Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

(РОСГИДРОМЕТ)

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ – МИРОВОЙ ЦЕНТР ДАННЫХ»
(ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”)

УДК 551.46.09
Рег. № НИТР АААА-А20-120062690050-3
Рег. №

УТВЕРЖДАЮ
Врио директора ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»,
канд. техн. наук
_____ В.М. Шаймарданов
«___» _____ 2023 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Совершенствование методов, средств и технологий функционирования Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (включая технологии обслуживания потребителей)

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИИ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Тема НИТР 5.3

(промежуточный, этап 3)

Руководитель проекта, зав. отделом ЦОД Н.Н. Михайлов

Обнинск 2022

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

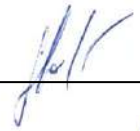
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - Мировой центр данных»
(ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»)

Руководитель проекта, зав. отделом – начальник ЦОД		Н.Н. Михайлов (введение, разделы 1-7, заключение, приложения А, Н, У, Ф, Х)

Исполнители:

Зам. директора, канд. техн. наук		С.В. Белов (разделы 4,6,7, приложения У, Ф, Х)
Зав. лабораторией, д-р техн. наук		Е.Д. Вязилов (разделы 5, 7, приожения Н, Х)
Зам. лабораторией, канд. физ.-мат. Наук		А.А. Воронцов (разделы 3, 4 , приложения Г, К)
Ст. науч. сотрудник, канд. геогр. наук.		Н.А. Вязилова (разделы 3,4,5.1, приложения Г, К, Н)
Науч. сотрудник		Д.А. Мельников (разделы 5, 6, 7.2, приложения Т, Х, Ф)
Науч. Сотрудник		К.В. Белова (разделы 5, 6, 7.2, приложения Р, Х, Ф)
Вед. программист		Н.В. Пузова (разделы 5, 6, 7.2, приложения С, Х, Ф)
Вед. программист		С.А Баталкина (разделы 3.2, 4.2, приложения Г, К)
Вед. программист		Г.И. Нефедова (разделы 3.2, 4.2, приложения Г, К)
Вед. инженер		В.И. Ибрагимова (раздел 4.2, приложение К)
Вед. инженер		Л.И. Пожарская ((раздел 3.2, приложение Г)
Зав. лабораторией		А.В. Безпрозванных (раздел 3.2, приложение К)

Зав. отделом ИЦ А.А. Кузнецов (раздел 2, приложение Б)

Зав. отделом – начальник ЦИТ АСПД  П.С. Лобачев (раздел 7.2, приложение Х)

Зав. сектором А.Е. Колесников (раздел 7.2, приложение Х)

Вед. инженер С.А. Миронов (раздел 7.2, приложение Х)

Нормоконтролер Е.А.Анашкина

Соисполнители:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «ААНИИ»)

Зам. нач-ка центра, отв. исп. О.С. Девятаев (разделы 3.2, 4.2, 5, приложения В, И, Н)

Ведущий научный сотрудник – зав. лаб. В.М. Смоляницкий (разделы 3.2, 4.2, приложения В, И)

Начальник отдела Д.Ю. Апарцев (разделы 3.2, 4.2,5)

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт» (ФГБУ «ДВНИГМИ»)

Отв. исп.,

Старший научный сотрудник	подпись	Л.В. Гончуков (разделы 3.1, 3.2, 4.2, 5, приложения Е, М, Н)
Главный специалист	подпись	Е.А. Бурыкин (разделы 3.1, приложение Е)
Инженер 1 категории	подпись	В. А. Костык (раздел 4.2, приложение М)
Инженер 1 категории	подпись	С. В. Вихренко (раздел 4.2, приложение М)
Техник 1 категории	подпись	А. И. Набатов (Приложения Е, М, Н)

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова»
(ФГБУ «ГОИН»)

Зам. директора, канд. физ.-мат. наук		И.В. Землянов (разделы 3, 4, 5, приложения Д, Л, П)
Зав. лаб., канд. физ.-мат. наук		С.Н. Землянов (разделы 3, 4, приложения Д, Л)
Зав. лаб.,		В.В. Фомин (разделы 5, приложение П)
Зав. лаб.,		Ф.Е. Савельев (разделы 5, приложение П)
Вед. инженер,		М.Л. Коновалов (разделы 4, приложения Л)

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-производственное объединение «Тайфун»
(ФГБУ «НПО «Тайфун»)

Руководитель ФИАЦ Росгидромета		В.Н. Мухалев (разделы 3.2., 4.2, 5)
Зам. Начальника ФИАЦ Росгидромета		Д.А. Камаев (разделы 3.2., 4.2, 5, приложение Н)
Начальник отдела ФИАЦ Росгидромета		Н.А. Корнейчук (разделы 3.2., 4.2, приложение Ж)
Ст.н.с. ФИАЦ Росгидромета		А.К. Андреев (разделы 3.2, приложение Ж)
Инженер ФИАЦ Росгидромета		Е.С. Прудникова (оформление отчета)

РЕФЕРАТ

Отчет 898 с., 1 книга, 131 рис, 139 табл., 51 ист., 19 прил.

РОСГИДРОМЕТ, ЕСИМО, ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, WEB-ТЕХНОЛОГИИ, СЕРВИСЫ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Объектами исследований являются методы, средства и технологии функционирования Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО).

Основная цель исследований состоит в развитии средств и технологий ЕСИМО по гидрометеорологическому обеспечению морской деятельности согласно РД 52.27.881-2019 “Руководство по гидрометеорологическому обеспечению морской деятельности” (морское гидрометеорологическое обеспечение, ГМОМД) и с применением современных информационных технологий.

В качестве основных методов исследований использованы систематизация потребностей в ГМОМД, анализ возможностей и тенденций в области цифровых информационных технологий, исследования перспективных решений по созданию цифровой платформы ЕСИМО для ГМОМД, а также разработка модернизированного программного обеспечения интегрированного информационно-технического узла (ИИТУ) единой системы в качестве типового для последующего тиражирования на сети узлов ЕСИМО.

В целом научно-исследовательская технологическая работа (НИТР) выполняется в 2020-2024 гг. пятью этапами. В ходе третьего этапа работ в 2022 году получены следующие научные и технологические результаты:

– обзор информационных систем в области морской среды и морской деятельности, отчет о патентных исследованиях;

– программное обеспечение и программная документация интегрированного сетевого узла ЕСИМО нового поколения в контексте гидрометеорологического информационного обеспечения морской деятельности;

– усовершенствованные методы обработки данных, базы данных, другие средства тематических технологий ЕСИМО по формированию целевых информационных ресурсов в области ГМОМД;

– целевые информационные ресурсы ЕСИМО для гидрометеорологического обеспечения морской деятельности;

– уточненные спецификации и макеты прикладных средств и технологий ЕСИМО по реализации первоочередных задач ГМОМД;

– эскизный проект цифровой экосистемы данных и информации об обстановке в Мировом океане на основе ЕСИМО.

Впервые предложено в качестве развития морского гидрометеорологического обслуживания использовать подходы и методы цифровой трансформации с применением цифровых технологий и средств ЕСИМО, Впервые исследованы и апробированы современные инструментальные информационные технологии в качестве инфраструктуры цифровой платформы ГМОМД.

Осуществлены демонстрация и популяризация проекта и полученных результатов посредством представления докладов на международных и отечественных конференциях и семинарах.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ....11
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ....18
ВВЕДЕНИЕ....23
1 Методические рекомендации по ведению исследований по теме....26
2 Обзор информационных систем аналогов....27
2.1 Отечественные системы....27
2.2 Зарубежные системы....30
2.3 Примеры информационных систем, защищенных патентами....34
3 Разработка технологий формирования целевых информационных ресурсов ЕСИМО....37
3.1 Состояние систем (комплексов) в области ГМОМД....37
3.2 Технологии центров ЕСИМО....72
3.3 Интегрированная технология оценки и прогнозирования....103
4 Анализ состояния целевых информационных ресурсов ЕСИМО....106
4.1 Состав информационного фонда единой системы....106
4.2 Тематические наборы данных....108
5 Разработка прикладных технологий ЕСИМО....117
5.1 Прикладная задача «ГМО плавания судов и морских перевозок»....117
5.2 Прикладная задача «ГМО портовой деятельности»....124
5.3 Прикладная задача «ГМО поисково-спасательных операций»....126
5.4 Прикладная задача «ГМО добычи нефти и газа, полезных ископаемых»....130
5.5 Прикладные задачи «ГМО плавания судов и морских перевозок» и «Мониторинг загрязнения моря»....133
6 Разработка интегрированного информационно-технологического узла ЕСИМО....137
6.1 Основные положения....137
6.2 Программный комплекс интеграции данных....140
6.3 Программный комплекс управления данными....140
6.4 Программный комплекс портала системы....141
6.5 Испытания программного обеспечения....142
7 Развитие и апробация решений по модернизации ЕСИМО....143
7.1 Применение облачной технологии....143
7.3 Тестирование цифровых инструментальных средств и технологий....151
7.4 Исследования цифровых двойников океана....171
ЗАКЛЮЧЕНИЕ....194
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ....196

Приложение А. Методические рекомендации по разработке средств и технологий реализации прикладных задач гидрометеорологического обеспечения морской деятельности…… 201
Приложение Б. Отчет о патентных исследованиях……. 250
Приложение В. Перечень средств и технологий формирования целевых информационных ресурсов центра ЕСИМО ФГБУ ААНИИ”…… 266
Приложение Г. Перечень средств и технологий формирования целевых информационных ресурсов центра ЕСИМО ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”…… 308
Приложение Д. Перечень средств и технологий формирования целевых информационных ресурсов центра ЕСИМО ФГБУ “ГОИН”…… 310
Приложение Е. Перечень средств и технологий формирования целевых информационных ресурсов центра ЕСИМО ФГБУ “ДВНИГМИ”…… 315
Приложение Ж. Перечень средств и технологий формирования целевых информационных ресурсов ГМОМД в ФГБУ “НПО Тайфун”…… 318
Приложение И. Перечень целевых информационных ресурсов ГМОМД центра ЕСИМО ФГБУ “ААНИИ”…….. 319
Приложение К. Перечень целевых информационных ресурсов ГМОМД центра ЕСИМО ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”…….. 336
Приложение Л. Перечень целевых информационных ресурсов ГМОМД центра ЕСИМО ФГБУ “ГОИН”…….. 356
Приложение М. Перечень целевых информационных ресурсов ГМОМД центра ЕСИМО ФГБУ “ДВНИГМИ”…….. 366
Приложение Н Описание прикладных сервисов первоочередных прикладных задач ГМОМД (ФГБУ «ААНИИ», ФГБУ «ДВНИГМИ», ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ФГБУ НПО «Тайфун»)…… 372
Приложение П Описание прикладных сервисов первоочередных прикладных задач ГМОМД (ФГБУ «ГОИН») 511
Приложение Р. Программная документация на программный комплекс интеграции данных интегрированного информационно-технологического узла ЕСИМО…….. 515
Приложение С. Программная документация на программный комплекс управления данными интегрированного информационно-технологического узла ЕСИМО……. 617
Приложение Т. Программная документация на программный комплекс портала интегрированного информационно-технологического узла ЕСИМО…….. 772

Приложение У. Программа и методика испытаний программного обеспечения интегрированного информационно-технологического узла ЕСИМО…….. 817
Приложение Ф. Протокол и Акт испытаний программного обеспечения интегрированного информационно-технологического узла ЕСИМО…….. 853
Приложение Х. Эскизный проект цифровой экосистемы информации об обстановке в Мировом океане на основе ЕСИМО…….. 864

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Автоматизированная информационная система	Совокупность информации, методов и моделей, технических, программных, технологических средств и организационного обеспечения, в том числе персонала, предназначенная для того, чтобы своевременно обеспечивать надлежащих людей
Автоматизированная информационная система (государственная)	Федеральные информационные системы и региональные информационные системы, созданные на основании соответственно федеральных законов, законов субъектов Российской Федерации, на основании правовых актов государственных органов [Федеральный закон Российской Федерации от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», ст. 13]
Автоматизированная информационная система (распределенная)	Информационная система, для которой отношения местоположений элементов (или групп элементов) играют существенную роль с точки зрения функционирования системы. Для распределенных систем характерно распределение функций, ресурсов между множеством элементов (узлов)
Аппаратно-программный комплекс	Продукт, в состав которого входят технические средства и программное обеспечение, совместно применяемые для решения задач определенного типа. АПК занимает промежуточное положение между устройством или программным продуктом в чистом виде и автоматизированной системой
Архитектура	Обобщенное определение системы с точки зрения существующих в ней информационных потоков и способов их обработки [А.Б. Борковский. Англо-русский словарь по программированию и информатике (с толкованиями). Москва. Московская международная школа переводчиков, 1992 г.]
Автоматизированное рабочее место	Индивидуальный комплекс технических и программных средств, предназначенный для автоматизации

	профессионального труда специалиста и обеспечивающий подготовку, редактирование, обработку данных, поиск и выдачу (на экран и печать) необходимых ему документов и информации. База данных – объективная форма представления и организации совокупности данных, систематизированных таким образом, чтобы эти данные могли быть найдены и обработаны с помощью ЭВМ
Большие данные	Обозначение структурированных и неструктурированных данных огромных объёмов и значительного многообразия, эффективно обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными инструментами, появившимися в конце 2000-х годов и альтернативных традиционным системам управления базами данных и решениям класса Business Intelligence
Данные	Сведения, полученные путем измерения, наблюдения, логических или арифметических операций, представленные в форме, пригодной для постоянного хранения, обработки и передачи
Доступность информации	Состояние информации [ресурсов АС], при котором субъекты, имеющие права доступа, могут реализовать их беспрепятственно [Р 50.1.053-2005]
Задача АС	Функция или часть функции системы, представляющая собой формализованную совокупность автоматических действий, выполнение которых приводит к результату заданного вида [ГОСТ 34.003-90, п. 1.4]
Защита информации	Деятельность, направленная на предотвращение утечки защищаемой информации, несанкционированных и непреднамеренных воздействий на защищаемую информацию [из п. 2.1.1 ГОСТ Р 50922-2006]
	Средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. [РМГ 29-99. Метрология. Термины и определения]
Измерительная система	Совокупность функционально объединенных

(комплекс)	измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов (информации об объекте) в разных целях. [РМГ 29-99. Метрология. Термины и определения]
Интерфейс	Совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие устройств вычислительной машины или системы обработки информации и (или) программ [из п. 30 Таблицы 1 ГОСТ 15971-90]
Информация	Сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления [Федеральный Закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ, статья 2. п.1)]
Информация (документированная)	Зафиксированная на материальном носителе путем документирования информация с реквизитами, позволяющими определить такую информацию или в установленных законодательством Российской Федерации случаях ее материальный носитель [Федеральный закон Российской Федерации от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»]
Информационная безопасность	Состояние защищенности информационных активов организации, достигаемая обеспечением совокупности свойств информационной безопасности - конфиденциальностью, целостностью, доступностью информационных ресурсов АС. [из п. 3.2.1 ГОСТ 53114-2008]
Информационные ресурсы	Отдельные документы и отдельные массивы документов, документы и массивы документов в информационных системах (библиотеках, архивах, фондах, банках данных, других информационных системах) [из п. 11 раздела 2 ГОСТ Р 43.0.2-2006]

Информационная технология	Совокупность методов, производственных и программно-технологических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации с применением методов и средств вычислительной техники и систем связи. Информационные технологии реализуются автоматизированными системами [ГОСТ 34.003-90, п.1.2.]
Макет	Упрощенное воспроизведение в определенном масштабе изделия (АС) или его части (компоненты), на котором исследуются отдельные характеристики изделия, а также оценивается правильность принятых технических и художественных решений [из п. 1.2.24 Р 50-605-80-93]
Метаданные	Данные о данных [ГОСТ Р ИСО 15489–1 2007]: структурированные данные, представляющие собой характеристики описываемых объектов, сущностей, ресурсов для целей их идентификации, поиска, оценки, управления ими [Википедия]
Обладатель информации	Лицо, самостоятельно создавшее информацию либо получившее на основании закона или договора право разрешать или ограничивать доступ к информации, определяемой по каким-либо признакам [Федеральный Закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ, статья 2, пункт 5]
Облачные технологии	Модель обеспечения удобного сетевого доступа по требованию к некоторому общему фонду конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам — как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами или обращениями к провайдеру
Оператор	Гражданин или юридическое лицо, осуществляющие

информационной системы	деятельность по эксплуатации информационной системы, в том числе по обработке информации, содержащейся в ее базах данных [из п. 15 Приложения А ГОСТ Р 50922-2006]
Пользователь АС	Лицо, участвующее в функционировании АС или использующее результаты ее функционирования [из п. 2.1 ГОСТ 34.003-90]
Предоставление информации	Действия, направленные на получение информации определенным кругом лиц или передачу информации определенному кругу лиц [Федеральный Закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ, статья 2, п.8)]
Программное обеспечение	Совокупность программ на носителях данных и программных документов, предназначенная для отладки, функционирования и проверки работоспособности АС [из п. 2.7 ГОСТ 34.003-90]
Программно–технический (аппаратно-программный) комплекс	Совокупность средств вычислительной техники, программного обеспечения и средств создания и заполнения машинной информационной базы при вводе АС в действие достаточных для выполнения одной и более задач АС [ГОСТ 34.003-90, п. 2.18]
Протокол (передачи данных, взаимодействия, связи и др.)	Набор семантических и синтаксических правил, определяющий поведение объекта на данном уровне при выполнении коммуникационных функций [ИСО/МЭК 2382-26, ГОСТ Р 52292-2004]
Сопровождение АС	Деятельность по оказанию услуг, необходимых для обеспечения устойчивого функционирования или развития системы [ГОСТ 34.003-90, п.4.7]
Спецификация программы	Формализованное представление требований, предъявляемых к программе, которые должны быть удовлетворены при ее разработке, а также описание задачи, условия и эффекта действия без указания способа ее достижения [из п. 49 Таблицы 1 ГОСТ 19781-90]
Средства (виды) обеспечения АС	Программные, технические, лингвистические, правовые, организационные средства (программы для электронных вычислительных машин; средства вычислительной

	техники и связи; словари, тезаурусы и классификаторы; инструкции и методики; положения, уставы, должностные инструкции; схемы и их описания, другая эксплуатационная и сопроводительная документация), используемые или создаваемые при проектировании информационных систем и обеспечивающие их эксплуатацию [Словарь юридических понятий]
Стандарт (стандарт программного обеспечения, информационного взаимодействия и др.)	Спецификация, принятая национальным органом по стандартизации или международной стандартизирующей спецификацией
Техническое обеспечение информационной системы	Совокупность всех технических средств, используемых при функционировании информационной системы [ГОСТ 34.003-90, п. 2.5]
Шейп-файл - (shapefile, .shp)	Открытый стандарт компании ESRI для цифрового хранения информацию о пространственном расположении и характеристиках точечных, линейных и полигональных объектов. Состоит из набора файлов расширения .shp, .dbf и опционно - .prj, .xml. Информация о пространственном расположении объектов хранится собственно в файле .shp. Информация о характеристиках объектов хранится в полях таблицы формата dBASE файла dbf. Может сопровождаться файлом описания географической проекции в формате PRJ и справочной информации в формате XML
CSV (Comma-Separated Values)	Значения, разделённые запятыми. Текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных
GeoTIFF	Открытый формат представления растровых данных в формате TIFF совместно с метаданными о географической привязке. Использует спецификации TIFF 6.0, в которую добавляет несколько видов гео-тегов, которые определяют вид картографической проекции, систему географических

