подразделений ВС РФ.

Фактическая и прогностическая геофизическая информация (ГФИ) поступает в геофизические подразделения космических войск (КВ) из Института прикладной геофизики (ИПГ) имени академика Е. К. Фёдорова и представляет собой данные, собираемые по сети отечественных и зарубежных солнечных обсерваторий, магнитометрических станций и станций ионосферного зондирования.

Поэтому ПТК ГМО должен обеспечивать (дополнительно к вышеописанному) решение следующих задач:

- сбор, накопление и хранение гелиогеофизических данных;
- контроль, обработка и отображение ГФИ;
- оценивание фактических и прогностических ГФУ применения орбитальных и наземных средств КВ, разработка рекомендаций по применению радиотехнических средств и управлению орбитальными группировками космических аппаратов;
- доведение геофизических условий (ГФУ) и рекомендаций по их учету должностным лицам органов управления КВ и других заинтересованных потребителей ВС РФ.

Организация процессов, обеспечивающих достижение целей функционирования ПТК ГМО, предполагает обязательное включение в его состав следующих подсистем (блоков):

- подсистема приема первичной ГМИ;
- подсистемы усвоения данных;
- подсистема обработки и анализа ГМИ;
- подсистемы моделирования процессов в атмосфере, почве и океане;
- подсистема физико-статистической интерпретации результатов гидродинамического прогнозирования;
- подсистема адаптации методов прогнозирования;
- подсистема верификации разрабатываемых прогнозов;
- подсистема разработки рекомендаций по учету ГМУ при принятии потребителем управленческих решений;
- подсистема архивирования;

- подсистема визуализации и документирования информации;
- подсистема передачи фактической и прогностической специализированной ГМУ и рекомендаций потребителю.

Рассмотрим перечисленные подсистемы.

Подсистема приема первичной ГМИ предназначена для получения цифровой ГМИ, передаваемой по каналам спутниковой системы связи, Глобальной системы телесвязи Всемирной метеорологической организации и Автоматизированной системы передачи данных Росгидромета, для приема исходной ГМИ от наблюдательных гидрометеорологических систем различных ведомств РФ и других асиноптических данных наблюдений.

Подсистема усвоения данных предполагает выполнение следующих функций:

- сортировка принятой ГМИ по типам сообщений и сводок;
- сохранение принимаемых сводок в базе данных;
- раскодирование принимаемых сводок;
- контроль качества раскодированных значений гидрометеорологических величин и сохранение значений гидрометеорологических величин в базе данных первичной ГМИ. Должны обеспечиваться следующие виды контроля: синтаксический контроль, контроль правдоподобия (проверки на предельные значения), непротиворечивости (проверки на согласованность), вертикальный контроль, горизонтальный контроль;
- передача раскодированной вторичной ГМИ из кодов GRIB, GRIB-2, BUFR и первичной ГМИ, прошедшей процедуру контроля, запрашивающим подсистемам.

Выходная информация в виде скорректированных (при необходимости) значений метеорологических величин и соответствующих значений показателей качества сохраняется в базе данных первичной ГМИ.

Подсистема обработки и анализа ГМИ предназначена для аппроксимации полей различных гидрометеорологических параметров и представления их в форме, удобной для последующей дальнейшей обработки и гидродинамического прогнозирования. Подсистема предполагает выполнение следующих функций:

- получение исходной информации для гидродинамического прогнозирования;
- контроль информации, поступающей от Росгидромета и ММЦ;
- интерполяция и аппроксимация гидрометеорологических полей в узлы регулярной сетки;
- подготовка начальных условий для функционирования гидродинамической модели атмосферы [2–4].

Подсистема предназначена для получения прогностических полей гидрометеорологических величин. Функция ПТК ГМО, реализующая задачу этой подсистемы, – интегрирование мезомасштабной модели атмосферы [3–5].

Выходная информация в виде прогностических полей гидрометеорологических величин и соответствующих значений показателей успешности прогнозов должна сохраняться в базе данных прогностической ГМИ и передаваться в ПТК для дальнейшей интерпретации результатов

гидродинамического прогнозирования в целях обеспечения специализированной ГМИ потребителя.

Подсистема интерпретации результатов гидродинамического прогнозирования предназначена для разработки специализированной ГМИ (реализует функции разработки прогноза конкретного явления или гидрометеорологической величины, оказывающих влияние на эффективность применения технических средств ВС РФ) и для пополнения архива прогностической ГМИ.

Подсистема адаптации методов прогнозирования предназначена для реализации следующих функций:

- оценивание качества методов прогнозирования, реализованных в ПТК ГМО;
- уточнение параметров ряда физико-статистических методов прогнозирования гидрометеорологических величин и явлений;
- выдача рекомендаций о предпочтительности методов прогнозирования одного и того же явления погоды или гидрометеорологической величины.

Возможность повышения качества метода прогнозирования в результате адаптации обусловлена следующими факторами:

- влияние местных физико-географических и климатических условий конкретного района на характер процессов, протекающих в атмосфере;
- увеличение объема статистической выборки, на базе которой применяется решающее правило.

Подсистема верификации разрабатываемых прогнозов предназначена для оценивания успешности прогнозов полей метеорологических величин в полном объеме в соответствии с Методическими указаниями по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов [6].

Подсистема разработки рекомендаций по учету ГМУ при принятии управленческих решений предполагает выполнение ПТК ГМО следующих функций:

- определение и архивирование функций влияния ГМУ на функционирование технических средств ВС РФ (в том числе в виде их граничных значений);
- расчет фактических значений специализированных показателей ГМУ;
- сравнение текущих и граничных значений показателей влияющих ГМУ;
- комплексирование результатов сравнения и разработка рекомендаций по учету прогнозируемых или фактических ГМУ при планировании деятельности подразделений ВС РФ и управлении ими.

Подсистема визуализации и документирования информации предназначена:

- для отображения и документирования результатов работы подсистемы приема первичной ГМИ, подсистемы моделирования процессов в атмосфере, почве и океане, подсистемы интерпретации результатов гидродинамического прогнозирования и подсистемы разработки рекомендаций по учету ГМУ при принятии решений на применение технических средств ВС РФ;

– обеспечения взаимодействия с пользователем при решении задач сбора, усвоения, обработки и передачи ГМИ.

Следующая подсистема предназначена для передачи фактической и прогностической специализированной ГМИ и рекомендаций потребителю в виде, удобном для принятия решений на применение технических средств ВС РФ.

На рисунке представлена структурно-функциональная схема ПТК ГМО потребителя, реализуемая на основе межведомственного взаимодействия.