	координат, модель геоида, датум и любую другую информацию, необходимую для точного пространственного ориентирования космического снимка
JPEG	Графический формат, применяемый для хранения фотоизображений и подобных им изображений. Алгоритм JPEG позволяет сжимать изображение, как с потерями, так и без потерь (режим сжатия lossless JPEG). Поддерживаются изображения с линейным размером не более 65535 × 65535 пикселей. JPEG2000 - графический формат, который вместо дискретного косинусного преобразования, применяемого в формате JPEG, использует технологию вейвлет-преобразования, основывающуюся на представлении сигнала в виде суперпозиции базовых функций — волновых пакетов
IOC - Ice Object Catalogue	Дополнение к формату морских навигационных электронных карт (S57, S1xx) для описания ледовых объектов. Основано на Номенклатуре морских льдов
SIGRID-3	Международный стандарт ВМО кодировки и обмена ледовыми картами. Основан на формате шейп-файла (shapefile)
S57	Основной формат морских навигационных электронных карт, предназначенный для обмена данными между гидрографическими службами, агентствами, производителями картографической продукции и систем
S411- JCOMM/IHO S-411 “Ice Information Product Specification”	Дополнение к формату морских навигационных электронных карт (S1xx) для описания ледовых объектов

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

ААНИИ	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический институт»
АЗРФ	Арктическая зона Российской Федерации
АС	Автоматизированная система
АПК	Аппаратно-программный комплекс
АСПД	Автоматизированная система передачи данных
АРМ	Автоматизированное рабочее место
БД	База данных
ВИД	База интегрированных данных
ВНИИГМИ-МЦД	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных»
ВИТУ	Ведомственный информационно-технологический узел ЕСИМО
ВМ	Виртуальная машина
ВМО (WMO)	Всемирная метеорологическая организация
ВСВ	Всемирное время
ВСМОИП	Всемирная служба метеорологической и океанографической информации и предупреждений
ВСНП	Всемирная служба навигационных предупреждений
ВОСВОД	Всероссийское общество спасения на водах
ГИАЦ	Главный информационно-аналитический центр
НИС	Геоинформационная система
ГМУ	Гидрометеорологические условия
ГМИ	Гидрометеорологическая информация
ГМССБ	Глобальная морская система связи при бедствии
ГОИН	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный океанографический институт»
ГСОДП(GSDPF)	Глобальная система обработки данных и прогнозирования ВМО
ГСТ	Глобальная система телесвязи ВМО
ДВНИГМИ	Дальневосточный научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации
ДВ	Дальний Восток
ДЗЗ	Дистанционное зондирование Земли

ЕГФД	Единый государственный фонд данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении
ЕСИМО	Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане
ЕСКК	Единая система классификации и кодирования
ЕСП	Единый словарь параметров
ЕСИА	Единая система идентификации и аутентификации
ЕТР	Европейская территория России
ЖЦ	жизненный цикл
ИСНА (iAOS)	Интегрированная система наблюдений в Арктике
ИЗВ	ИЗВ – индикатор загрязняющего вещества
ИР	ИР - Информационный ресурс
ИС	ИС - Информационная система
МГО (IHO)	Международная гидрографическая организация
ММО	Международная морская организация
МКС	Морской климатический справочник
МОС (ISO)	Международная организация стандартизации
МРС	Мониторинг ресурсов и сервисов ЕСИМО (компонент ЕСИМО)
НИТР	Научно-исследовательская и технологическая работа
НИУ	Научно-исследовательское учреждение
НКПОР	Наземный комплекс приема, обработки, архивации и распространения спутниковой информации
ИСЗ	Искусственный спутник земли
ИСВ (WIS)	Информационная система ВМО
МГМО	Морское гидрометеорологическое обеспечение
НСД	Несанкционированный доступ
НСИ	Нормативно справочная информация
ОГК (OGC)	Открытый ГИС Консорциум
ОКК	Общие коды и классификаторы ЕСИМО
ОДС	Оперативная дежурная смена
ОВД	Отдел внутренних дел
ОГК (OGC)	Открытый ГИС Консорциум
ОФД	Объектный файл данных
ООПТ	Особо охраняемые природные территории

ОПО	Общее программное обеспечение
ОЯ и ПЯ	Опасные и неблагоприятные явления
ПД	Поставщик данных
ПЗ	Прикладная задача
ПК	Прикладная задача
ПО	Программное обеспечение
РАН	Российская Академия Наук
РД	Руководящий документ
Р-ИСВ	Российский сегмент Информационной системы ВМО
РИТУ	Региональный информационно-технологический узел ЕСИМО
РФ	Российская Федерация
РКД	Результаты космической деятельности
РЦИТУ	Распределенный центральный информационно-технологический узел ЕСИМО
Система «Север»	Автоматизированная ледовая информационная система для Арктики
СЗА	Северо-запад РФ и Арктика
СИ	Сервер интеграции
СКЗИ	Система криптографической защиты информации
СЛО	Северный ледовитый океан
СМП	Северный морской путь
СМЭВ	Система межведомственного электронного взаимодействия
СПО	Специальное программное обеспечение
СППР	Система поддержки принятия решений
СПЦ	Система предупреждения о цунами
СРБД	Система распределенных баз данных
СУБД	Система управления базами данных
СУЛО	Управления Ледовой Обстановкой
СЦ	Ситуационный центр
ТЗ	Техническое задание
ТПТК	Программно-технологический комплекс потоковой обработки спутниковой информации
ТС	Техническая спецификация
ТПО	Температура поверхности воды

УГМС	Управление гидрометеорологической службы Росгидромета
ФГБУ	Федеральное государственное бюджетное учреждение
ФГИС	Федеральная государственная информационная система
ФЗ	Федеральный закон
ФОИВ	Федеральные органы исполнительной власти
ФП РСЧС	Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
ФСТЭК	Федеральная служба по техническому и экспертному контролю
ФЦП	Федеральная целевая программа
ЦБМД	Централизованная база метаданных
ЦГМС	Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
ЧС	Чрезвычайные ситуации
Центр «Север»	Центр ледовой и гидрометеорологической информации ААНИИ
ЦОД	Центр обработки данных
ЦП	Центральный процессор
ЭКНИС	Электронно-картографическая навигационно-информационная система
ЭКО	Электронная картографическая основа
API –	Application programming interface (интерфейс программного
BUFR	приложения)
	Binary universal form for the representation of meteorological data (двоичный формат данных ВМО)
CSV	Comma-Separated Values (текстовый формат обмена данными)
FTP - File Transfer Protocol	Протокол передачи данных
HTTP	Hypertext transfer protocol (протокол передачи гипертекста)
JSON	JavaScript object notation (текстовый формат обмена данными, основанный на JavaScript)
JPEG	Joint Photographic Experts Group
IOC	Ice Object Catalogue.
IoT	Интернета вещей
OAI-PMH	Open archives initiative protocol for metadata harvesting
OGC	Open GIS Consortium (международная организация по разработке стандартов в сфере геопространственных данных и сервисов)

OWL	W3C Web Ontology Language (язык онтологий)
RDF	Resource Description Framework (среда описания ресурса)
ROI	Region Of Interests – район выполнения работ
NetCDF	- Network common data form (машинонезависимый двоичный формат файлов)
SQL	Structured Query Language (язык структурированных запросов)
SOAP	Simple Object Access Protocol (простой протокол доступа к объектам)
VPN	Virtual Private Network (виртуальная частная сеть)
WCS	Web Coverage Service (OGC картографический сервис для доступа к векторным и растровым покрытиям)
WFS	Web Feature Service (OGC картографический сервис для доступа к данным географических объектов)
WMS	Web Map Service (OGC картографический сервис для доступа к геопривязанным изображениям)
W3C	World Wide Web Consortium (организация, разрабатывающая и внедряющая технологические стандарты Интернет)
XML	Extensible Markup Language (расширяемый язык разметки)
URL	Uniform Resource Locator (единообразный локатор ресурса)

.

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы состоит в развитии средств и технологий единой государственной системы информации о состоянии Мирового океана (ЕСИМО, [1]) в части информационного обслуживания морской деятельности согласно РД 52.27.881-2019 “Руководство по гидрометеорологическому обеспечению морской деятельности” (морское гидрометеорологическое обеспечение, ГМОМД) [2]. Эта деятельность заключается в распространении и предоставлении информации о гидрометеорологических, океанографических, ледовых и экологических условиях, координатно-объектовой и другой информации об обстановке в океанах и морях, прибрежных территориях в формах удобных для применения в ходе морских транспортных операций, аварийно-спасательных мероприятий, добычи нефти и газа на шельфе морей, рыболовства и другой морской деятельности.

Информация используется на федеральном (аппараты Правительства РФ, департаменты федеральных органов исполнительной власти, центральные учреждения), региональном (учреждения портовых администраций, администрации Севморпути, Морспасслужбы, научные, проектные и производственные учреждения) и объектовом (персонал более 60 морских портов, более 300 грузовых и пассажирских причалов, не менее 1,5 тыс. морских судов и судов категории “река-море”) уровнях.

Инфраструктуру ГМОМД составляют системы (комплексы):

– наблюдений на базе отечественных и зарубежных сетей наземных и морских платформ наблюдений, космических аппаратов;

– оценки и прогнозирования параметров гидрометеорологических, ледовых и экологических условий в море и прибрежных территориях;

– управления данными, предоставления и распространения информации.

При этом, возрастает роль унификации и гармонизации разнородных данных различных источников, возможности доступа ко всей совокупности информации об обстановке в Мировом океане как к единому целому через “одно окно”. В этой связи вопросы совершенствования компоненты ЕСИМО по информационному обслуживанию морской деятельности приобретают особый вес.

В рамках настоящей темы модернизация ЕСИМО осуществляется с учетом решения более сложной и комплексной задачи по цифровой трансформации [3] ГМОМД в целом, которая заключается в создании на базе ЕСИМО цифровой экосистемы, и выполнении роли “системы морских систем” информации об обстановке в Мировом океане Соответствующие проработки были выполнены в текущем году и завершены

подготовкой эскизного проекта цифровой экосистемы информации об обстановке в Мировом океане на основе ЕСИМО. Разработки выполнены с учетом положений Концепции цифровой трансформации гидрометеорологического обеспечения морской деятельности на основе ЕСИМО [4].

Цель исследований на третьем этапе проекта в 2022 году состояла в разработке общесистемных (инструментальных) и тематических методов, средств и технологий ЕСИМО по гидрометеорологическому информационному обслуживанию морской деятельности в Российской Федерации согласно РД 52.27.881-2019 (Руководство по морскому гидрометеорологическому обеспечению).

В качестве методов исследований использованы подходы ВМО и Росгидромета [2,8,9,10] по организации морского обслуживания и положения по созданию открытых информационных систем и применению современных цифровых технологий в контексте развития ЕСИМО.

Исследования проводили специалисты НИУ Росгидромета, выполняющие функции центров ЕСИМО: ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД” (головной исполнитель), ФГБУ “ААНИИ”, ФГБУ “ДВНИГМИ”, ФГБУ “ГОИН” и ФГБУ “НПО Тайфун”.

Получены следующие результаты:

– методические рекомендации обзор информационных систем в области морской среды и морской деятельности (глава 1 НТО и приложение А);

– обзор информационных систем в области морской среды и морской деятельности, отчет о патентных исследованиях (глава 2 НТО и приложение Б);

– усовершенствованные методы обработки данных, базы данных, другие средства тематических технологий ЕСИМО по формированию целевых информационных ресурсов в области ГМОМД (глава 3 НТО, приложения В -Ж);

– целевые информационные ресурсы ЕСИМО для гидрометеорологического обеспечения морской деятельности (глава 4 НТО, приложения И – М);

– уточненные решения и макеты прикладных средств и технологий ЕСИМО по реализации первоочередных задач ГМОМД (глава 5 НТО, приложения Н, П);

– программное обеспечение и документация интегрированного сетевого информационно-технологического узла ЕСИМО (глава 6 НТО, приложения Р-Ф);

– эскизный проект цифровой экосистемы данных и сервисов в области обстановки Мировом океане на основе ЕСИМО (глава 7 НТО, приложение Х).

– пилотный проект по применению новых цифровых технологий и инструментального ПО для совершенствования ЕСИМО (глава 7 НТО).

Впервые исследованы вопросы и предложено использовать подходы и методы цифровой трансформации ГМОМД с применением современных цифровых технологий и средств ЕСИМО в качестве основы развития морского гидрометеорологического обеспечения морской деятельности.

Ожидаемые результаты по этапу проекта достигнуты в полном объеме.

1 Методические рекомендации по ведению исследований по теме

Исследования по теме 5.3 Плана НИТР Росгидромета “Совершенствование методов, средств и технологий функционирования Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (включая технологии обслуживания потребителей)” ориентированы на развитие программно-технической и информационной инфраструктуры ЕСИМО и, по существу, является технологически проектом. В этой связи важно обеспечить ключевое условие построения автоматизированных информационных систем масштаба ЕСИМО относительно совместимости результатов, получаемых исполнителями в ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”, ФГБУ “ААНИИ”, ФГБУ “ДВНИГМИ”, ФГБУ “ГОИН” и ФГБУ “НПО Тайфун”.

С целью получения согласованных и совместимых результатов (методов обработки, наборов данных, ПО, технологий) в 2022 году разработаны и приняты к исполнению “Методические рекомендации по разработке средств и технологий реализации прикладных задач гидрометеорологического обеспечения морской деятельности”.

Методические рекомендации содержат основополагающие решения по направлениям и методам разработки средств и технологий формирования целевых информационных ресурсов, обработки данных и реализации прикладных задач ГМОМД по теме 5.3 НИТР Росгидромета исполнителями в 2022 и последующие годы выполнения темы.

Методические рекомендации в полном объеме помещены в Приложении А.

2 Обзор информационных систем аналогов

В рамках темы осуществляется постоянный (ежегодный) мониторинг состояния и развития информационных систем по предметной области ЕСИМО. В настоящей главе отчета приведен обзор систем по итогам патентного поиска и анализа его результатов за 2022 год.

В соответствии с ГОСТ Р 15.011-96 патентные исследования проводились посредством поиска, отбора и анализа патентных документов и других источников научно-технической информации в отношении аналогов ЕСИМО.

В качестве источников патентной информации были использованы:

− информационные базы Роспатента по объектам интеллектуальной собственности изобретение, полезная модель, программа для ЭВМ, база данных;

− единая государственная информационная система учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ (ЕГИСУ НИОКТР);

− ведомственная система учета результатов интеллектуальной деятельности, полученных научно-исследовательскими учреждениями Росгидромета (БД РИД);

− международная патентная база Espacenet.

Также были использованы научная электронная библиотеки E-Library и открытые ресурсы сети интернет.

Полный отчет о патентных исследованиях в области информационных систем по предметной области ЕСИМО приведен в Приложении Б. Ниже приведены основные сведения по значимым для ГМОМД информационным системам аналогам ЕСИМО.

2.1 Отечественные системы

2.1.1 Автоматизированная ледово-информационная система «Север»

Автоматизированная ледово-информационная система «Север» разработана и поддерживается Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом (ААНИИ) Росгидромета. Основные задачи, решаемые системой «Север»:

- сбор, обработка и анализ исходных данных о гидрометеорологических и ледовых условиях в районах СМП и СЛО;

- создание информационной продукции;

- оперативное доведение информационной продукции до рабочего места потребителя (штаб флота, диспетчерский пост управления, мостик судна и т. д.);

- представление информационной продукции на терминале конечного пользователя в наиболее удобной для него форме.

Все процессы создания информационной продукции и доставки ее пользователям автоматизированы и реализуются на АРМах (автоматизированных рабочих местах). Каждый АРМ организован как локальная предметно-ориентированная геоинформационная система

В ААНИИ развернута автоматизированная система диспетчеризации и управления (АСДУ), которая позволяет в реальном времени осуществлять мониторинг и управление информационными потоками и технологическими процессами в системе.

В настоящее время ведется модернизация системы “Север” как в части применяемых средств и технологий сбора, обработки и распространения информации, так и в контексте аппаратно-программных ресурсов системы.

2.1.2 Система управления арктической логистикой КАПИТАН

Системы управления КАПИТАН является разработкой компании «Газпром нефть». Основные задачи, решаемые системой:

- безопасное управление логистикой в Арктике;

- круглосуточное отслеживание параметров доступности месторождений и нефтехранилищ компании с учетом прогноза погодных условий, включая данные по ледовой обстановке, оперативная корректировка логистики арктического флота «Газпром нефти»;

- прогнозирование на основе накопленных исторических данных потенциальных ограничений, которые могут возникнуть на пути движения судов, выработка рекомендаций по оптимальным и более безопасным маршрутам.

Система работает в трех режимах: долгосрочное и оперативное планирование, диспетчеризация арктического флота и аналитика с использованием искусственного интеллекта.

Аналитическая система использует такие потоки информации, как объемы суточной добычи на месторождениях «Газпром нефти» и объемы накопления нефти в нефтехранилищах, местоположение и параметры движения судов, данные о ледовой обстановке на маршрутах, графиках приливов и отливов, погодных условиях, возможность формирования новых стандартных для рынка партий поставок сырья.

Результатом работы «Капитана» является график движения судов и взаимосвязанный с ним график отгрузок нефти с нефтеналивных терминалов на месторождениях. Пользователь системы может получить в режиме онлайн всю необходимую информацию об объемах суточной добычи нефти на интересующий период, о том, сколько нефти находится в резервуарах, точные даты и время подхода танкеров-челноков и танкеров-отвозчиков к терминалам. Функционал системы позволяет в режиме

реального времени вести комплексный анализ эффективности эксплуатации флота, оценивая скорость движения на маршруте, расход топлива, объем загрузки судов. «Капитан» осуществляет онлайн-мониторинг местоположения и параметров движения судов, грузовых операций, маршрутов и ледокольных проводок.

«Капитан» является самообучаемой системой. Она умеет учитывать текущие и прогнозные метеоусловия при планировании на ближайшую перспективу и выбирает оптимальный для танкера маршрут следования с учетом направления и силы ветра, температуры воздуха, оперативной ледовой обстановки. Кроме того, в ней реализован функционал предиктивной аналитики. Система накапливает большой объем статистических данных, которые она постоянно обрабатывает и анализирует, делая выводы с помощью средств искусственного интеллекта.

2.1.3 Система управления Штаба морских операций Атомфлота

Автоматизированная система управления Штаба морских операций “Атомфлота” (АСУ ШМО) позволяет круглосуточно осуществлять организацию судоходства, мониторинг ледовой и навигационной обстановки, сбор и анализ гидрометеорологических данных в акватории Северного морского пути.

Основные задачи, решаемые системой:

- агрегирование и предоставление информации по текущему состоянию и прогнозу гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки в режиме реального времени движения судов в российской части Арктики

- обеспечение ледовой проводки транспортных судов в течение максимально продолжительного операционного окна в российской части Арктики, включая акваторию СМП;

- осуществление сбора и анализа данных для своевременной обработки заявок на проводку и сопровождение судов по российской части Арктики, включая акваторию СМП;

- обеспечение информационно-аналитической работы сотрудников Штаба морских операций, задействованных в планировании и управлении логистических операций, в том числе территориально-удаленных друг от друга, в едином информационном пространстве.

Система является территориально распределенной в составе: берегового сегмента в центральном офисе ФГУП «Атомфлот» в г. Мурманске и судовых сегментов на судах Заказчика

2.1.4 Единая платформа цифровых сервисов для Северного морского пути

В 2021 году «Росатом» начал создавать Единую платформу цифровых сервисов для Северного морского пути (ЕПЦС СМП). Весь проект планируется реализовать ко второму кварталу 2025 года.

Концепцией предусмотрена интеграция различных цифровых продуктов и баз данных, созданных для обеспечения безопасности судоходства и диспетчеризации флота в акватории Севморпути. Платформа будет рассчитана на обслуживание до 1,5 тыс. уникальных пользователей, им будут предоставлены 27 цифровых сервисов, выделенных в девять блоков по направлениям:

- безопасность мореплавания;
- управление судоходством;
- навигационно-гидрографического обеспечение;
- гидрометеорологическое обеспечение и ледовая обстановка;
- аналитическая информация по безопасности, эффективности функционирования и развитию СМП;
- управление инфраструктурой СМП;
- информационное обеспечение грузоперевозок;
- реестр услуг и сервисов в акватории СМП;
- экологический мониторинг акватории СМП.