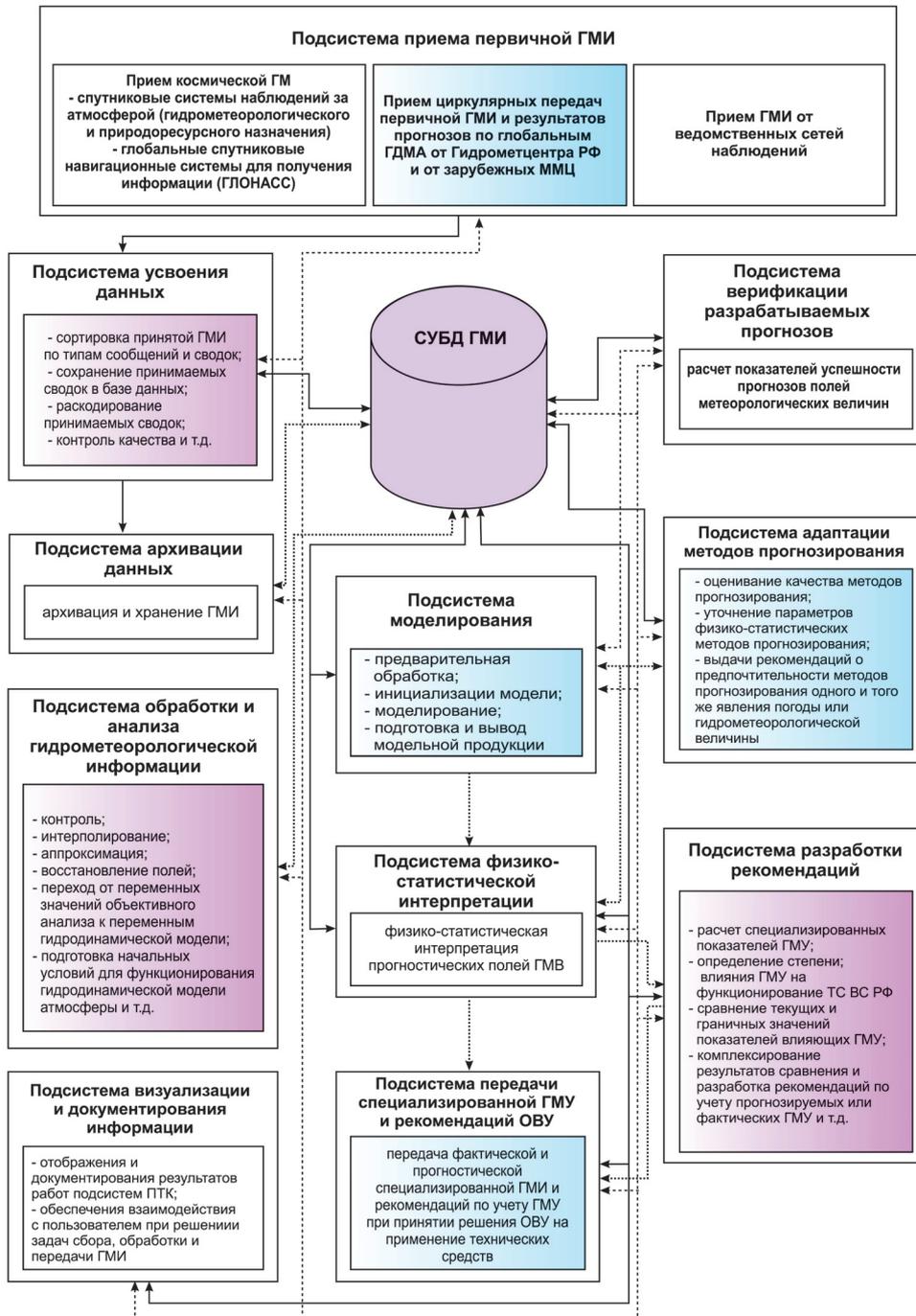
Для удовлетворения требованиям к ГМИ в условиях ограниченности поступления исходной гидрометеорологической информации от ММЦ ПТК ГМО должен создаваться на базе ВС РФ и иметь возможность реализовать технологии мезомасштабного гидродинамического прогнозирования, получения специализированной ГМИ и, собственно, разработки рекомендаций по учету ГМУ и передачи их потребителям.

В ситуации ограничения поступления информации предполагается получение асиноптической ГМИ от различных технических систем ВС РФ неметеорологического назначения, спутниковой и радиолокационной информации, которая должна быть включена в систему ассимиляции данных наблюдений с использованием в качестве первого приближения климатических полей [7–9]. Также необходимо использовать технологию «горячего запуска» прогностической модели. В этом случае в качестве первого приближения начальных полей будут использоваться собственные прогностические поля, скорректированные системой ассимиляции, согласно полученным синоптическим и асиноптическим данным. В самом крайнем случае в качестве исходной информации могут быть использованы поля давления (или геопотенциала) на разных высотах. По этим полям могут быть рассчитаны поля температуры и скорости ветра.

Таким образом, создание подобного ПТК ГМО, основанного на принципах межведомственного обмена информацией и применения современных высокопроизводительных вычислительных систем в рамках ГМС ВС РФ, позволит решить комплекс задач по оперативному обеспечению войск фактической и прогностической (с заблаговременностью до 7–10 сут) детализированной информацией о ГМУ в районах их дислокации и рекомендациями по учету ГМУ при применении технических средств ВС РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 50-680-88. Методические указания. Автоматизированные системы. Основные положения: введ. 1990-01-01. – М., 1989.
2. Девяткин А. М., Моисеева Н. О., Ременсон В. А., Удриш В. В. Современные технологии численного прогнозирования барических полей в интересах метеорологического обеспечения планирования действий войск (сил) // Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды: сб. тр. III Всероссийской науч. конф. – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2014. – С. 102–114.
3. Лосев М. Региональная гидродинамическая модель Гидрометцентра России // 80 лет Гидрометцентру России: сб. ст. – М.: «Триада ЛТД», 2010. – С. 36–58.
4. Вильфанд Р. М. Технологии метеорологического прогнозирования в Российской Федерации: состояние и перспективы // VII Всерос. метеорологич. съезд, 7–9 июля 2014 г., Санкт-Петербург: сб. тез. докл. – СПб., 2014. – С. 8–9.



Структурно-функциональная схема ПТК ГМО потребителя

5. Прессма Я. Негидростатическая модель локального прогноза погоды Гидрометцентра России // 80 лет Гидрометцентру России: сб. ст. – М.: «Триада ЛТД», 2010. – С. 59–81.

6. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов: утв. Ком. гидрометеорологии при Каб. министров СССР 25.01.1991; введ. 1992-01-01. – М., 1991. – 149 с.

7. Kovalets I. Introduction of data assimilation techniques in the meteorological preprocessor of the RODOS system: final report/ EUROATOM grant № FIKR- CT-2002-50024. – 2003.

8. Kovalets I. Introduction of data assimilation procedures in the meteorological preprocessor of atmospheric dispersion models used in emergency response systems // Atmospheric Environment. – 2004. – Vol. 38/3. – P. 457–467.

9. Цырульников М. Д. Развитие технологий усвоения данных наблюдений для задач численного прогноза погоды // VII Всерос. метеорологич. съезд, 7–9 июля 2014 г., Санкт-Петербург: сб. тез. докл. – СПб., 2014. – С. 20.

РЕШЕНИЕ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА
ДО 2030 ГОДА»

г. Санкт-Петербург

5–7 апреля 2016 г.

Конференция организована и проведена Управлением навигации и океанографии (УНиО) Министерства обороны Российской Федерации (МО РФ). В работе приняли участие 115 специалистов из 23 научно-исследовательских, проектных, образовательных, производственных и общественных организаций, в числе которых: Арктическая академия наук, 24 Научно-исследовательский институт МО РФ, Государственный университет морского и речного флота (ГУМРФ) имени адмирала С. О. Макарова, Военный учебно-научный центр ВМФ «Военно-морская академия имени Н. Г. Кузнецова», Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (ФГБУ «ВНИИГМИ–МЦД»), Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «АНИИ»), АО «Научно-технический центр современных навигационных технологий (НТЦ) „Интернавигация“», АО «Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт», ОО «Гидрографическое общество», ООО «Фертоинг», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет», ЗАО «Аквамарин», ЗАО «Конструкторское бюро навигационных систем (КБ НАВИС)», ОАО «Научно-производственное предприятие „Радиосвязь“», филиал ОАО «Объединенная ракетно-космическая корпорация „Научно-исследовательский институт космического приборостроения“», АО «Научно-исследовательский институт гидросвязи „Штиль“», ООО «Лазинтех», АО «Научно-техническое предприятие „Нави-Далс“», АО «Научно-исследовательский институт точных приборов», Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского, Федеральное казенное учреждение «280 Центральное картографическое производство ВМФ» (ФКУ «280 ЦКП ВМФ»), 460 Центр дальней радионавигации ВМФ.