К платформе планируется подключить подведомственный Минтрансу Росморречфлот, Морспасслужбу, Росгидромет, МЧС и ряд других ведомств.

2.2 Зарубежные системы

2.2.1 Интегрированная система наблюдений за океаном (IOOS)

Система разработана в США под управлением Национальной службы NOAA. На первоначальном этапе основное внимание было уделено разработке платформы интеграции данных (проект DIF). Проект DIF первоначально был сфокусирован на интеграции морских данных по температуре, солености, уровню, цвету, течениям, ветру и волнению. Затем в него также были включены данные по тропическим ураганам и экологии.

Интеграция в проекте DIF означает улучшение способов доступа к источникам данных путем последовательного применения стандартов и протоколов, одобренных сообществом, применительно к форматам данных и методам доступа.

Определены веб-сервисы и модели кодирования для различных типов геопространственной информации (дискретные данные, площадные, в том числе спутниковые, гриддированные, а также гео-изображения). Весьма важными для IOOS являются следующие три компонента:

– ServiceRegistry – позволяет пользователям обращаться к сервисам провайдеров по доступу к данным и метаданным;

– DataCatalog - позволяет пользователям получить сведения о пространственном и временном распределении данных;

– DataViewer – предоставляет пользователям инструмент визуализации актуальных данных.

В рамках IOOS применяются следующие классы метаданных:

- метаданные сервисов (Service-level metadata);

- метаданные о массивах данных (Dataset-level metadata);

- метаданные по измерительным устройствам и станциям (Sensor and station metadata);

- метаданные, претерпевающие изменения во времени (Time-dependent metadata).

Проблема интероперабельности данных решалась на основании следующих положений:

- каждый поставщик данных размещает NetCDF файлы данных на своем веб-сайте, либо устанавливает сервер данных THREDDS для доступа к данным в форматах NetCDF, HDFи GRIB;

- используется язык NcML для создания виртуальных массивов данных в стандартном формате (CF);

- каждая региональная ассоциация создает центральный THREDDS-каталог;

- создается центральный THREDDS-каталог для всех региональных ассоциаций.

Интегрированную систему наблюдений за океаном (IOOS) по архитектуре построения и технологическим решениям можно считать близким аналогом модернизируемой ВП ЕСИМО в плане технологий и средств взаимосовместимости.

2.2.2 Служба мониторинга морской среды

Служба мониторинга морской среды Copernicus (CMEMS) является одной из шести служб европейской программы «Copernicus», направленной на развитие информационных услуг на основе спутниковых наблюдений Земли и непосредственных данных in-situ.

Служба CMEMS обеспечивает анализ и прогнозы океанографических параметров и выпуск соответствующих океанографических продуктов, предлагая широкие возможности для наблюдения, понимания и прогнозирования условий морской среды. Зарегистрированные пользователи могут загружать продукты в соответствии со своими потребностями и извлекать пользу из качественной и проверенной информации. Сервис предназначен для любого конечного пользователя, запрашивающего информацию об

океане (включая широкий спектр конечных видов использования, от коммерческого сектора до сектора НИОКР), и особенно для поставщиков услуг, которые используют эту информацию в качестве входных данных для своих собственных сервисов с добавленной стоимостью для конечных пользователей. Целевые пользователи связаны с четырьмя основными областями: безопасность на море, прибрежная и морская среда, морские ресурсы, сезонное прогнозирование и климатическая деятельность.

Служба CMEMS функционирует с мая 2015 года и в настоящее время управляется французским центром анализа и прогнозирования мирового океана MercatorOcean,

В организационном построении CMEMS состоит из четырех центров подготовки информационной продукции на основе данных наблюдений (Thematic Assembly Centres - TAC), семи центров подготовки информационной продукции на основе моделирования (Monitoring and Forecasting Centres – MFC) и Центральной информационной системы. В состав MFC входят:

- Глобальный(GLO MFC);
- Арктический (Arctic MFC);
- Северо-западного шельфа (North-westshelf MFC);
- Иберийско-Ирландский (Iberia-biscay and Ireland MFC);
- Средиземноморский (Mediterranean sea MFC)
- Черноморский (Black sea MFC);
- Балтийский (BalticMFC).

Центры MFC генерируют информационные продукты о физическом состоянии океана и его биогеохимических характеристиках на основе модельных расчетов (прогнозы, ретроспективы и реанализы).

CMEMS ежегодно публикует Отчет о состоянии океана (OSR) с описанием изменчивости и тенденций во временной эволюции от прошлого к настоящему, применяя для этого Индикаторы мониторинга океана (OMI). Это исследование опирается на непрерывный и высококвалифицированный реанализ временных серий данных, близкий к режиму реального времени и который обеспечивают охват европейских морей с высоким разрешением. Отчет представляет собой актуальный справочный документ для научных и деловых кругов. Публикация резюме доклада позволяет лицам, принимающим решения, и широкой общественности получить актуальную информацию о состоянии океана в кратком, иллюстрированном и легко распространяемом формате.

Доступ к данным осуществляется через портал CMEMS, позволяющий осуществить выборку продуктов системы по таким критериям как тип данных, временной охват, параметры, акватория. К каждому продукту прилагается инструкция по

использованию (содержит описание процесса подготовки продукта, исходных данных, алгоритмов обработки и расчетных моделей, формата данных) и документ с описанием качества продукта и применяемых методов контроля.

CMEMS непрерывно эволюционирует благодаря использованию новейших научных и технологических достижений в области наблюдений со спутников и in-situ, моделирования и ассимиляции данных, в области телекоммуникационных сетей и обработки данных.

2.2.3 Другие зарубежные информационные системы

В ряду других наиболее значимых информационных систем, предоставляющих данные и информационные продукты о морской среде, можно отметить Систему интеграции и анализа данных (DIAS), действующую в Японии, австралийскую Интегрированную морскую систему (IMOS).

Система DIAS осуществляет сбор и хранение данных наблюдений за Землей и отдельными регионами за длительные периоды времени, анализ этих данных в сочетании с социально-экономической информацией, преобразование их в продукцию полезную для антикризисного регулирования в связи с экологическими катастрофами, распространение этой информации в Японии и за рубежом.

DIAS предоставляет интегрированный портал поддержки для создания метаданных, управления качеством и ввода данных. В системе осуществляется централизованная регистрация и публикация файлов метаданных, включая общедоступные URL-адреса данных и элементов наблюдения, на сайте портала наблюдений Земли Министерства образования, культуры, спорта, науки и техники (MEXT) с целью выпуска и обмена данными наблюдений для плана действий Японии по наблюдению Земли. Основную поддержку системе DIAS оказывает японское Агентство по морским наукам, наукам о Земле и технологиям (JAMSTEC), Национальный институт информатики (NII) и пять университетов.

Для архивирования, анализа и ассимиляции больших объемов данных DIAS имеет обширное пространство для хранения данных общей мощностью 50 Пб и аналитический кластер, включающий 16 ядер x 200 узлов (по состоянию на март 2021 года). Он также подключен к научно-информационной сети Национального института информатики (SINET) для высокоскоростной передачи данных в центры обработки данных и к суперкомпьютерам в удаленных организациях.

Приложения и инструменты DIAS представляют собой программное обеспечение и услуги, упакованные в инфраструктурную систему, которые реализуют хранение и поиск

данных, анализ, визуализацию и другие функции с целью создания научных знаний и поиска конкретных решений глобальных и локальных экологических проблем.

Австралийская Интегрированная морская система IMOS управляется консорциумом институтов как совместный венчурный проект. IMOS задумана как полностью интегрированная национальная система, осуществляющая наблюдения в глобальном и региональном масштабах и охватывающая физические, химические и биологические параметры. Сервисы IMOS, управляемые восемью различными учреждениями в рамках национальной инновационной программы, финансируются для развертывания оборудования и обеспечения доставки данных для использования всем австралийским и международным морским и климатическим научным сообществом.

IMOS усваивает данные 13 наблюдательных систем. Это данные буев Argo, добровольных судов, глубоководных зондирований, океанических глайдеров, данные национальной системы придонных буев, океанических радаров, спутниковые данные и другие. Данные наблюдений превращаются в IMOS в результаты, которые могут быть обнаружены, доступны, загружены и неограниченно использованы через онлайн-портал AODN. Портал AODN предоставляет доступ ко всем доступным австралийским морским и климатическим научным данным и обеспечивает первичный доступ к данным IMOS, включая доступ к метаданным IMOS. Поиск и обнаружение данных проводится по таким критериям как параметры, платформы, организации, виды данных, ключевые слова и по пространственно-временным границам.

2.3 Примеры информационных систем, защищенных патентами

Некоторые информационные системы, связанные с обработкой данных в области военной подсистемы, защищены патентами. Ниже следует несколько примеров.

В патенте (RU 2602428) указывается на отличие от аналогов, заключающееся в том, что «дополнительно рассчитываются прогнозы сценариев поведения групп потребителей, а информация о распределении параметров состояния атмосферы и гидросферы хранится и представляется в геоцентрической системе координат путем обеспечения непрерывного доступа к ней потребителей». Заявленный технический результат изобретения - повышение оперативности при освещении гидрометеорологической и ледовой обстановки.

Изобретение под номером CN 113268526 «Эффективные и удобные система и метод статистического анализа данных наблюдений океанских станций» обеспечивает статистический анализ данных наблюдений на океанских станциях. В соответствии с этим методом статистический расчет данных многоэлементных наблюдений на нескольких участках в любой период времени может выполняться за один раз, поперечное сравнение

статистических значений может выполняться визуально, документы статистических результатов могут экспортироваться партиями, а тематические элементы, статистические диаграммы можно динамически генерировать партиями, вызывая шаблон диаграммы, что делает работу по анализу данных более наглядной, эффективной и удобной.

В патенте (RU 2680652) предлагается «способ комплексного мониторинга природной среды (КМПС). Отличается от прототипов тем, что при его применении, однотипные циклы КМПС осуществляются не реже одного раза в пять лет на основе статистического анализа потоков комплексной информации. Выявляются наиболее информативные показатели наблюдений с целью актуализации, кластеризации в границах установленных территорий и разработки программ КМПС, базирующегося на дистанционных методах наблюдений и получении информации в режиме online». Для достижения технического результата создается автоматизированная система комплексного экологического мониторинга природной среды, включающая единый информационный Центр комплексного мониторинга природной среды.

Изобретение под номером CN 113252859 (A) «Крупномасштабная автоматическая система мониторинга качества воды в глубоких и дальних морях» относится к системе мониторинга, в частности к системе автоматического мониторинга качества воды в океане, в глубоком и дальнем море, и принадлежит к области мониторинга качества морской воды. Система включает судовой центр обработки данных и систему мониторинга на месте. Температура воды, значение pH и мутность морской воды контролируются с помощью модуля сбора данных, точка мониторинга позиционируется с помощью датчика позиционирования GPS. Сигналы позиционирования GPS передаются через беспроводное передающее устройство, и когда корабль обнаружения проходит вблизи системы мониторинга, судовой центр обработки данных, установленный на корабле обнаружения, принимает и сохраняет данные, переданные посредством модуля сбора данных. Решены технические проблемы, связанные с высокими затратами на мониторинг, ручным отбором проб и низкой частотой мониторинга.

Также довольно близким прототипом разрабатываемой системы можно считать *полезную модель под номером CN212658702* (U) «Многофункциональная система мониторинга для отслеживания и мониторинга морской среды большой площади в режиме реального времени».

Многофункциональное устройство включает в себя комплексное сенсорное устройство, самогенерирующий блок, блок накопления и подачи энергии и контроллер сбора данных, которые расположены на самостабилизирующемся носителе, а блок беспроводной связи используется для передачи данных мониторинга на береговую

платформу мониторинга и/или платформу мониторинга в космосе, и/или платформу морского базирования, и/или платформу мониторинга с воздуха, которые расположены вокруг устройства мониторинга любого узла сети.

В патенте CN 110081930 предлагается интегрированная система экологического мониторинга окружающей среды, которая содержит «модуль сбора данных, модуль передачи данных и модуль обработки данных, причем модуль сбора данных содержит блок сбора наземных данных, блок сбора воздушных и морских данных; модуль обработки данных и блок мониторинга в соответствии с изобретением осуществляют направленный, всепогодный дистанционный мониторинг и интеллектуальное раннее предупреждение и прогнозирование экологической среды». Заявленный технический результат «улучшение эффективность мониторинга».

3 Разработка технологий формирования целевых информационных ресурсов ЕСИМО

3.1 Состояние систем (комплексов) в области ГМОМД

В настоящее время предоставление ГМОМД производится, преимущественно, организациями Росгидромета в рамках реализации государственных заказов и по договорам согласно [5,6]. ГМОМД составляют системы (комплексы):

– наблюдений на базе отечественных и зарубежных сетей наземных пунктов наблюдений и космических аппаратов;

– оценки и прогнозирования параметров гидрометеорологических, ледовых и экологических условий в море и прибрежных территориях;

– управления данными, предоставления и распространения информации.

3.1.1 Системы наблюдений за океаном

3.1.1.1 Контактные наблюдения

В ходе ГМОМД применяются данные, получаемые сетями наблюдений Росгидромета (преимущественно), а также системами глобальных наблюдений в рамках международных программ по изучению океана. Для наблюдений используются разнообразные приборы и комплексы измерений, размещаемые на различных платформах наблюдений (таблица 3.1, источник - система OSCAR WMO, URL: https://space.oscar.wmo.int/).

Таблица 3.1 – Характеристики платформ наблюдений, используемых в системах наблюдений за океаном

Категория платформы	Измеряемые параметры	Режим доставки	Вертикальное покрытие	Горизонтальное покрытие
Заякоренная платформа	Поверхностные метео, подповерхност-ные гидрофизические и биохимические параметры	Отложенный режим	Точечные измерения на выбранных глубинах	Фиксированные координаты

Продолжение таблицы 3.1

Придонная сеть датчиков	Подповерхностные физические и биохимические параметры	Отложенный режим	Точечные измерения на выбранных глубинах	Фиксированные координаты
Кабельная сеть	Подповерхностные физические и биохимические параметры	В реальном времени	Точечные измерения на выбран-ных глубинах	Фиксированные координаты
Буи всплывающие	Физические и биохимические параметры на глубинах	Близкий к реальному времени	Профиль	Дрейфующие
Глайдеры	Подповерхностные физические и биохимические параметры	В реальном времени	Профиль	Изменяемые координаты
Буи на морском льду	Подповерхностные физические и биохимические параметры	В реальном времени	Точечные измерения на выбранных глубинах	Дрейфующие
Пилотируемые устройства	Подповерх-ностные физические и биохимические параметры	В реальном времени	Точечные измерения на выбранных глубинах	Изменяемые координаты

Продолжение таблицы 3.1

Повторяющиеся разрезы	Подповерх-ностные физические и биохимические параметры	В реальном времени	Профиль	Фиксирова-нные координаты на разрезе
Повторяющиеся разрезы с помощью самолетов	физические и биохимические параметры на поверхности	В реальном времени	Поверхность	Фиксированны е координаты на разрезе
Суда доброволь-ных наблюдений	Физические и параметры	В реальном времени	Поверхность	Случайные точки
Сеть наблюде-ний за приливами	Аномалия высоты поверхности	Близкий к реальному времени	Поверхность	Фиксированны е точки
Беспилотный летательный аппарат	Температура воды на поверхности, состояние поверхности моря, загрязнение нефтью	В реальном времени	Поверхность	Случайные точки

Глобальные наблюдательные системы сформированы и действуют, преимущественно, в программах Глобальной системы наблюдений за океаном (ГСНО) [7] и ее региональных альянсах EuroGOOS (URL:https://eurogoos.eu/), ArcticGOOS, SEAGOOS (URL: https://iocwestpac.org/south-east-asian-regional-goos) и другие, организованные Межправительственной океанографической комиссией (МОК) ЮНЕСКО и Всемирной метеорологической организацией (ВМО).

На настоящий момент наблюдения ведут платформы более чем 100 стран мира по направлениям: DBCP (группа сотрудничества по буям для сбора данных) дрейфующие и заякоренные буи в открытом море и тропические якорные стоянки; SOT (группа судовых

наблюдений): XBT (отрывные батитермографы), зондирование атмосферы, метеорологические наблюдения, Арго: буи для профилирования океана, OceanSITES: опорные станции глубоководных временных рядов, глайдеры. В составе действующих платформ наблюдений отметим:

– более чем 6000 добровольных судов (сводки о морских метеорологических условиях);

– свыше 120 добровольных судов (данные вертикального зондирования температуры и солености морской воды);

– более 100 фиксированных морских платформ (метео- и океанографические сводки);

– более 1400 дрейфующих метеобуев (метео сводки);

– более 3900 всплывающих буев типа АРГО (данные вертикального зондирования гидрофизических параметров моря);

– 398 заякоренных буев, передающих метео- и океанографические данные;

– около 290 пунктов уровенных наблюдений мареографом;

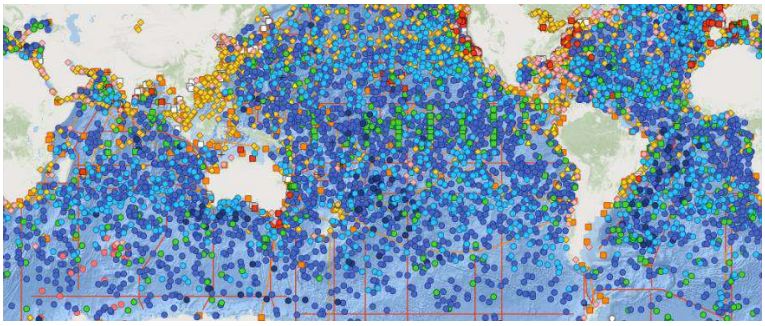
– 55 измерителей DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunami).

Сведения получены из базы сведений о глобальных системах наблюдений в Мировом океане Объединенного центра поддержки программы океанографических и морских метеорологических наблюдений МОК ЮНЕСКО и ВМО (JCOMMOPS) [8,9].

Перечисленные системы предназначены для слежения за метеорологическими и гидрологическими параметрами, для мониторинга и прогнозирования гидрофизических полей. В настоящее время действуют четыре основные наблюдательные подсистемы контактных профильных наблюдений: попутные судовые XBT-зондирования, заякоренные буи, ныряющие буи Арго и глайдеры (автономные необитаемые подводные аппараты, приводимый в движение гидродинамическими силами).

На рисунке 1 показано распределение стационарных и мобильных платформ наблюдений в Мировом океане по состоянию на 25-30 апреля 2022 года.

а)



б)

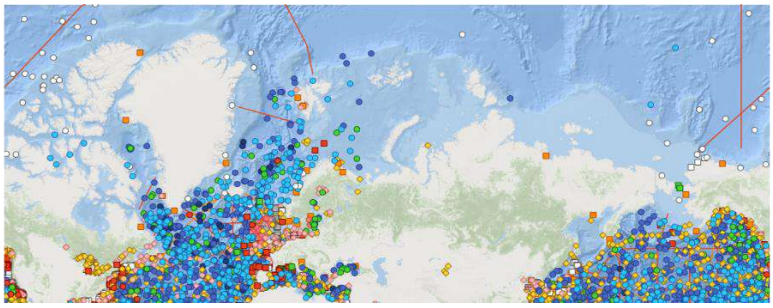


Рисунок 1 – Расположение платформ наблюдений наблюдений за океаном (состояние на апрель 2022 года, URL: https://www.ocean-ops.org/board): а) центральные части Атлантики и Тихого океанов, прилегающие моря; 2) Северный ледовитый океан и арктические моря России.

Из рисунка видно, что основная часть наблюдений производится в открытых частях океанов, причем российская арктическая зона отличается невысоким уровнем представления сведений о наблюдениях.

Рассмотренные выше системы наблюдений формируют оперативную информационную основу прогнозирования гидрометеорологических, гидрофизических и ледовых полей в глобальном и региональных масштабах в рамках Глобальной системы обработки данных и прогнозирования (ГСОДП, [10]) ВМО.