В составе участников: 1 академик Российской академии естественных наук, 7 докторов наук, 32 кандидата наук. Заслушано 7 пленарных и 33 секционных доклада.

С пленарными докладами выступили:

– от УНиО МО РФ – заместитель начальника управления капитан 1 ранга О. Д. Осипов и начальник океанографического отдела капитан 1 ранга Л. Г. Шальнов;

– ФГБУ «ВНИИГМИ–МЦД» – начальник Центра океанографических данных Н. Н. Михайлов;

– ФГБУ «АНИИ» – начальник Высокоширотной арктической экспедиции В. Т. Соколов;

– АО «НТЦ „Интернавигация“» – заместитель генерального директора В. Н. Редкозубов и начальник службы контроля качества, эксперт по международной стандартизации М. А. Афанасьева;

– ФКУ «280 ЦКП ВМФ» – редактор морских карт, кандидат технических наук, доцент С. П. Буртный;

– ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова – доцент кафедры гидрографии моря, кандидат технических наук, доцент А. О. Леонов.

В пленарных докладах были рассмотрены современное состояние и задачи, стоящие перед Гидрографической службой (ГС) ВМФ, тенденции развития основных направлений деятельности ГС ВМФ:

– производство гидрографических, морских геофизических, океанографических и гидрометеорологических исследований и работ;

– навигационное оборудование морей;

– нормативно-правовое и нормативно-техническое регулирование в сфере деятельности, подготовка кадров.

На секции «Перспективы развития методов и средств гидрографических и морских геофизических исследований» заслушаны 6 докладов, которые были посвящены вопросам современного состояния и развития технических средств гидрографических и морских геофизических исследований, перспективам использования авиационных лазерных батиметрических систем для съемки рельефа дна, методам оценки сходства картографических изображений рельефа дна для определения заносимости акваторий, обучения и патриотического воспитания студентов в период учебных практик при проведении морских экспедиционных исследований, методам использования данных многоспектральной и гиперспектральной съемки в интересах навигационно-гидрографического обеспечения.

Секция отметила наличие значительного отставания отечественной научно-технической и производственно-технической базы в сфере разработки и производства современных гидрографических комплексов и систем на базе однолучевых и многолучевых эхолотов, средств функциональных дополнений к указанным комплексам и системам, комплексов и систем измерения параметров геофизических полей (средств измерения параметров магнитного поля Земли).

Также были отмечены объективные сложности в открытии перспективных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области методов и средств выполнения гидрографических и морских геофизических исследований и работ.

Вместе с тем секция отметила существенный прогресс в отдельных направлениях развития отечественной производственно-технологической базы гидрографических и морских геофизических исследований и работ, в том числе разработку, серийное производство и поставку в подразделения ГС ВМФ:

- комплексов гидролокационной съемки «Неман ГБОЭ»;
- модернизированного гравиметрического комплекса «Попугай» в составе гравиметрического комплекса «Попугай ГК» и комплекса камеральной обработки «Попугай КО»;
- программно-аппаратного комплекса сбора, обработки и анализа гравиметрической информации «Ракурс-4».

Кроме того, секция отметила наличие и необходимость дальнейшей проработки научно-технических заделов научно-исследовательских и научно-производственных учреждений и организаций и предприятий в сфере методов и средств гидрографических и морских геофизических исследований и работ, специализированных программных средств обработки материалов, интерпретации и отображения результатов, создания конечных продуктов.

На секции «Перспективы развития методов и средств океанографических и гидрометеорологических исследований» заслушано 10 докладов, которые были посвящены вопросам современного состояния и перспективам развития единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане, а также оперативной океанологии в целях обеспечения ВМФ, тенденциям развития гидрометеорологического обеспечения вмс зарубежных стран, разработке информационно-справочных систем и моделей гидрофизических полей Мирового океана.