В Российской Федерации сети морских наблюдений контактными способами существенно слабее международных. По данным отраслевой автоматизированной системы учета наблюдательных подразделений (АСУНП) сети морских наблюдений Росгидромета включают:

– 187 прибрежных гидрометеорологических станций(постов), в их составе действуют 86 автоматизированных комплексов наблюдений;

– 55 пунктов наблюдений за уровнем моря (из них 21 автоматизированный измеритель, включая сеть национальной системы предупреждения цунами);

– 86 добровольных судов, осуществляющих сбор и передачу данных морских метеорологических наблюдений;

– 35 научно исследовательских судов (НИС) Минобрнауки России (РАН), Росгидромета, Минобороны России, Росрыболовства, осуществляющих наблюдения за морской средой. В среднем ежегодно проводится не менее 50 экспедиций, преимущественно в акваториях морей России;

– 12 малых НИС (плавсредств) Росгидромета, выполняющих наблюдения (в среднем более 200 станций в год) за загрязнением морской среды в прибрежной зоне морей России;

– 4 автономных буйковых метеостанции в Северном ледовитом океане.

Расположение объектов (прибрежные станции и посты, суда добровольных наблюдений, НИС Росгидромета) приведено на рисунке 2.

Рисунок 2 – Сеть морских наблюдений (прибрежные станции и посты, НИС Росгидромета и суда добровольных наблюдений по портам приписки)

В настоящее время освещенность океанографическими наблюдениями морей и прибрежных территорий России близка к критической. В среднем за год по всем морям России и прилегающим частям открытого океана отечественными экспедициями и с применением зондирующих комплексов производится 2200-2500 океанографических станций (зондирований),

В 2022 году средняя плотность морской береговой наблюдательной сети (без островных пунктов) Росгидромета составила в среднем 0.34 на 100 км морского побережья длиной 41274 км. Наименьшее расстояние между пунктами наблюдений зафиксировано в сети Балтийского моря (36-51км). На отдельных участках побережья Тихого океана, Охотского, Восточно-Сибирского, Карского, Чукотского морей, моря Лаптевых расстояние между пунктами прибрежных наблюдений достигает 800-1300 км. Для сравнения плотность прибрежных станций вдоль побережья европейских морей составляет около 50 км., а ВМО рекомендует обеспечивать расстояние между пунктами наблюдений не более 200 км.

В морях восточной Арктики есть районы, где прибрежные станции расположены на расстоянии более тысячи км.

Количество судов добровольных наблюдений уменьшилось с нескольких сонен в советское время до 86 единиц. Требуется установка автономных метеостанций на научно-исследовательских, транспортных, рыболовных и других типах судов. Данные

наблюдений на буровых платформах, проводимые коммерческими компаниями, не передаются по каналам АСПД и не доступны для широкого применения.

В плане Арктики выполняются регулярные наблюдения на полярных гидрометеорологических станциях и постах (рисунок 3). Часть полярных станций из-за финансовых трудностей была закрыта. В последние годы ведется оснащение сетей наблюдений автоматическими наблюдательными комплексами и 15 полярных станций восстановили свою работу в 2013-2019 годах.

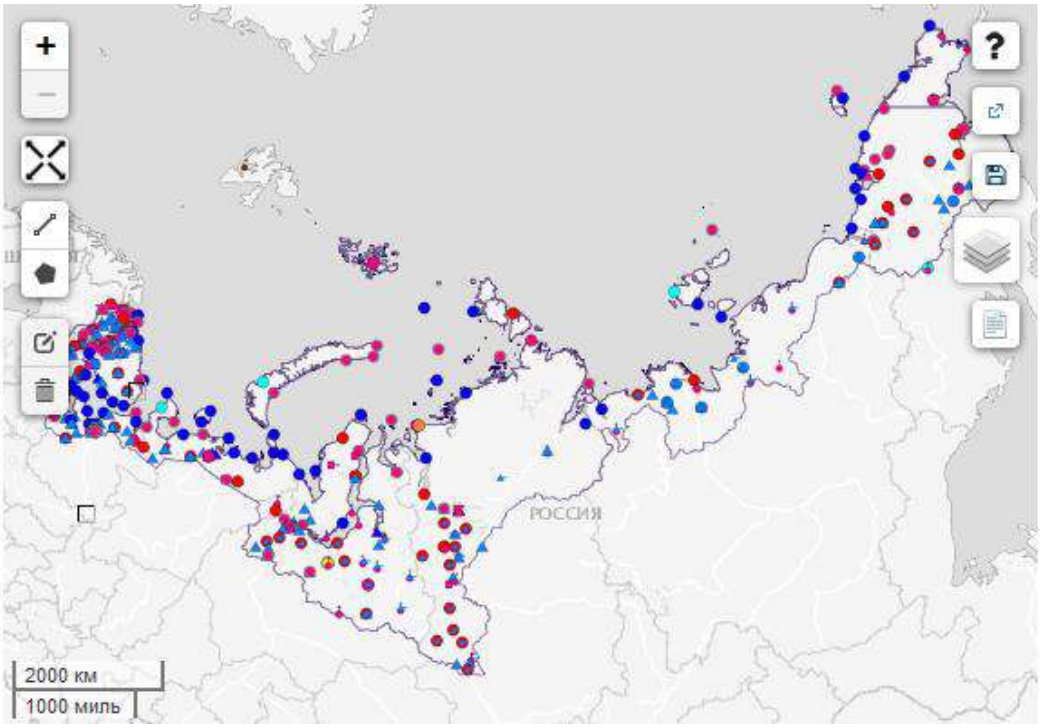


Рисунок 3 - Расположение действующих гидрометеорологических станций и постов Росгидромета в Арктической зоне РФ

Управление потоками оперативных данных наблюдений производится аналогично глобальным данным. Данные наблюдений распространяются по каналам АСПД Росгидромета для оперативного применения в морских прогнозах, Передача данных осуществляется в стандартизованных форматах сообщений ВМО и национальных форматах:

– метеорология (СИНОП, КЛИМАТ, КН-19, METAR, SPECI, WAREP, др.);

– измерения метеорологическими радиолокаторами (КМИ-85, RADOB);

– аэрология (PILOT, ТЕМП, др.);

– гидрология (КН-15, КН-24, HYDRA, др.);

– океанография, морская метеорология и лед (БАТИ, ТЕСАК, ШИП, МОРЕ, ЛЕД, BUOY, PILOT SHIP, TEMP SHIP);

– геофизика (МАГМА. ИОНКА, др.);

– загрязнение (КН-13, КРА-4).

ЕСИМО подключена к сети АСПД через ЦКС ВНИИГМИ-МЦД и имеет возможность использовать данные сетей наблюдений Росгидромета. В связи с установкой современных автоматических измерительных комплексов отдельные станции передают данные наблюдений прямо в организацию-владелец комплекса через Интернет-каналы. Это приводит к тому, что такие данные недоступны для решения задач ГМО морской деятельности.

В задержанном режиме данные передаются для хранения в центры данных по дисциплинарному признаку. В частности, в ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД” осуществляется накопление и долговременное хранение гидрометеорологических и океанографических данных и данных наблюдений за загрязнением моря в виде морской части государственного фонда данных по окружающей среде, а также использование данных для пополнения объединенных баз данных.

3.1.1.2 Космические наблюдения

Основным назначением метеорологических спутниковых систем (МСС) является обеспечение потребителей данными гидрометеорологических измерений из космоса [11]. Спутниковая гидрометеорологическая информация используется главным образом для задания исходного состояния атмосферы и подстилающей поверхности при разработке гидродинамических прогнозов.

Особую актуальность спутниковая ГМИ приобретает при освещении малонаселенных и труднодоступных районов Земного шара, а также территорий, на которых ведутся вооруженные конфликты и где нарушены наблюдения и обмен гидрометеорологической данными. Кроме того, при использовании спутниковой ГМИ могут быть эффективно решены некоторые задачи гидрометеорологического обеспечения, например, задача организации постоянной ледовой разведки в Арктике, которая необходима для обеспечения учебно-боевой подготовки разнородных сил и средств, базирующихся в данном регионе. В таблице 3.2 приведен перечень действующих в настоящее время космических аппаратов (КА), созданных в разных странах (Россия, США, Европа, Япония, Китай, Индия) и организациях, предназначенных для получения ГМИ различного вида.

Таблица 3.2 - Перечень действующих КА для получения ГМИ различного вида (OSCAR WMO, URL: https://space.oscar.wmo.int/satellites)

Организа-ция	**Наименование спутника**	**Характеристика спутника**		**Дата запуска**	**Дата оконча-ния**
		Назначение	**Орбита**		
RosHydroMet Roscosmos	**Arctica-M N1**	Оперативная метеорология. Высокие широты	Molniya orbit	28-02- 2021	≥2031
RosHydroMet Roscosmos	**Arctica-M N2**	Оперативная метеорология. Высокие широты	Molniya orbit	16-11-2021	≥2033
RosHydroMet Roscosmos	**Meteor-M N2**	Оперативная метеорология.	Sunsynch ronous orbit 820 km	08-07- 2014	≥2022
RosHydroMet Roscosmos	**Meteor-M N2-2**	Оперативная метеорология.	Sunsynch ronous orbit 821 km	05- 07- 2019	≥2024
RosHydroMet Roscosmos	**KANOPUS-V-IK-1**	Снимки территории Земли с высоким разрешением	Sunsynch ronous orbit 510 km	14- 07- 2017	≥2022
RosHydroMet Roscosmos	**KANOPUS-V3**	Снимки территории Земли с высоким разрешением	Sunsynch ronous orbit 510 km	01-02-2018	≥2023
RosHydroMet Roscosmos	**KANOPUS-V5**	Снимки территории Земли с высоким разрешением	Sunsynch ronous orbit 510 km	27 -12- 2018	≥2023
NASA , CSA, ESA, JAXA, Roscosmos	**ISS COWVR International Space Station (ISS) Compact Ocean Wind Vector Radiometer on the ISS**	Размещение на Международной космической станции компактного радиометра для наблюдений ветра над океаном (Compact Ocean Wind Vector Radiometer - COWVR).	Commissi oning Drifting orbit 407 km	21 -12- 2021	≥2024

Продолжение таблицы 3.2

NASA , CSA, ESA, JAXA, Roscosmos	**ISS DESIS** **DLR Earth Sensing Imaging Spectrometer on the ISS**	Размещение на Международной космической станции Спектрометра (DLR Earth Sensing Imaging Spectrometer)	Operational Drifting orbit	29 -06- 2018	≥2023
NASA , CSA, ESA, JAXA, Roscosmos	**ISS TEMPEST-1** **Temporal Experiment for Storms and Tropical Systems Technology - 1 on the ISS**	Проведение на Международной космической станции эксперимента наблюдений за штормами и тропическими системами	Operational Drifting orbit 400 km	21 -12- 2021	≥2025
NOAA/NASA/ EUMETSAT	**NOAA-19/POES** Polar Operational Environmental Satellites	Мониторинг облачности и осадков, влажности в атмосфере, снимки подстилающей поверхности в полярной зоне Земли	Sunsynchronous orbit 807km	13-05-1998	≥2023
NOAA, NASA	**NOAA-20**	Оперативная метеорология	Sunsynchronous orbit 834 km	18 -11- 2017	≥2024
NOAA, NASA	**SNPP**	Оперативная метеорология	Sunsynchronous orbit 833 km	28 -10- 2011	≥2024
NOAA, NASA	**DSCOVR** Deep Space Climate Observatory	Изучение процессов на Солнце. Измерение бюджета радиации на Земле	Lagrange libration	11-02- 2015	≥2026
NOAA, NASA	**GOES-16** Geostationary Operational Environmental Satellite - 16	Оперативная метеорология	Geostationary orbit 35786 km	19-11- 2016	≥2027
NOAA, NASA	**GOES-17** Geostationary Operational Environmental Satellite - 17	Оперативная метеорология	Geostationary orbit 35786 km	01-03- 2018	≥2029

Продолжение таблицы 3.2

NASA	**3D-Winds** (Lidar of 3D-Winds) Three-Dimensional Tropospheric Winds from Space-Based Lidar	Изучение динамики атмосферы (профилей ветра), содержания аэрозолей в атмосфере	Sunsynch ronous orbit	2021-10-22	End of life
NASA	**ACE** Advanced Composition Explorer	Физика солнца и погода в верхних слоях стратосферы	Lagrange libration point 1 1.5e+06 km	25 -08- 1997	2027
NASA	Aqua	Оперативная метеорология, наблюдения над океаном, содержание аэрозолей, атмосферная радиация	Sunsynch ronous orbit 705 km	04 -05- 2002	≥2023
NASA	**ARTEMIS-P1** Acceleration, Reconnection, Turbulence, and Electrodynamics of the Moon's Interaction with the Sun - P1	Погода в космосе, процессы в магнитосфере Земли	Lunar orbit	15 -07- 2011	≥2022
NASA	**ARTEMIS-P2** Acceleration, Reconnection, Turbulence, and Electrodynamics of the Moon's Interaction with the Sun - P2	Погода в космосе, процессы в магнитосфере Земли	Lunar orbit	15 Jul 2011	≥2022
NASA	ASCENDS Active Sensing of CO2 Emissions over Nights, Days, and Seasons	Изучение роли CO2 в глобальном углеродном цикле	Sunsynch ronous orbit 450 km	2017-07-20	End of life
NASA	Aura Earth Observation System - Aura	Изучение химического состава атмосферы	Sunsynch ronou orbit 705 km	2022-03-21	End of life

Продолжение таблицы 3.2

NASA	ICESat-2 Ice, Cloud and land Elevation Satellite	Наблюдения : за полярным льдом, толщиной льда и смещением ледовых масс; изучение облачности и содержания аэрозолей в атмосфере (вертикальных профилей); топографией и вегитацией.	Operational Drifting orbit 481 km	15 -09- 2018	End of life ≥2023
NASA	CloudSat	Наблюдение за облачностью	Sunsynchronous orbit 689 km	28 -04- 2006	End of life ≥2023
NASA	SMAP Soil Moisture Active-Passive	Гидрология атмосферы	Sunsynchronous orbit 685 km	31 -01- 2015	End of life ≥2025
NASA	**CYGNSS** (8 sats) Cyclone Global Navigation Satellite System (8 sats)	Наблюдения за приземным ветром и осадками над океаном в тропических циклонах.	Operational Drifting orbit 500 km	15 Dec 2016	≥2023
NASA	**SWOT** **Surface Water and Ocean Topography**	Топография океана, волнение, гидрология	Operational Drifting orbit 891 km	≥2022	≥2026
NASA	**TROPICS-1 (Pathfinder) Time-Resolved Observations of Precipitation structure and storm Intensity with a Constellation of Smallsats - 01**	Мониторинг тропических циклонов	Sunsynchronous orbit 550 km	30-06- 2021	30 Nov 2022
NASA	**TROPICS-02 - TROPICS-7** Time-Resolved Observations of Precipitation structure and storm Intensity with a Constellation of Smallsats - 01	Мониторинг тропических циклонов	Sunsynchronous orbit 550 km	Май 2022	≥2032

Продолжение таблицы 3.2

NASA , JAXA	**GPM Core Observatory** Global Precipitation Measurement - Core Observatory	Изучение атмосферных осадков	Operational Drifting orbit 407 km	27 -02- 2014	≥2025
NASA CNES	**CALIPSO** Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations	Изучение облачности и содержание аэрозолей в атмосфере	Sunsynchronous orbit 689 km	28 -04- 2006	≥2023
NASA , CNES, EUMETSAT, NOAA	**JASON-3** Joint Altimetry Satellite Oceanography Network - 3	Топография океана, волнение	Operational Drifting orbit 1336 km	17 -01- 2016	≥2023
NASA , DLR	**GRACE-FO (2 sats)** Gravity Recovery and Climate Experiment - Follow-on	Изучение гравитационного поля Земли. Зондирование атмосферы (построение профилей температуры, влажности)	Operational Drifting orbit 490 km	22 -05- 2018	≥2023
ESA , CDTI, CNES	**SMOS** Soil Moisture and Ocean **Salinity**	Соленость на поверхности океана, влажность в приводном слое атмосферы	Sunsynchronous orbit 755 km	02 -11- 2009	≥2025
ESA, EC	**Galileo** Constellation of 30 navigation satellites.	Часть глобальной системы навигации **(GNSS).** .	Operational Drifting orbit 23222 km	21 -10- 2011	≥2031
ESA, EC	**Sentinel-2A**	Наблюдения на Земле	Sunsynchronous orbit 786 km	23-06- 2015	≥2022
ESA, EC	**Sentinel-2B**	Наблюдения на Земле	Sunsynchronous orbit 786 km	07 -03- 2017	≥2024
ESA, EC	**Sentinel-1C**	Наблюдения высокого разрешения за погодой на суше и на море	Sunsynchronous orbit 693 km	≥2022	≥2029

Продолжение таблицы 3.2

ESA	**Aeolus**	Наблюдения за ветром и аэрозольным составом в атмосфере	Sunsynch ronous orbit 320 km	22 -08- 2018	≥2023
EUMETSAT/ESA	**Meteosat-10**	Оперативная метеорология	Геостаци онарный 35786 km	5-07-2012	≥2033
EUMETSAT/ESA	**Meteosat-11**	Оперативная метеорология	Геостаци онарный 35786 km	15-07-2012	≥2033
JAXA	**ALOS-2 Advanced Land Observing Satellite - 2**	Наблюдения на суше и океане	Sunsynch ronous orbit 640 km	24 -05- 2014	≥2022
JAXA	**COMPIRA** Coastal and Ocean measurement Mission with Precise and Innovative Radar Altimeter	Альтиметрия океана	Operation al Drifting orbit TBD	≥2022	≥2026
ISRO	**OceanSat-2 Satellite for the Ocean - 2**	Наблюдения за океаном.	Sunsynch ronous orbit 730 km	23 -09- 2009	≥2022
	INSAT-3D Indian National Satellite - 3D	Оперативная метеорология	Geostatio nary orbit 35786 km	25 -07- 2013	≥2022
	ResourceSat-2	Наблюдения на суше.	Sunsynch ronous orbit 817 km	20 -04- 2011	≥2022
	ResourceSat-2A	Наблюдения на суше.	Sunsynch ronous orbit 817 km	07-12- 2016	≥2022
ISRO	**EOS-01 Earth Observation Satellite - 01**	Разведка и ликвидация последствий стихийных бедствий.	Operation al Drifting orbit 555 km	07 -11-2020	≥2025
ISRO	**EOS-04 Earth Observation Satellite - 04**	Наблюдения на суше (гидрология, влажность, наводнения, состояние лесных массивов, сельское хозяйство)	Sunsynch ronous orbit 529 km	14 -02- 2022	≥2032

Продолжение таблицы 3.2

ISRO	**RISAT-2 Radar Imaging Satellite - 2**	Разведка и ликвидация последствий стихийных бедствий	Drifting orbit 440 km	20 -04- 2009	≥2022
	RISAT-2B Radar Imaging Satellite – 2B	Разведка и ликвидация последствий стихийных бедствий	Drifting orbit 440 km	22 -05- 2019	≥2024
	RISAT-2BR1	Разведка и ликвидация последствий стихийных бедствий	Drifting orbit 555 km	11 -12- 2019	≥2024
	HySIS Hyper Spectral Imaging Spectrometer	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением	Sunsynch ronous orbit 630 km	29 -11- 2018	≥2023
ISRO	**CartoSat-2A (IRS-P5)** CartoSat-2A	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением.	Sunsynch ronous orbit 635 km	28 -04- 2008	≥2022
ISRO	**CartoSat-2B**	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением.	Sunsynch ronous orbit 640 km	12 -07- 2010	≥2022
ISRO	**CartoSat-2C**	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением.	Sunsynch ronous orbit 505 km	22 -06- 2016	≥2022
ISRO	**CartoSat-2D**	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением.	Sunsynch ronous orbit 515 km	15 -02- 2017	≥2022
ISRO	**CartoSat-2E**	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением.	Sunsynch ronous orbit 505 km	23 -06- 2017	≥2022
ISRO	**CartoSat-2F**	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением.	Sunsynch ronous orbit 505 km	12 -01- 2018	≥2023

Продолжение таблицы 3.2

ISRO	**CartoSat-3**	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением.	Sunsynch ronous orbit 450 km	27 -11- 2019	≥2024
SpacEyes , CAST	**SuperView-1**	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением. Мониторинг стихийных бедствий.	Sunsynch ronous orbit 534 km	28 -12- 2016	≥2022
SpacEyes , CAST	**SuperView-3**	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением. Мониторинг стихийных бедствий	Sunsynch ronous orbit 500 km	09 -01- 2018	≥2023
SpacEyes , CAST	**SuperView Neo-1 01**	Наблюдения земной поверхности с высоким разрешением. Мониторинг стихийных бедствий	Sunsynch ronous orbit 495 km	29 -04- 2022	≥2028
CMA , NRSCC	**FY-2H Feng-Yun - 2H**	Оперативная метеорология	Geostatio nary orbit 35786 km	05 -06- 2018	≥2022
PLA , CAST	**TH-1C Tian Hui - 1C**	Наблюдения земной поверхности, картография	Sunsynch ronous orbit 498 km	26 -10- 2015	≥2022

Ниже приведены наименования организаций и стран, обеспечивающих получение спутниковой ГМИ:

– RosHydroMet – Федеральная служба по гидрометеорологии и окружающей природной среде (Россия, https://www.meteorf.gov.ru/);

– Roscosmos – Федеральное космическое агентство (Россия, https://www.roscosmos.ru/);

– NASA - National Aeronautics and Space Administration –(USA, http://www.nasa.gov};

– NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration (USA, http://www.nesdis.noaa.gov/);

– ESA - European Space Agency - (Europe, http://www.esa.eu];

– EUMETSAT- European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites, http://www.eumetsat.int;

– DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Germany, http://www.dlr.de/);

– JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency (Japan, http://www.jaxa.jp/index_e.html);

– ISRO - Indian Space Research Organisation – (Indian, http://www.isro.gov.in/);

– SpacEyes - Beijing Space View Tech Co Ltd - (China, http://www.spaceyes.com/en);

– CAST - Chinese Academy of Space Technology – (China, http://www.cast.cn);

– CMA - China Meteorological Administration –(China) http://www.cma.gov.cn/en/

– PLA - People's Liberation Army (in China).

В Российской Федерации в рамках реализации мероприятий Федеральной космической программы (ФКП) предусматривается создание МСС, состоящей из геостационарных и полярно-орбитальных спутниковых подсистем, а также систем нового поколения [12]. Разрабатывается многоцелевая спутниковая система «Арктика», в состав которой должны войти, в частности, высокоэллиптическая гидрометеорологическая подсистема «Арктика-М» и радиолокационная подсистема «Арктика-Р» [13].

В настоящее время российская орбитальная группировка состоит из двух полярно-орбитальных КА «Метеор-М» № 2 (запущен 8 июля 2014 г.) и «Метеор-М» № 2 -2 (запущен 5 июля 2019 г.) и многоцелевой спутниковой системы «Арктика», состоящей из двух спутников «Arctica-M N1» (запущен 28 февраля 2021 г.) и «Arctica-M N2» (запущен 16 ноября 2021 г.). Основными видами гидрометеорологической информации, поступающей с системы «Метеор-М» являются:

– карты облачности, подстилающей поверхности, в том числе ледового покрова, температура подстилающей поверхности;

– профили температуры и влажности, температура поверхности океана, интегральная влажность, водозапас облаков, интенсивность осадков;

– содержание озона и малых газовых компонент;

– мониторинг снежного и ледового покрова, гидрологических объектов, состояния суши и растительности.

Спутниковую гидрометеорологическую информацию (см. таблица 3.2) можно разделить на несколько групп в зависимости от области применения.

Первую представляет оперативная метеорология, необходимая для составления метеорологических и гидрологических прогнозов. Эта группа включает наблюдения за температурой воздуха, ветром, осадками, влажностью, химическим составом атмосферы.

Вторую группу представляет океанография, включающая, прежде всего, наблюдения за состоянием морской среды- температурой поверхности воды, волнением, ветром над океаном, ледовой обстановкой в морях и полярных районах Земли, альтиметрией. Информация создается в различных организациях по данным различных спутников.

Третью группу можно условно назвать «условиями для мореплавания», в эту группу можно включить некоторые виды спутниковой ГМИ из первых двух групп, а также дополнительно сведения о разведке и состоянии стихийных бедствий в прибрежных регионах и открытых районах океанов и морей, тропических циклонах, и другие.

В таблицах 3.3 и 3,4, а также на рисунках 4 и 5 приведены примеры спутниковой продукции, которая формируется в центрах NOAA и EUMETSAT/ESA.

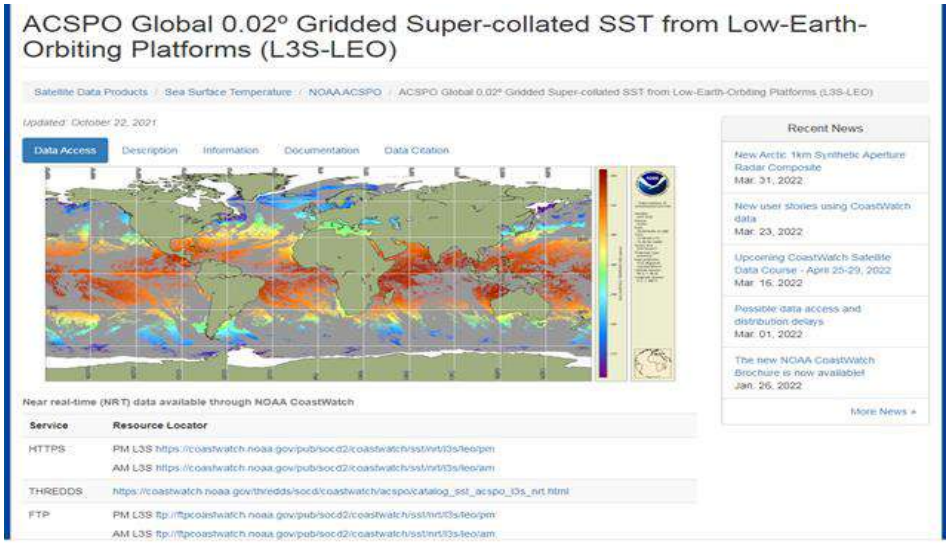


Рисунок 4 - Температура поверхности океана (SST) по данным спутников GOES-16/NOAA и GOES-17/NOAA. (URL: https://coastwatch.noaa.gov/cw/satellite-data-products/sea-surface-temperature/noaa-acspo/l3s-leo.html)

Таблица 3.3 - Примеры продукции с КА/ NOAA.
URL:https://www.star.nesdis.noaa.gov/portfolio/productListings.php#tab8

Параметры	Название спутника	Пространственнyее характеристики		Времен-ное разреше-ние	Доступность продукции
		представ-ление (георайон)	разре-шение (км)		
Sea Surface Temperature (ТПО)	SNPP/NOAA -20, Metop-A/B, NOAA-16 to 19, Terra/Aqua) and geostationary (GOES-16, Himawari-8) satellites.	Глобальное	2 км	1 сутки	Данные о температуре поверхности моря, полученные офисом NOAA/NESDIS/ OSPO с помощью датчика VIIRS (версия GDS 2). Данные в формате NetCDF
Sea Surface Temperature (ТПО)	GOES-16 GOES-17	Глобальное	0.02°	2 часа	ACSPO Global SST from ABI. Данные в формате NetCDF Доступны за последние сутки.
Альтиметрия	JASON-3	81.49° N to 81.49° S	0.173 km along track	1 сутки	Глобальные профили высоты морской поверхности с накоплением данных спутникового высотомера AltiKa (NCEI - 0174134) Данные в формате NetCDF
Тропические циклоны (скорость и направление приземного ветра)	GOES-16, GOES-17, Himawari-8, Meteosat-11, Metop-A, Metop-B, Metop-C, NOAA-18, NOAA-19	Глобальное	9 км	0.5 часа	Глобальный смешанный спутниковый анализ приземного ветра тропических циклонов

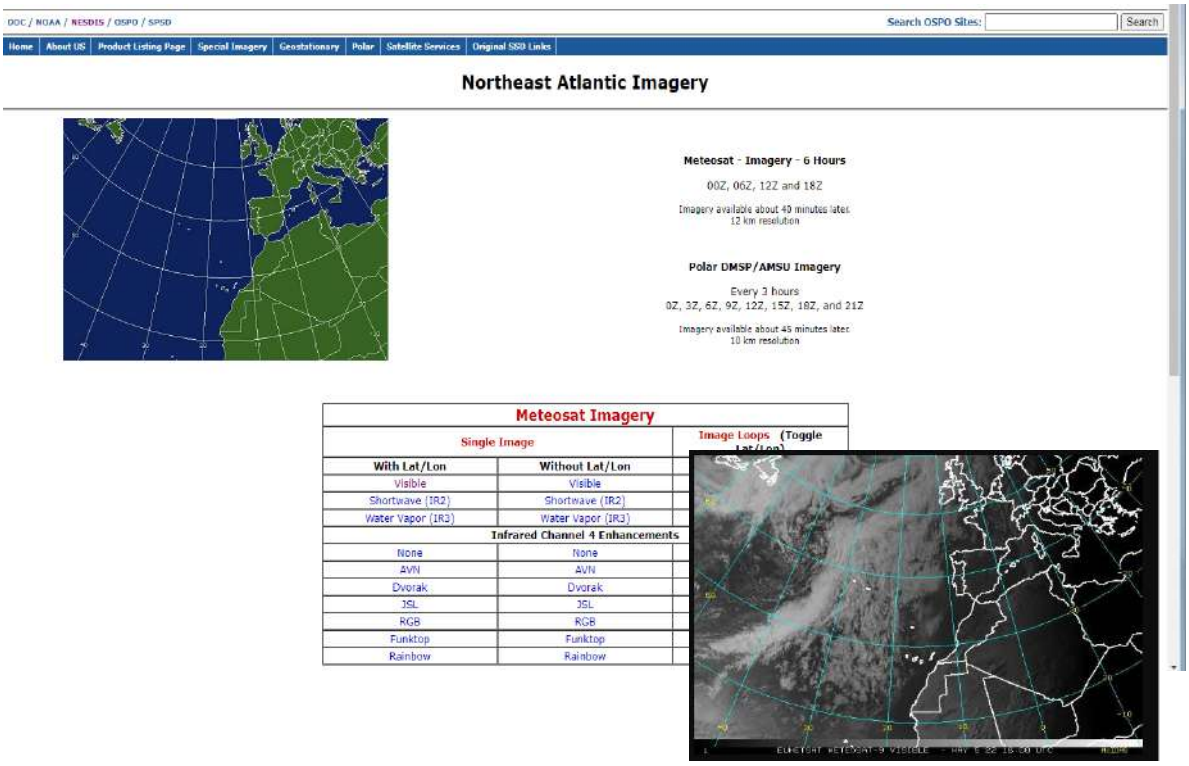


Рисунок 5 - Снимок в видимом спектре со геостационарного спутника Meteosat10 (EUMETSAT/ESA) 05 мая 2022 г. Регион: северо-восточная Атлантика (https://www.ssd.noaa.gov/imagery/neatl.html)

Таблица 3.4 - Примеры продукции EUMETSAT/ESA (URL: http://www.eumetsat.int)

Параметры	**Название спутника**	**Пространственные характеристики**		**Тип продукции**
		представление (георайон)	**разрешение**	
Температура поверхности океана (SST)	Metop	90°S to 90°N and 180°W to 180°E.	0.05 град.	Температура поверхности моря IASI L2PCore (GHRSST) с 24-03-2011 по настоящее время
Температура поверхности океана (SST)	Metop	90°S to 90°N and 180°W to 180°E.	0.05 град	Глобальная средняя температура поверхности моря L3C (GHRSST) с 1-09-2020 по настоящее время
Приземный ветер над океаном	Metop/	90°S to 90°N and 180°W to 180°E.		Ветры на поверхности океана ASCAT на 25-километровой узловой сетке - Metop - Региональная служба передачи данных с 11-12-2008 – по настоящее время

В настоящее время в России функции наземной инфраструктуры метеорологической спутниковой системы выполняет государственная территориально

распределенная система космического мониторинга Росгидромета (ГТРС). Основу ГТРС составляет ФГБУ «НИЦ «Планета» [14]. На сайте организации можно получить целый ряд спутниковой ГМИ: метеорологической, океанографической и гидрологической информации. В таблице 3.5 и на рисунке 6 представлены некоторые виды океанографической информации, предоставляемой ФГБУ «НИЦ «Планета».

Таблица 3.5 - Примеры продукции ФГБУ «НИЦ «Планета» (URL: https://www.dvrcpod.ru/Products.php)

Параметры	**Название спутника**	**Пространственное представление (георайон)**	**Временное разрешение**	**Тип продукции**
Температура поверхности морей	Метеор-М №2-2 Suomi NPP			Карты температуры поверхности морей
Ледовая обстановка	VIIRS(Suomi NPP/NOAA-20) MODIS(TERRA/AQUA) Метеор-М №2 Sentinel 2 Ресурс-П Канопус-В	Охотское море Берингово море Японское море Желтое море Северный Ледовитый океан	1 раз в сутки	Снимки
Скорость и направление приводного ветра	Метеор-М №2-2	Охотское море Берингово море Японское море Желтое море	1 раз в сутки	Снимки

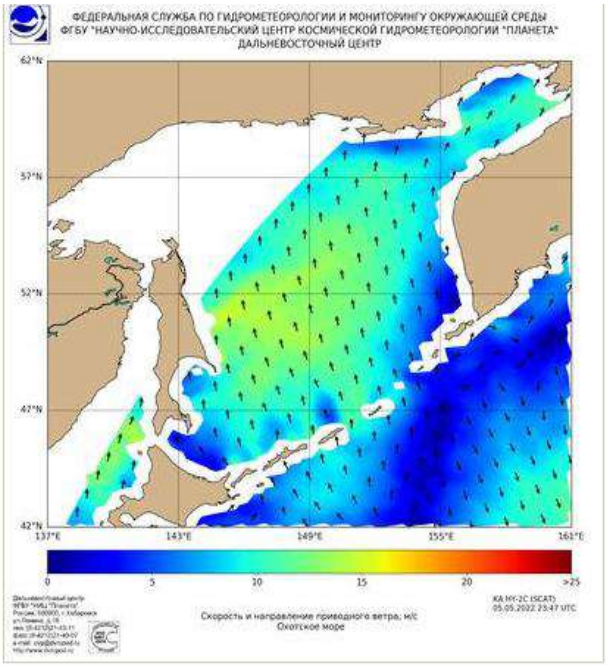


Рисунок 6 - Карта приземного ветра в районе Охотского моря. 05 мая 2022 г. ИСЗ Метеор-М №2-2 (НИЦ «Планета»).

Продукцию по состоянию ледового покрова в полярных регионах Земли, в том числе в арктической зоне России, северных и дальневосточных морях России, подготавливает ФГБУ «ААНИИ» Росгидромета (таблица 3.6, рисунок 7).

Таблица 3.6 -.Пример продукции, производимой в ФГБУ «ААНИИ» Росгидромета (URL:https://www.aari.ru/data/realtime)

Параметры	Название спутника	Пространственное представление (георайон)	Временное разрешение	Доступность продукции
Состояние ледового покрова	Terra/Aqua , Modis, Sentinel, NOAA-20, Meteor_A, B Radarsat-2	Арктический регион, моря России: Балтийское, Белое, Карское, Баренцево, Берингово, Охотское, Восточно-сибирское, Лаптевых, Чукотское, Каспийское	1 месяц	Генерализованные ледовые карты ,
Состояние ледового покрова	Terra, Modis, Sentinel	Антарктика, Южный океан	1 раз в неделю	Циркумполярные ледовые карты Южного океана

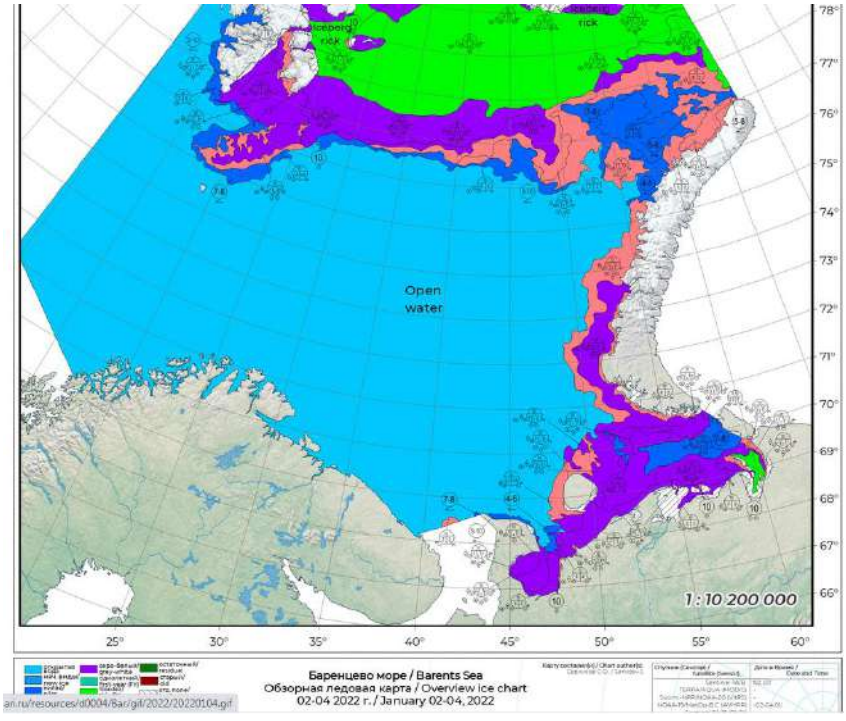


Рисунок 7 – Карта ледового состояния в Баренцевом море. Апрель 2022 г. (ААНИИ)

Завершая обзор систем и сетей наблюдений за океаном ответим следующее.

Существенная часть данных гидрометеорологических и океанографических наблюдений по Мировому океану включена в ЕСИМО и составляет более 30 % информационного пространства единой системы. В частности, центры ЕСИМО ФГБУ

“ВНИИГМИ-МЦД” и ФГБУ “ДВНИГМИ” Росгидромета на постоянной основе предоставляют в единую систему гидрометеорологическую и гидрофизическую информацию, поступающую из ГСТ ВМО и АСПД Росгидромета. Причем эта информация проходит предварительный контроль и трансформацию из сообщений ВМО в более простые и удобные для потребителей ASCII форматы табличного вида. Центры ЕСИМО ФГБУ “НИЦ Планета”, ФГБУ “ААНИИ” размещают в ЕСИМО спутниковую продукцию на основе снимков ДЗЗ российскими и зарубежными КА. Спутниковые данные и продукцию с российского КА “Канопус” планирует поставлять в ЕСИМО центр единой системы ГК “РКС” в ОАО” Научный центр оперативного мониторинга Земли”.

3.1.2 Базы глобальных данных

В мире работы по ведению баз глобальных данных наблюдений за океаном ведутся в России (ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД” - объединенные базы морских метеорологических и океанографических данных) и США (Национальный центр информации о природной среде НОАА, NOAA National center for environmental information) – База данных по Мировому океану (World Ocean Data Base, WOD).

Ведение баз объединенных глобальных данных морских метеорологических и океанографических наблюдений во ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД” производится в рамках реализации функций Национального центра океанографических данных (НЦОД) системы Международного обмена океанографическими данными (МООД) (URL: https://www.iode.org/) МОК ЮНЕСКО и Мирового центра данных (МЦД) – Б по океанографии, а также проекта ВМО по системе морских климатических справочников. Работы включают:

– прием данных океанографических наблюдений в виде отчетов учреждений РФ по итогам морских научных исследований (МНИ), данных морских метеорологических наблюдений от владельцев добровольных судов наблюдений;

– участие в проектах и программах МОК ЮНЕСКО и ВМО, обмен океанографическими и морскими метеорологическими данными с учреждениями – участниками;

– контроль и трансформация поступающих данных наблюдений в стандартизированные форматы, представление данных в Госфонд по гидрометеорологии и окружающей природной среде;

– контроль и загрузка данных в базу данных, периодическое формирование морских климатических данных.