По рассматриваемым вопросам участники конференции пришли к единому мнению о необходимости использования имеющегося научного потенциала различных научно-исследовательских организаций в интересах создания системы оперативной океанологии ВМФ, подчеркнув отсутствие в научной среде единого подхода к созданию моделей гидрофизических параметров океанов и морей. Было отмечено, что ВМФ является основным потребителем информационных ресурсов ЕСИМО.

На секции «Перспективы развития системы навигационного оборудования» заслушано 11 докладов по вопросам современного состояния и основным направлениям развития зрительных, радиотехнических, спутниковых и гидроакустических средств навигационного оборудования, подходов к реализации технологии e-Navigation в Российской Федерации.

Секция отметила, что основным средством позиционирования в настоящее время является СНС ГЛОНАСС, при этом радиотехнические средства навигационного оборудования необходимо рассматривать как резервные. Важными являются вопросы совершенствования нормативно-технической документации по вопросам эксплуатации средств навигационного оборудования.

На секции «Создание единого геоинформационного пространства Мирового океана» заслушано 6 докладов по вопросам подходов к

созданию единой информационной модели геопространственных данных о Мировом океане, модернизации общеземной геодезической системы координат и перехода в 2017 г. на систему координат ПЗ-90.11.

Секция отметила своевременность и правильность подходов к модернизации ФКУ «280 ЦКП ВМФ», которое в дальнейшем должно стать ядром геоинформационного пространства морской деятельности, а также определила проблемные вопросы, связанные с переходом от системы координат СК-42 к системе координат ПЗ-90.11.

Конференция отмечает актуальность рассматриваемых направлений, несовершенство нормативно-правовой и нормативно-технической основы функционирования ГС ВМФ. В настоящее время существует значительное отставание отечественной научно-технической и производственно-технической базы в сфере разработки и производства современных гидрографических комплексов и систем на базе односторонних и многосторонних эхолотов, средств функциональных дополнений к указанным комплексам и системам, комплексов и систем измерения параметров геофизических полей. Конференция отмечает актуальность и необходимость активизации работ по созданию инфраструктуры морских пространственных данных, необходимость дальнейшей проработки научно-технических заделов научно-исследовательских и научно-производственных учреждений и организаций и предприятий в сфере создания, взаимного преобразования и использования информационных моделей геопространственных данных, необходимость интенсификации разработки отечественного специализированного программного обеспечения на уровне зарубежных аналогов.

Конференция рекомендует:

- продолжить дальнейшее развитие военной подсистемы ЕСИМО;
- продолжить работу по созданию системы оперативной океанологии ВМФ;
- организовать работу по стандартизации основных вопросов эксплуатации действующих и разрабатываемых перспективных образцов зрительных и радиотехнических СНО;
- приступить к апробации технологий e-Navigation;
- придать фондам геоинформационных ресурсов ВМФ статус Государственного базового информационного ресурса;
- УНиО МО РФ проработать возможность использования (опытной эксплуатации, внедрения в производственный процесс) научно-технических и производственно-технологических заделов, как реализованных, так и находящихся в стадии разработки, в сфере создания, взаимного преобразования и использования информационных моделей геопространственных данных;
- приложить максимум усилий к успешному завершению ОКР «Модернизация»;
- в кратчайший срок приступить к серьезному кадровому обновлению и переподготовке специалистов ФКУ «280 ЦКП ВМФ».

Редакторы: *М. Ю. Коньшев, А. В. Харламов*
Технический редактор *Е. В. Тимофеева*
Литературный редактор *Е. В. Губанова*
Компьютерная верстка *К. Е. Лопатиной*
Компьютерная графика *Н. Е. Лоскутовой*

Сдано в производство 13.03.2017. Формат 70×108¹/₁₆. Подписано в печать 13.03.2017.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать термостатическая.
Усл. печ. л. 8,05. Тираж 200 экз. Изд. № 146. Заказ 238.

Подготовлено к изданию и отпечатано в ФКУ «280 ЦКП ВМФ»
191167, Санкт-Петербург, ул. Атаманская, 4