Объединенные базы данных стали основой подготовки серии справочников, которые сформировали слой климатических данных в информационных ресурсах ЕСИМО

[15]. В настоящее время в единой системе зарегистрировано более 800 наборов климатических данных по различным районам (морям, океанам), параметрам, горизонтам наблюдений. Доступ к климатическим данным осуществляется с помощью приложений портала: URL http://www.esimo.ru/atlas/ (использованы данные наблюдений по 1995 г.), URL: http://esimo.ru/portal/portal/esimo-user/services/climate (использованы данные наблюдений с 1990 по 2020-2021 г.г.).

Объединенная база океанографических данных включает более 11,3 млн. океанографических станций (зондирований) по всему Мировому океану за период с 1804 по 2020 год. Распределение океанографических данных по годам с 1950 года показано на рисунке 3.8.

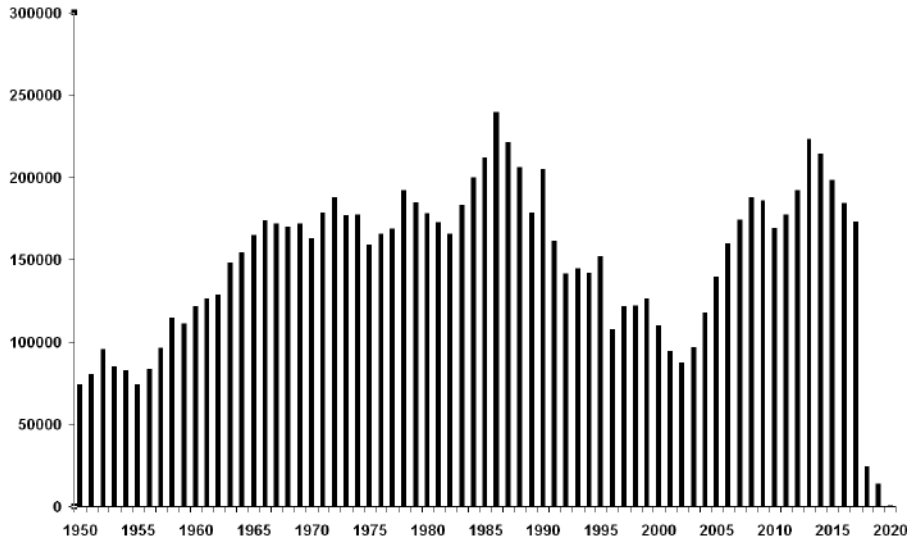


Рисунок 8 – Распределение океанографических данных по Мировому по годам наблюдений

Из рисунка отчетливо выражен период 1992 – 2001 г.г., когда экспедиционные исследования в России били фактически прекращены.

Данные зарубежных экспедиций составляют 83% объема объединенной базы океанографических данных, причем основная часть наблюдений выполнена в последние десятилетия. В таблице 3.7 приведено количество океанографических данных, полученных в экспедициях России(СССР) и ряда западных стран.

Таблица 3.7 - Распределение данных океанографических наблюдений за многолетний период исследований океана по странам производства наблюдений

Страна	Количество океан. станций (зондирований)
США	2573810
Россия (СССР)	1988754
Япония	1528217
Испания	959921
Канада	438793

Германия	258210
Франция	209705
Китай	59426
Другие страны	3297597

Помимо общего числа океанографических данных по Мировому океану, определенный интерес представляют собой характеристики данных по отдельным районам, в частности по крупным частям отдельных океанов и по отдельным морям. Эти сведения приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Характеристики объединенной базы данных океанографических наблюдений по районам Мирового океана

Наименование района Мирового океана	Год начала наблюдений	Год конца наблюдений	Количество океан. станций (зондирований)
Северный Ледовитый океан (> 80 с.ш.)	1894	2020	14279
Северная часть Атлантического океана	1862	2019	1789637
Тропическая часть Атлантического океана (30 с.ш.- 30 ю.ш)	1862	2019	729890
Южная часть Атлантики (30-60 ю.ш.)	1862	2019	231557
пролив Дрейка	1898	2019	13852
Северная часть Тихого океана	1804	2020	1734533
Тропическая часть Тихого океана (30 с.ш.- 30 ю.ш.)	1804	2019	1583826
Южная часть Тихого океана (30 - 60 ю.ш)	1827	2019	347737
Тропическая часть Индийского океана (10 с.ш.- 30 .ю.ш)	1827	2019	397859
Южная часть Индийского океана (30-60 ю.ш)	1818	2019	269807
Южный океан	1840	2019	112934
Баренцево море	1870	2019	284272
Белое море	1870	2015	61556
Карское море	1878	2014	42741
Море Лаптевых	1878	2018	11248
Восточно-Сибирское море	1878	2020	6418
Чукотское море	1849	2020	21013
Балтийское море	1860	2019	534552
Черное и Азовское моря	1884	2018	176294
Каспийское море	1914	2012	33671
Берингово море	1874	2020	88613
Охотское море	1887	2019	88823
Японское море	1887	2020	409060
Средиземное море	1864	2019	383727
Гудзонов залив	1891	1999	47371
Море Босфорта	1850	2019	17855

Продолжение таблицы 3.8

Гренландское море	1868	2019	111396
Море Баффина	1887	2019	169949
Норвежское море	1868	2019	247323
Северное море	1862	2019	455151
Желтое море	1817	2019	354073
Южно-Китайское море	1817	2019	117131
Карибское море	1864	2019	186731
Красное море	1827	2019	180195

Далее будут представлены графики временного распределения океанографических данных по отдельным регионам.

На рисунке 9 показано распределение океанографических данных во времени в Баренцевом море за период с 1950 года по 2020 год. Прослеживается та же тенденция по уменьшению с 1995 года количества данных, причина, скорее всего, связана с недостатком финансирования.

Показатели морских научных исследований в других арктических морях Российской федерации (Белом, Карском, Лаптевы, Восточно-сибирском, Чукотском морях) аналогичны.

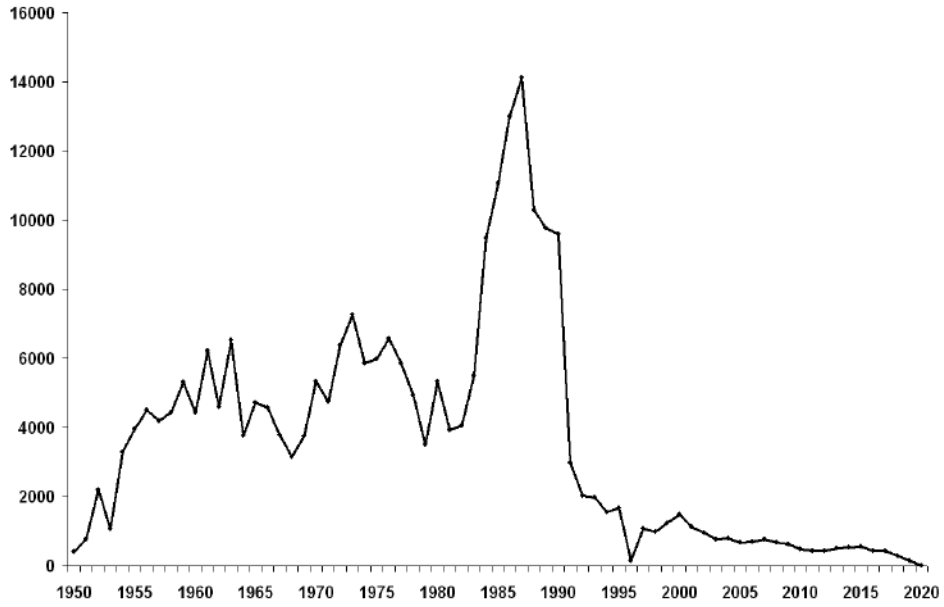


Рисунок 9 – Распределение по годам наблюдений океанографических данных по Баренцеву морю

Не лучше характеристики проведения океанографических экспедиций в дальневосточных и европейских морях России. Для примера на рисунке 10 показано состояние сбора данных по Черному и Азовскому морям.

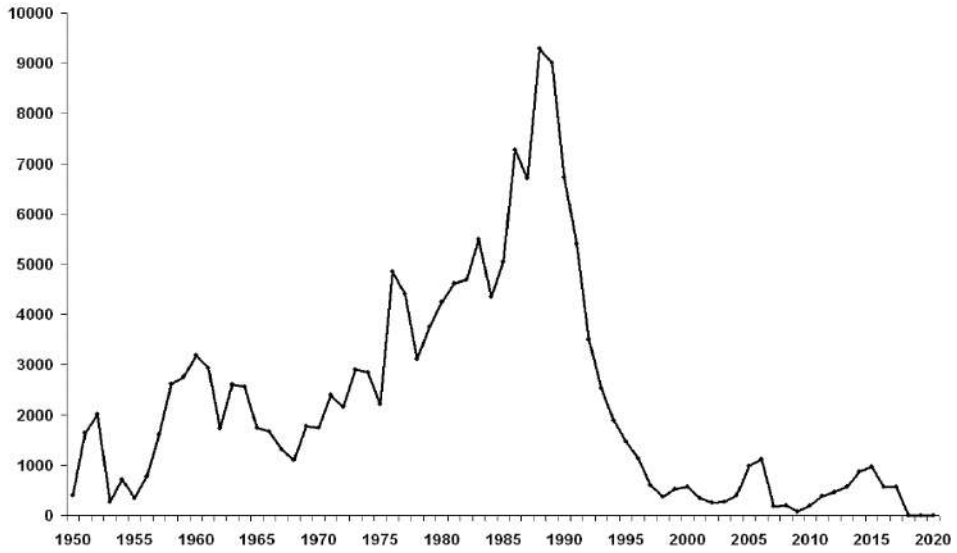


Рисунок 10 – Распределение по годам наблюдений океанографических данных по Черному и Азовскому морям

Объединенная база данных по морским метеорологическим наблюдениям добровольными судами включает более 101 млн. наблюдений по всему Мировому океану за период с 1888 по 2021 год (таблица 3.9).

Таблица 3.9 - Количественные характеристики объединенной базы данных морских метеонаблюдений по районам Мирового океана

Наименование района Мирового океана	Год начала наблюдений	Год конца наблюдений	Количество сроков наблюдений
Северный Ледовитый океан (выше 80 с.ш.)	1897	2021	92402
Северная часть Атлантического океана	1888	2021	20930033
Тропическая часть Атлантики (30 ю.ш-30с.ш)	1888	2021	8915175
Южная часть Атлантики (30-60ю.ш.)	1889	2021	983340
пролив Дрейка	1888	2021	60938
Северная часть Тихого океана	1888	2021	16725485
Тропическая часть Тихого океана (30 с.ш.-30 ю.ш.)	1888	2021	7625899
Южная часть Тихого океана (30- 60 ю.ш)	1888	2021	1215614
Тропическая ч. Индийского океана (10 с.ш.-30 .ю.ш)	1888	2021	2410998
Южная часть Индийского океана (30-60ю.ш)	1899	2021	1193907
Южный океан	1888	2021	333946
Баренцево море	1888	2021	1041976
Белое море	1900	2021	159295
Карское море	1900	2021	123667
Море Лаптевых	1906	2021	27850
Восточно-Сибирское море	1889	2021	28394
Чукотское море	1951	2021	66743
Балтийское море	1888	2021	2687639
Черное море	1891	2021	256191

Продолжение таблицы 3.9

Азовское море	1913	2020	11275
Каспийское море	1888	2011	268839
Берингово море	1888	2021	1561311
Охотское море	1888	2021	1204714
Японское море	1888	2021	1005187
Гренландское море	1888	2021	316569
Море Босфорта	1937	2021	228131
Море Баффина	1888	2021	1005492
Норвежское море	1888	2021	3182568
Северное море	1888	2021	14924244
Средиземное море	1888	2021	3538282
Гудзонов залив	1953	2021	172544
Карибское море	1888	2021	4830274
Желтое море	1888	2021	740345
Южно-Китайское море	1891	2021	1518264
Красное море	1897	2021	1581432

Распределение данных морских метеонаблюдений во времени также неравномерно. Ниже показаны графические представления данных по годам для отдельным регионам.

Рисунок 11 отображает сложившуюся динамику изменения количества данных судовых метеонаблюдений по годам в Баренцевом море за период, начиная с 1950 года по 2020 год. Видна та же тенденция по уменьшению количества наблюдений от года к году, как и в производстве океанографических данных, однако, причина, скорее всего, в проблемах с передачей данных наблюдений добровольными судами в ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”.

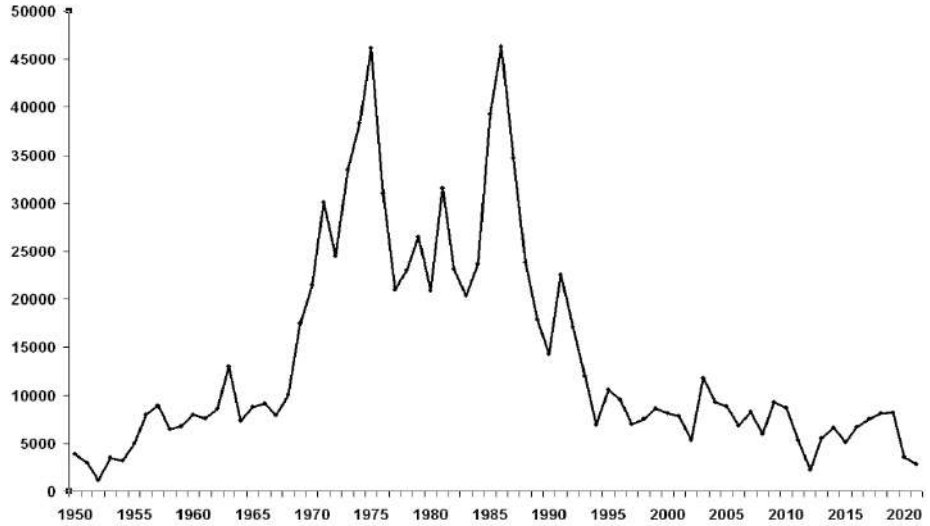


Рисунок 11 – Распределение по годам морских метеорологических данных наблюдений по Баренцеву морю

Аналогичные итоги дает анализ количества метеонаблюдений по годам наблюдений по дальневосточным и европейским морям России. Для примера на рисунке 12 показано состояние данных по Черному и Азовскому морям.

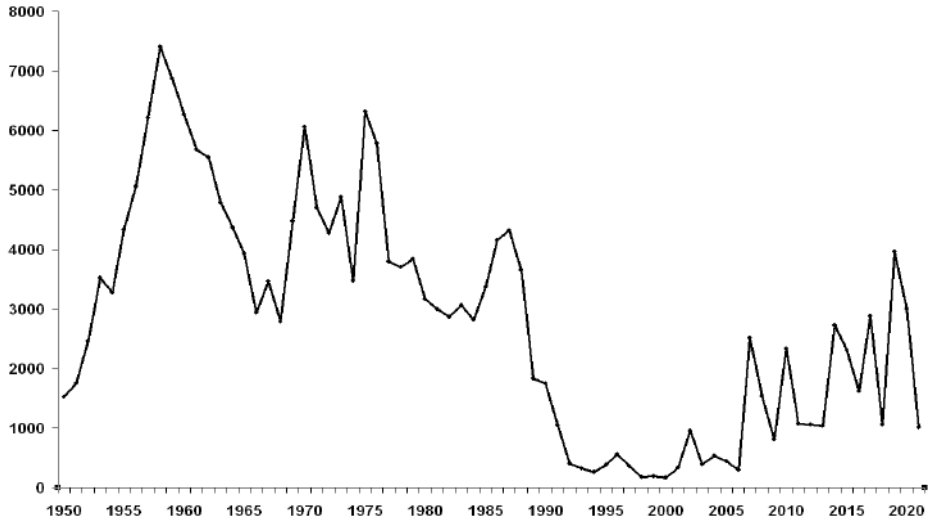


Рисунок 12 – Распределение по годам наблюдений морских метеорологических данных по Черному и Азовскому морям

2.2.3 Системы обработки и прогнозирования

Подготовкой и доведением до конечных потребителей данных наблюдений, климатической и прогностической информации по океанам, морям и прибрежным территориям в Росгидромете занимаются преимущественно морские НИУ и УГМС (всего более 20 учреждений).

Прогностическая информация включает анализы и прогнозы погодных и ледовых условий, состояния уровня и поверхности моря, а также прогнозы обледенения морских судов и конструкций, распространения загрязнений (аварийные разливы нефти и нефтепродуктов), сведения по оптимальным маршрутам плавания. Для ее получения применяются разнообразные средства и технологии обработки данных и прогнозирования на основе методов гидродинамического моделирования и усвоения данных наблюдений [16, 17].

Климатическая (обобщенная) информации классифицируется по тематическим разделам: метеорологические, гидрологические и гидрохимические, ледовые условия, состояние загрязнения моря. Для получения климатических данных используются различные алгоритмы фильтрации и оценивания методами классической статистики и обработки малых выборок]15.18].

Основным каналом взаимодействия является АСПД Росгидромета, обеспечивающая передачу фактической и прогностической гидрометеорологической и гидрофизической информации в буквенно-цифровых и бинарных кодах:

– данные наблюдений от наземных, судовых, береговых, аэрологических станций, гидрологических постов, аэропортов за установленные сроки наблюдений, самолетов, метеорологических радиолокаторов гражданской авиации, метеорологических искусственных спутников земли, морских буев;

– прогностические (расчетные) данные от главного вычислительного центра Росгидромета, зарубежных прогностических центров, участвующих в международном обмене, оповещения и предупреждения об опасных явлениях погоды, о цунами, о тропических циклонах в соответствующих кодах.

При этом поток данных АСПД включает не более 50-60 % морской информации, производимой НИУ и УГМС Росгидромета в настоящее время.

В процессах подготовки информации учреждениями Росгидромета широко применяются современные программно-технические решения и, на настоящий момент, цифровая зрелость средств и технологий Росгидромета может быть оценена как достижение автоматизации определенного уровня.

С другой стороны, отметим, что каждое учреждение использует преимущественно оригинальные ИТ-решения в виде разнородных и несовместимых средств управления данными и доведения информации до потребителя.

В результате проведенных исследований (см. раздел 1 НТО) были выделены отечественные, зарубежные и международные информационные системы, играющие ведущую роль в организации ГМОМД:

Дополнительно рассмотрены зарубежные и международные системы данных, которые представляют собой основные источники информационной продукции в процессе ГМОМД (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Зарубежные и международные системы гидрометеорологических данных

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration/USA
NCEP – National Centers for Environmental Prediction /USA
CPC - Climate Prediction Center/ USA
NODC - National Oceanographic Data Center/ USA,
ECMWF- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
CDC - Climate Data Center / Germany's National Meteorological Service,
DWD - Deutscher Wetterdienst / Germany's National Meteorological Service (Немецкая служба погоды)
JODC - Japan Oceanographic Data Center
NMDIS - National Marine Data & Information Service/Китай
KODC – Korea Oceanographic Data Center
InMeteo - / Чехия

Наименование системы	**Название организации**	**Источник данных**	**Вид данных**	**Адрес (ftp, API, http, URL)**
The NCEP Global Real-Time Ocean Forecast System (Global RTOFS)	NOAA/Ocean Prediction Center	U.S. Navy implementation of Global HYCOM	*Температура поверхности океана, течения (оперативные ежедневные данные, в том числе за последний день)*: Цифровые глобальные поля (разрешение 1/12 град), региональные поля (разрешение 1/36 град), формат представления GRIB2. Спутниковые снимки *Прогностические карты погоды над океанами (*Атлантика, Тихий океан, Аляска, Арктика*)* *Мониторинг и прогнозирование развития штормов в Северной Атлантике (вдоль восточного побережья США),* Карты, цифровые данные (в формате NetCDF, GRIB)	https://ocean.weather.gov/Current_fcasts.php

Продолжение таблицы 3.10

The Global Forecast System (GFS)	NCEP	The Global Data Assimilation System (GDAS)	*Синоптические прогностические данные на период до 16 дней.* Цифровые глобальные поля (разрешение 13 км), формат представления GRIB2,	ftp://ftp.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod
NOAA Operational Model Archive and Distribution System	NCEP		*Глобальные синоптические прогностические данные* (временной масштаб 6 час,, пространственный: 0.25, 0.50, 1.00 град) *Сведения о реанализе NCEP/DOE AMIP-II и данные в формате GRIB*	https://nomads.ncep.noaa.gov/
NOAA Satellite and Information Service	NODC	The Global Temperature and Salinity Profile Programme (GTSPP)	Океанография, уровень, спутниковая информация, гидрометеорология, береговая линия, рельеф дна, продукция и др. *Оперативные данные GTSPP* Профили (станции), Регионы: Атлантика, Тихий океан, Индийский океан Формат: netCDF Период: с 1990 по настоящее время.	http://www.nodc.noaa.gov/ ftp://ftp-ams.ncei.noaa.gov/nodc/data/gtspp/realtime/
NCEP Global Ocean Data Assimilation System (GODAS)	NOAA/ CPC/ США	NOAA/ CPC	Селеность океана, потоки тепла. Данные в узлах сетки на 40 уровнях за период с 1980 г по настоящее время; разрешение: 0.333 град по широте и 1.0 град по долготе. Ежемесячные и пентадные цифровые данные в узлах сетки в формате GRIB	https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/climatology.shtml
		NOAA/Physical Sciences Laboratory	Цифровые данные в формате NetCDF4, Карты	https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.godas.html#detail

Продолжение таблицы 3.10

Meteorological Archival and Retrieval System (MARS)	ECMWF/ Великобритания	Atmospheric Model high resolution 10-day forecast (Set I - HRES)	*Синоптические прогностические карты ,* временное разрешение (6 часов) Цифровые данные в узлах сетки: *1. Реанализ ERA-INTERIM (1979-2019): метеорологические данные* на поверхности и 37 изобарических поверхностях с временным разрешением 6 часов и пространственным разрешением 0.75° x0.75°. океанографические данные (волнение) 2. Реанализ ERA5 (1979-настоящее время): метеорологические данные на поверхности и 37 изобарических поверхностях с временным разрешением 1 час и пространственным разрешением 0.25° x0.25°. *океанографические данные (волнение)*	https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/
CDC-OpenData	DWD Climate Data Center (CDC) / Германия	DWD	*Станционные метеорологические данные с территории Германии*, 36 параметров (температура воздуха, давление, влажность, осадки и др.) Временное разрешение: 10 мин, 1 час, сутки, месяц, а также среднемноголетние значения. *Данные осадков в узлах сетки (территории Германии)* в различном временном масштабе (ежечасные, ежедневные , ежемесячные)	https://opendata.dwd.de/

Продолжение таблицы 3.10

Ventusky	InMeteo / Чехия	DWD, NOAA	*Визуальное отображение всех среднесуточных значений метеорологических параметров на карте* (температура воздуха приземная и на изобарических поверхностях, атмосферное давление, осадки, влажность, скорость и направление ветра, облачность, грозы, волнение, состояние снежного покрова). *Регион*: Земной шар *Период*: с января 1979 г по настоящее время *Вид данных*: прогностические и анализ Данные : DWD Climate Data Center, NOAA	https://www.ventusky.com/bracknell
J-DOSS : JODC Data On-line Service System	Japan Oceanographic Data Center/ Япония		Глубоководная океанография, течения, приливные течения, уровень, загрязнение вод, морская биология, батиметрия *Регион* : Японское море, северо-западная часть Тихого океана. *Станционные данные* (CTD, XBT, BT - температура, соленость, гидрохимия) Период: 1772 – 2018 гг. Файлы цифровых данных, карты; *Данные течений* (цифровые файлы, карты): 1854-2010; *Статистические характеристики* (температура, соленость, течения, разрешение:1-град), карты И др.	http://www.jodc.go.jp/

Продолжение таблицы 3.10

Korea National Delayed Mode Data Base (DMDB)	KODC	National Institute of Fisheries Science (NIFS)	Океанография, прибрежная гидрометеорология, загрязнение, прогнозы; океанографический атлас прибрежных вод; спутниковые снимки ТПО; NEAR- GOOS *Прибрежные станционные наблюдения* (за последние сутки): температура поверхности, давление. *Океанографические наблюдения на станциях (за последние сутки)::* Температура воды на глубинах. Регион: Желтое, Японское, Восточно-Китайское море Данные в формате ASCII и Excel	https://www.nifs.go.kr/kodc/eng/01_about/02.jsp
National Marine Data & Information Service/			Океанография, морская метеорология, биология, геология и геофизика; приливные течения и уровень; загрязнение вод; карты поверхностных течений в западных тропиках Тихого океана; NEAR-GOOS	http://www.nmdis.gov.cn/

3.2 Технологии центров ЕСИМО

Очевидно. что к информации ГМОМД предъявляются специфические требования, вызванные особенностями зависимости морских объектов и процессов от ГМУ. В связи с указанным требуется наладить информационное производство целевой информации в интересах ГМОМД, предусматривая разработку и внедрение на стороне центров ЕСИМО средств и технологий:

– обогащения предоставляемой в АС ГМО ВМФ информации оценками ОЯ и их воздействия на морские объекты и операции, проактивными сведениями;

– гармонизация данных для прямого применения потребителями ГМОМД (выборки информации, комплексирования информации в виде электронных справок и бюллетеней, форматирование информации по заказу и др.).

В настоящем разделе отчета приводятся принятые и реализованные решения исполнителей темы по совершенствованию тематических средств и технологий обработки данных и формирования целевых информационных ресурсов ЕСИМО в интересах осуществления ГМОМД.

3.2.1 Центр ЕСИМО ФГБУ “ААНИИ”

В ФГБУ «ААНИИ» развитие тематических средств и технологий обработки данных и формирования целевых информационных ресурсов ЕСИМО связано с модернизацией системы «Север».

Модернизируемая система «Север» будет полностью автоматически осуществлять сбор, предобработку, хранение и выгрузку данных, необходимых для информационного производства. Средства и технологии системы «Север» обеспечивают формирование и обновление гидрометинформации и ледовых данных по арктическим морям России для оперативного мониторинга ледяного покрова и информационного обеспечения морской деятельности в Арктике.

В составе системы действуют и в настоящее время модернизируются набор ПО, баз данных и технологий, обеспечивающих получение различной продукции:

– метеорологический прогноз заблаговременностью 1 месяц с детализацией по районам плавания;

– метеорологический прогноз и формирование штормовых предупреждений по районам плавания заблаговременностью до 5 суток;

– ледовая обстановка по данным ИСЗ низкого разрешения по районам плавания 1-2 раза в сутки;

– ежедневные карты фактического положения кромки и границы однолетнего льда;

– обзорные ледовые карты по районам плавания на основе обобщения данных ИСЗ 2 раза в неделю;

– ледовые прогнозы заблаговременностью 1-5 суток в районе ледовой проводки судов;

– космоснимки по данным радиолокационных съемок ИСЗ с разрешением 100 м и размером сцены 400х400 км 2 раза в неделю;

– детализированные ледовые карты по районам ледовой проводки.

Тематические средства и технологии формирования информационной продукции/ресурсов реализуются посредством применения специализированных по видам технологий автоматизированных рабочих мест операторов системы.

В настоящее время эта информационная продукция системы частично (не менее 60 %) включена в ЕСИМО. Применение информации системы в интересах ГМОМД на основе ЕСИМО требует отдельного рассмотрения как в части организационно-функционального, так и программно-технического взаимодействия.

Детальные спецификации тематических средств и технологий Центра ЕСИМО ФГБУ “ААНИИ” приведены в Приложении В и промежуточном отчете за 2022 год [30].

3.2.2 Центр ЕСИМО ФГБУ «ГМЦ России»

В ФГБУ “ГМЦ России” получение оперативной информации для ГМОМД осуществляется посредством реализации следующих технологий:

– система усвоения океанографических данных;

– технология оперативного представления данных спутниковой альтиметрии;

– технология интерактивного доступа к данным о температуре поверхности океана;

– технология представления прогноза метеорологических полей с высоким пространственным разрешением;

– технология глобального прогноза и диагноза параметров состояния приводного слоя Мирового океана;

– технология прогноза параметров ветрового волнения в Мировом океане;

– технология анализа температуры поверхности воды в Мировом океане;

– технология прогноза уровня и течений в Каспийском море.

Технологии развернуты на серверах ФГБУ “ГМЦ России” и они интегрированы с ЕСИМО. Для накопления и управления данными применяются преимущественно наборы структурированных файлов данных.

Технологии ФГБУ “ГМЦ России” формируют следующие виды информационной продукции:

– обзор текущей обстановки в океанах и морях – ежедневно, за исключением выходных и праздничных дней;

– прогноз метеорологических условий в Мировом океане и на акватории отдельных морей – два раза в сутки;

– метеорологические анализы и прогнозы зарубежных центров – два раза в сутки;

– прогноз параметров ветровых волн в Мировом океане и отдельных морях – два раза в сутки;

– прогнозы погоды в портовых и других городах – ежедневно;

– интерактивный доступ к полям метеорологических прогнозов – ежедневно;

– анализ состояния ледового покрова в Арктике и Антарктике – еженедельно;

– объективный анализ полей температуры поверхности океана и морей – ежедневно;

– анализ текущего состояния верхнего слоя Мирового океана на базе усвоения данных по температуре и солености воды в океане – ежедневно;

– прогноз штормовых нагонов в Каспийском море – два раза в сутки;

– месячный прогноз ледовых условий для неарктических морей (в холодный период года).

Информационная продукция системы полностью включена в СРБД ЕСИМО и находится под управлением центрального сетевого узла единой системы. Обеспечение потребителей информационной продукцией осуществляется как непосредственно из ФГБУ “ГМЦ России” (в том числе с применением автономных web-приложений), так и через портал ЕСИМО.

Планируется использовать продукцию технологий для решения прикладных задач ГМОМД:

– ГМО плавания судов и морских перевозок;

– ГМО портовой деятельности;

– ГМО поисково-спасательных операций;

– ГМО рыбохозяйственной деятельности;

– ГМО добычи нефти и газа, полезных ископаемых;

– ГМО отдыха и спортивных мероприятий на воде.

Для подготовки настоящего раздела использованы извлечения из Порядка и регламента деятельности центра ЕСИМО в ФГБУ “ГМЦ России”. Дополнительные сведения о средствах и технологий подготовки целевых информационных ресурсов ЕСИМО для ГМОМД рассматриваемой тематики и спецификаций приведены в публикациях [17,19].

3.2.3 Центр ЕСИМО ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»

Развитие средств и технологии подготовки информации для ГМОМД в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» ориентировано на формирование и обновление оперативной и климатической информации по гидрометеорологии, гидрофизике и гидрохимии по морям России и ключевым районам Мирового океана (МО).

Модернизация была проведена относительно следующих технологий:

– технология накопления и ведения оперативных морских гидрометеорологических и океанографических данных, поступающих по каналам АСПД/ГСТ;

– технология сбора, обработки и накопления данных океанографических наблюдений, проводимых на научно-исследовательских судах и других наблюдательных платформах

– технологии формирования и ведения семи различных баз данных по морской природной среде по МО и морям РФ;

– технология формирования и ведения объединенных баз прибрежных гидрометеорологических данных по российскому побережью;

– технология получения климатических и режимно-справочных характеристик морской среды.

3.2.3.1 Технология формирования оперативных данных АСПД/ГСТ

Используемая в ЕСИМО технология накопления и ведения оперативных морских гидрометеорологических и океанографических данных, поступающих по каналам связи, в отчетном году была модернизирована в части приема и усвоения оперативных данных, а также подготовки обобщенной информации на основе оперативных данных.

Информация ото всех наблюдательных платформ, действующих под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО), поступает в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» в центр коммутации сообщений (ЦКС) по каналам глобальной системы телесвязи (ГСТ) как в традиционных буквенно-цифровых кодовых формах, так и в двоичных кодовых формах.

В настоящее время все более превалирует поток данных в таблично-ориентированных кодовых формах (ТОКФ или BUFR), что требует создания новых программных средств для усвоения оперативных данных, поступающих в коде BUFR.

Сам код BUFR представляет компактный способ передачи оперативных данных в их двоичном представлении и является машинно-ориентированным, поскольку и кодирование, и декодирование возможны только с использованием компьютера при наличии соответствующих ПС.

ВМО рекомендует использовать BUFR во всех существующих и создаваемых автоматизированных системах наблюдений и передачи данных. Двоичная универсальная форма для представления гидрометданных (BUFR) подробно описана в работах [20, 21].

При решении задачи расширения потока океанографических данных, после проведенного анализа, были определены наиболее популярные и часто встречающиеся шаблоны передачи и дескрипторы описания данных океанографических сообщений в коде BUFR [22, 23].

В отчетный период были разработаны ПС приема, обработки и формирования новых разделов базы данных океанографической информации, поступающей в коде BUFR. В настоящее время база данных гидрометеорологической информации, соответствующая параметрам и характеристикам сводок, поступающих по каналам связи в кодах BUFR по океанографии, функционирует в тестовом режиме.

Для новых разделов БД был разработан перечень и структуры таблиц реляционной БД океанографической информации для категории 31 (океанографические данные), подкатегории 4 (сообщения с подповерхностных буев), профили по шаблонам 3 15 003 +3 06 018 +3 06 037:

– BUOY_STATION_BUFR – таблица для хранения идентификационной части сообщения для категории 31 (океанографические данные), подкатегории 4 (сообщения с подповерхностных буев);

– BUOY_LEVEL_BUFR – таблица для хранения данных на уровнях профилей 3 15 003 +3 06 018 +3 06 037.

В рамках данной работы были разработаны:

- алгоритмы и модули декодирования океанографической информации (BUOY), поступающей в коде BUFR в категории 31 (океанографические данные), подкатегории 4 (сообщения с подповерхностных буев) с профилями по шаблонам 3 15 003 +3 06 018 +3 06 037 (первая версия);

- разработаны модули формирования БД согласно принятому перечню океанографических параметров.

Модернизированная технология системы Omega [24], включающая в себя вновь разработанные модули, и БД океанографической информации (таблицы BUOY_STATION_BUFR и BUOY_LEVEL_BUFR) функционируют в тестовом режиме. Выполняется анализ новой поступающей по каналам связи океанографической информации.

3.2.3.2 Технология формирования прибрежных гидрометеорологических данных

В области гидрометеорологических данных наблюдений на береговых станциях и постах (ГМС/ГМП) модернизирована технология формирования расчетных массивов обобщенных и многолетних климатических данных

Массив данных ГМС/ГМП представляет собой совокупность информационных массивов данных гидрометеорологических наблюдений, подразделяющихся на три основных категории, в частности:

– данные исходных (срочных) наблюдений, включенные в массив БЕРЕГЕС [25];

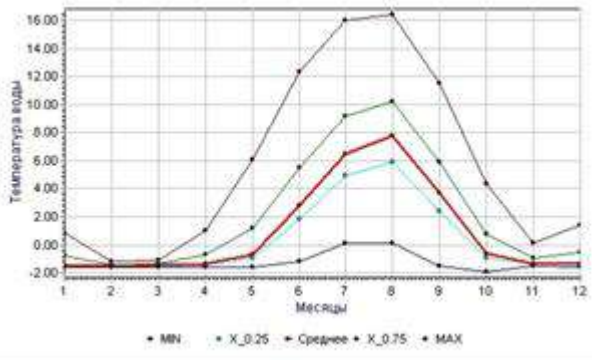
– данные наблюдений, представленные в виде поэлементных временных рядов;

– метаданные с паспортными сведениями по ГМС/ГМП и сведениями об освещенности района данными наблюдений.

Основой производных массивов данных гидрометеорологических наблюдений на ГМС/ГМП является массив БЕРЕГЕС, на основе которого создаются все другие массивы.

В ходе НИТР был разработан комплекс программ, реализующий функциональность всех технологических звеньев в части сбора, контроля, редактирования, корректировки, первичной обработки, преобразования и содержательной обработки данных.

В состав модернизированного программного обеспечения входят программы первичной обработки данных наблюдений на ГМС/ГМП, обработки и обобщения данных; формирования и пополнения поэлементных массивов временных рядов данных прибрежных наблюдений, отображения данных (рисунок 13), контроля данных и программы формирования метаданных.



ГМС 98068 Туапсе

Многолетний месяц, атмосферное давление на уровне моря (мб) за 1991-2020 гг.

Месяц, год (13)	Среднее	Минимум	Дата минимума	Максимум	Дата максимума
1	1019.43	988.0	23.01.2004	1035.0	26.01.1983
2	1018.75	993.0	19.02.1999	1038.0	09.02.1993
3	1017.40	994.0	13.03.1981	1040.0	08.03.2004
4	1014.90	985.0	06.04.2003	1034.0	05.04.2005
5	1014.09	995.0	16.05.1991	1028.0	01.05.2003
6	1012.40	990.0	24.06.2010	1024.0	06.06.2003
7	1010.50	996.0	05.07.1998	1020.0	02.07.1984
8	1011.02	993.0	31.08.2010	1021.0	16.08.1983
9	1014.87	992.0	01.09.2010	1027.0	28.09.1992
10	1018.20	995.0	15.10.2010	1033.0	31.10.1997
11	1019.17	997.0	11.11.2007	1037.0	25.11.1983
12	1019.47	986.0	11.12.2010	1037.0	16.12.2006
13	1019.22	986.0	11.12.2010	1038.0	09.02.1993

Многолетний сезон, атмосферное давление на уровне моря (мб) за 1991-2020 гг.

Сезон	Среднее	Минимум	Дата минимума	Максимум	Дата максимума
1	1019.22	986.0	11.12.2010	1038.0	09.02.1993
2	1015.45	985.0	06.04.2003	1040.0	08.03.2004
3	1011.31	990.0	24.06.2010	1024.0	06.06.2003
4	1017.41	992.0	01.09.2010	1037.0	25.11.1983

Рисунок 13 – Таблично-графическое представление прибрежных гидрометеорологических данных

3.2.3.3 Технология формирования морских судовых данных

Модернизированная технология подготовки данных метеонаблюдений на попутных (добровольных) судах штурманским составом включает в себя следующие этапы:

– первичная обработка входного потока данных наблюдений, включая их контроль;

– получение метаданных:

– формирование таблиц базы данных и ее пополнение.

В соответствии с этим модернизировано программное обеспечение технологии:

– отбор данных наблюдений по заданным пространственно-временным координатам;

– контроль и корректировка исходных данных;

– проведение содержательной обработки данных;

– получение метаданных.

3.2.3.4 Технологии обработки океанографических данных

Технология обработки океанографических (гидрофизических и гидрохимических) данных претерпела определенную модернизацию и в настоящее время включает в себя следующие этапы (рисунок 14):

– первичная обработка исходных (наблюденных) данных;

– контроль и корректировка исходных данных;

– содержательная обработка данных для получения обобщенной и климатической информации;

– получение метаданных (справочной информации)и информационной продукции.

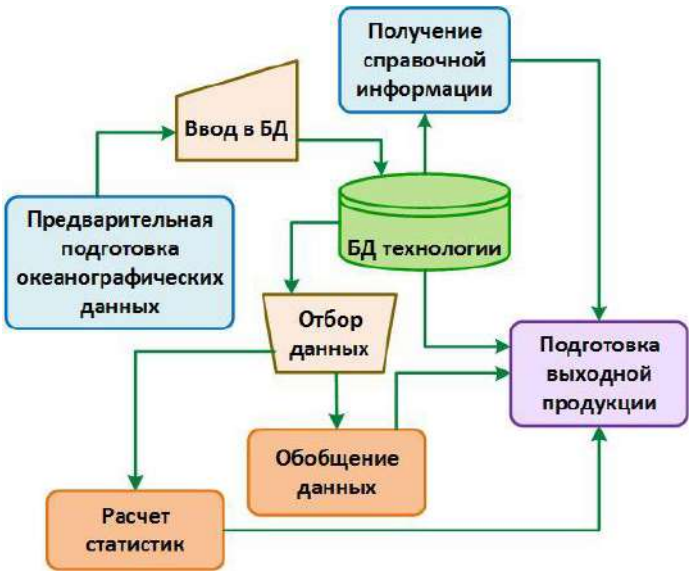


Рисунок 14 – Функциональная схема технологии обработки океанографических данных

Анализ входных потоков данных к технологии позволил сделать следующий вывод: нет возможности создания универсального конвертора для приведения к единому загрузочному формату, поскольку в наличии большое разнообразие логических структур, особенностей подходов к формированию исходных данных, - отсюда необходимость в создании ряда отдельных программных модулей, обеспечивающих общие функции переформатирования.

В соответствии с этими выводами разработаны программные средства, выполняющие:

– отбор данных наблюдений по заданным пространственно-временным координатам;

– обработка данных наблюдений, включая их контроль и редактирование;

– проведение содержательной обработки для получение обобщенных и климатических данных;

– формирование базы океанографических данных;

– получение метаданных.

3.2.3.5 Технологии формирования данных по течениям

Модернизированная технология формирования базы данных наблюдений за течениями включает в себя следующие этапы:

– усвоение исходных (наблюденных) данных, включая их контроль;

– получение метаданных (справочной информации);

– формирования таблиц базы и ее ведения.

В соответствии с этим модернизированы следующие программные средства:

– формирования выборки данных наблюдений по заданным пространственно-временным координатам;

– корректировки сомнительных данных;

– получение метаданных;

– занесение данных в базу данных и управление данными.

3.2.3.5 Технология формирования данных по циклонической и штормовой активности в европейском и арктическом регионах РФ в целях развития ГМОМД

Технология направлена на создание базы климатических данных по штормовой активности в районах северного морского пути (СМП) на основе данных реанализов (NCEP/DOE [26], ERA5/ECMWF [27]) в целях обеспечения плавания в Арктической зоне РФ; обновление БД показателей и индикаторов циклонической и штормовой активности в Северной Атлантике и морях РФ атлантического региона и создание базы средних многолетних значений показателей и индикаторов циклонической и штормовой активности в Северной Атлантике и Арктической зоне РФ на основе данных реанализа с 1979 г. по настоящее время.

Для формирования характеристик циклонической и штормовой активности по данным реанализа используются 6-часовые синоптические данные:

1) атмосферное давление на уровне моря (MSLP) в узлах сетки 2,5° x 2,5°;

2) зональная и меридиональная составляющие скорости ветра в узлах сетки 2,5° x 2,5° на изобарической поверхности 925 гПа;

3) данные интенсивности осадков в нижнем слое атмосферы в узлах сетки Гаусса.

Для реализации численной модели идентификации циклонов и расчета параметров циклонической активности по данным реанализа NCEP-DOE был разработан программный комплекс, включающий следующие модули:

1) распаковки данных реанализа из файлов, полученных из архива в формате GRIB, в текстовый для всех параметров и сроков наблюдения в период одного календарного месяца;

2) выборки из файлов распакованных данных (для каждого параметра и каждого срока наблюдений - отдельный файл) по региону исследования;

3) идентификации центров циклонов по наблюдениям атмосферного давления на уровне моря, вычисления максимальной скорости ветра и количества осадков в районах центров циклонов в каждый срок наблюдения;

4) расчета траекторий циклонов за период календарного месяца в выбранном районе исследования;

5) расчета показателей циклонической и штормовой активности в выбранном районе для представления их в ЕСИМО.

Показатели и индикаторы циклонической и штормовой активности представлены в ряде целевых информационных ресурсах ЕСИМО, которые можно разделить на три группы:

– показатели пространственного смещения центров циклонов за последний календарный месяц в районе Северной Атлантики и Европы [30-85°с.ш., 50°з.д.–70°в.д], включая ЕТР (идентификаторы ресурсов: RU_RIHMI-WDC_1250; RU_RIHMI-WDC_1338; RU_RIHMI-WDC_2346);

– интегральные (суммарные за месяц) значения показателей в узлах сетки для всего региона Северной Атлантики и Европы: плотность центров циклонов (RU_RIHMI-WDC_1261) и индекс циклонической активности в узлах сетки за последний календарный месяц (RU_RIHMI-WDC_3049);

– интегральные значения показателей циклонической и штормовой активности, рассчитанные для отдельных выбранных районов, и представляющие суммарное значение характеристики по выбранному району за выбранный период осреднения (месяц, сезон):

а) Северная Атлантика (30-85°с.ш., 50°з.д.–70°в.д.): RU_RIHMI-WDC_1336, RU_RIHMI-WDC_1337,RU_RIHMI-WDC_1261, RU_RIHMI-WDC_3049;

б) Балтийское море (52–68° с.ш., 31-58°в.д.): RU_RIHMI-WDC_1259, RU_RIHMI-WDC_1334, RU_RIHMI-WDC_1720;

в) Баренцево море (66–80°с.ш., 10–70°в.д.): RU_RIHMI-WDC_1260, RU_RIHMI-WDC_1335, RU_RIHMI-WDC_3062;

г) АЗРФ (55–85°с.ш., 0–180°в.д.): RU_RIHMI-WDC_3030, RU_RIHMI-WDC_3050, RU_RIHMI-WDC_3064.

Необходимо отметить, что отдельно используется портальная технология подготовки новых информационных продуктов для ГМОМД, ежемесячного мониторинга циклонической и штормовой активности средствами ЕСИМО включает построение и анализ:

- карт траекторий циклонов в Северной Атлантике, европейском и арктическом регионе РФ в каждый календарный месяц текущего года, с индикацией минимального давления , максимальной скорости ветра и интенсивности осадков в центрах циклонов;

- карт пространственного распределения количества циклонов и индекса циклонической активности в каждый календарный месяц текущего года;

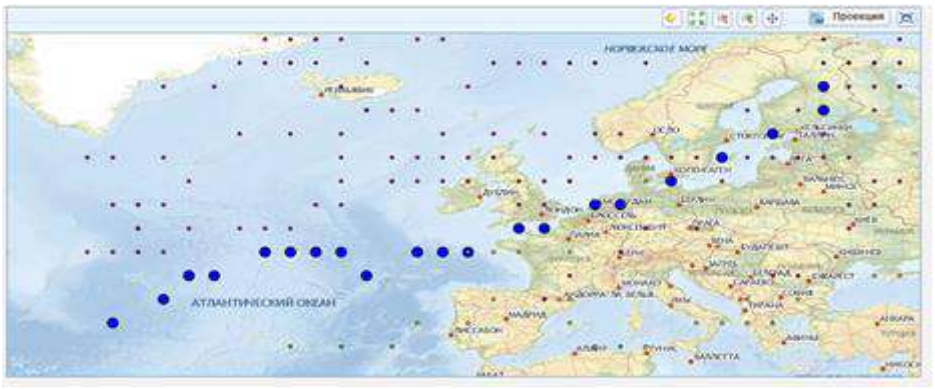
- графиков ежемесячной и межгодовой изменчивости количества траекторий циклонов, центров циклонов и индекса циклонической активности во всем регионе Северной Атлантике, а также в отдельных районах региона – районе Балтийского и Баренцева морей, восточной части арктической зоны РФ;

- графиков повторяемости центров циклонов в выделенных районах региона по градациям максимальной скорости ветра по шкале Бофорта.

В качестве примера аналитической оценки состояния циклонической и штормовой активности в отдельный календарный месяц в настоящем отчете представлены карты и графики, характеризующие циклоническую активность в июле 2022.

На рисунке 15 представлен пример представления средствами портала ЕСИМО траектории циклона и графики изменения давления, максимальной скорости ветра и интенсивности осадков в центрах циклона по мере его смещения.

а)



б)

в)

г)

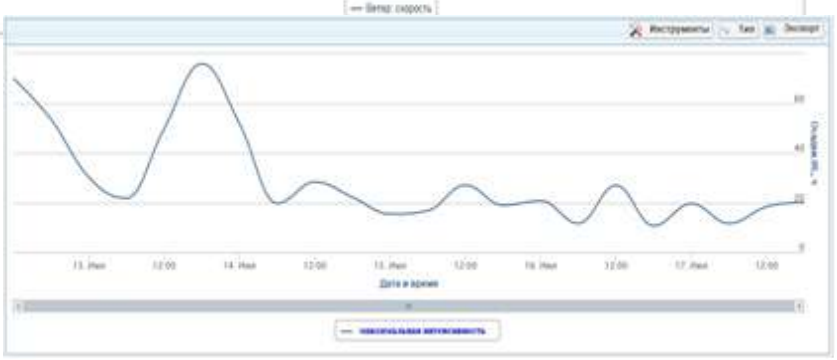
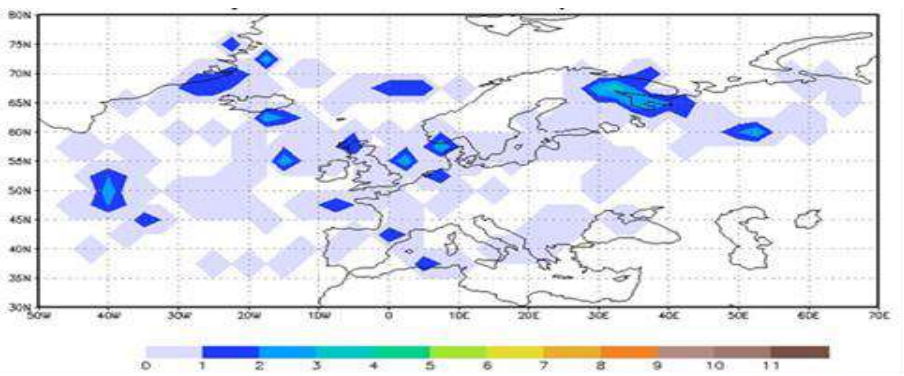


Рисунок 15 - Пример траектории циклонического шторма, вышедшего на европейскую территорию России с акватории Атлантического океана в июле 2022 г.: а) положение центров циклона по мере его смещения; б) положе1ние максимальной скорости ветра в районах центров этого же циклона в каждый срок наблюдения, в) график изменения максимальной скорости ветра в процессе смещения шторма.

На рисунке 16 представлены карты распределения интегральных характеристик циклонической активности в июле 2022 г., количества центров циклонов и индекса циклонической активности, построенные по данным информационных ресурсов ЕСИМО (RU_RIHMI-WDC_1261, RU_RIHMI-WDC_3049):

а)



б)

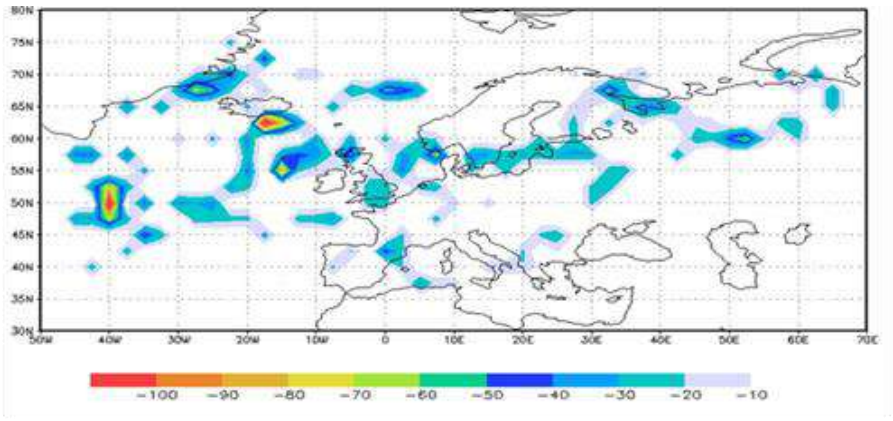
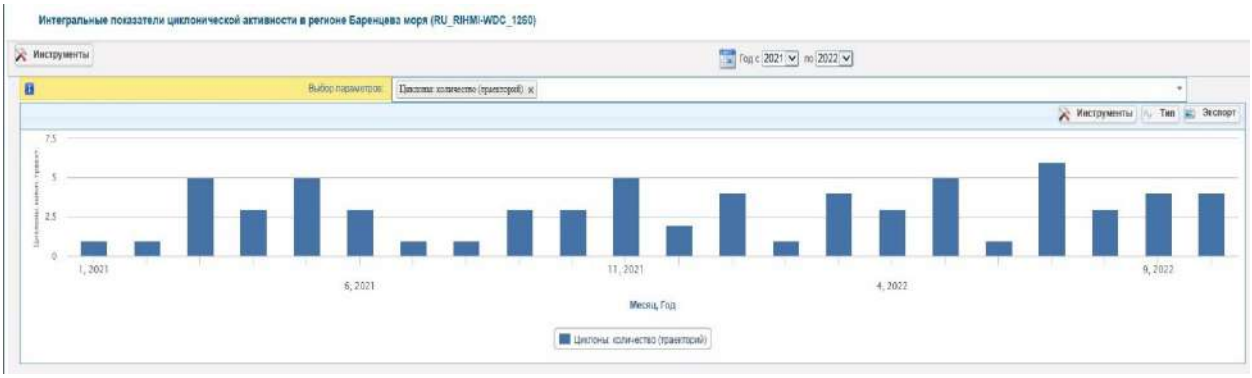


Рисунок 16 - Пример представления на портале ЕСИМО карт пространственного распределения ежемесячных интегральных характеристик циклонической активности: а) количества центров циклонов; б) индекса циклонической активности. Июль 2022 г.

На рисунке 17 представлены графики изменчивости параметров циклонической активности в районе Баренцева моря (западная часть АЗРФ) за период с января 2021 по октябрь 2022 гг.

а)



б)

в)

Рисунок 17 - Ежемесячные значения количества траекторий циклонов (а), центров циклонов (б) и индекса циклонической активности (в) в районе Баренцева моря за период с января 2021 по октябрь 2022 гг. по данным реанализа NCEP-DOE.

Практически вся информационная продукция технологий Центра ЕСИМО ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД” представлена в виде информационных ресурсов единой системы.

Перечень технологий, которые потенциально будут использованы для подготовки данных, как минимум, первоочередных ПЗ ГМОМД, представлен в Приложении Г к настоящему отчету.

3.2.4 Центр ЕСИМО ФГБУ «ГОИН»

В 2022 году в ФГБУ “ГОИН” проведена модернизация следующих средств и технологий подготовки информации ГМОМД:

– технология мониторинга гидрохимического состояния и загрязнения морей России.

– технология оценка сезонной и многолетней изменчивости характеристик гидрологического режима морских устьев рек;

– региональные технологии системы морских ретроспективных расчетов и прогнозов;

Перечень и краткие описания средств и технологий приведены в Приложении Д. Ниже дана краткая характеристика технологий.

3.2.4.1 Технология мониторинга гидрохимического состояния и загрязнения морей России.

Технология опирается на формально закрепленные обязательства ФГБУ «ГОИН» по методическому руководству сетью морских наблюдений за загрязнением, сбору, хранению и обработке данных мониторинга и подготовке информационно-аналитических материалов.

В 2022 году проведено совершенствование средств выполнения нескольких функциональных задач:

– ведение базы данных «Загрязнение морей» с ее представлением и использованием в режиме «онлайн»;

– формализация, хранение и распространение текущих и исторических данных о качестве морской среды, статистическая обработка, подготовка графических и текстовых аналитических материалов по гидролого-гидрохимическому и гидробиологическому состоянию морской среды на основе накопленных многолетних рядов данных мониторинга;

– расширение номенклатуры параметров различных объектов и процессов морской среды;

– осуществление контроля качества данных;

– подготовка расширенного перечня информационной продукции.

В рамках разработки и отладки элементов технологии осуществляется подготовка целевого информационного ресурса (массива данных) ЕСИМО «Мониторинг загрязнения морской среды. Моря РФ».

3.2.4.2 Технология оценка сезонной и многолетней изменчивости характеристик гидрологического режима морских устьев рек.

Технология оценки сезонной и многолетней изменчивости характеристик гидрометеорологического режима морских устьев рек и прибрежной зоны морей рассматривается как взаимосвязанный набор программных комплексов (систем) обработки информации в составе (рисунок 18):

– система сбора исходных данных;

– система предварительной обработки и моделирования;

– система подготовки информационно-аналитической продукции;

– система хранения данных.

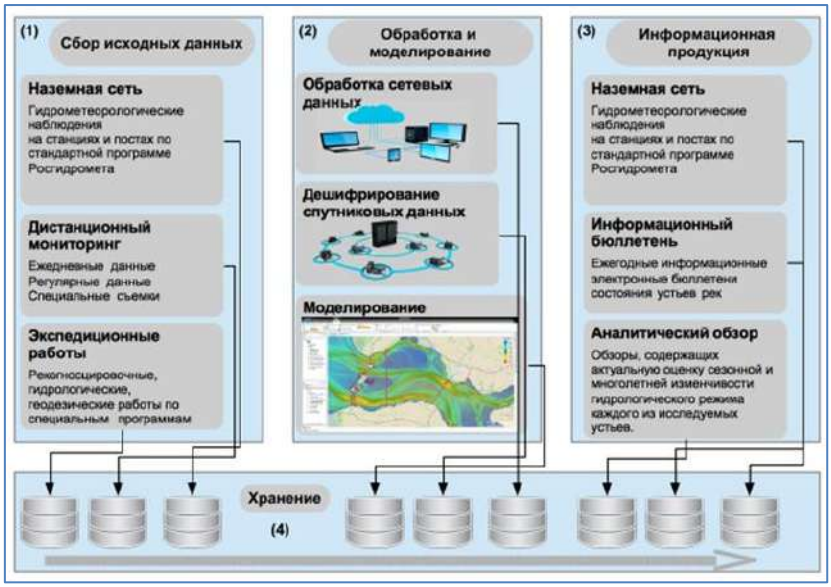


Рисунок 18 – Схема технологического цикла

Исходными данными технологии являются:

– данные гидрометеорологических наблюдений на станциях и постах по стандартной программе Государственной системы наблюдений (ГСН) Росгидромета;

– данные дистанционного зондирования Земли;

– результаты специализированных экспедиционных работ – рекогносцировочные, гидрологические, геодезические работы и иные виды работ по специальным программам.

Поступающие от разных источников данные наблюдений представляют собой разнородные по структуре потоки данных, которые необходимо гармонизировать: систематизировать, преобразовать в согласованные форматы, синхронизировать по пространству и по времени. Эти функции выполняет система сбора исходных данных.

Регулярно поступающих от сетей наблюдений данных недостаточно для определения условий устьевой области в различных пространственных и временных масштабах. Система предварительной обработки и моделирования осуществляет восполнение недостающей информации как по пространству, так и по времени. Выполняется формирование однородных массивов данных, обеспечивающих информацией о вероятном состоянии исследуемого природного объекта с достаточной частотой как по пространству, так и по времени.

Система подготовки информационно-аналитической продукции выполняет подготовку информационных материалов различной степени оперативности предназначенных для информационного обеспечения широкого круга пользователей. Система предполагает наличие программно-технических модулей предназначенных для обработки и выдачи информации как в автоматическом, так и в диалоговом режиме. На начальных этапах разработки и эксплуатации технологии перечень информационных материалов ограничен:

– Таблицы среднемноголетних значений параметров состояния природной среды;

Типовые графические зависимости изменений параметров по пространству и во времени;

– Регулярные актуальные оценки состояния природной среды морских устьев рек и тенденций изменения их основных гидролого-морфологических характеристик;

– Ежегодные информационные электронные бюллетени состояния устьев рек Каспийского, Черного, Азовского, Балтийского, Баренцева и Белого морей, морей Дальнего Востока – Берингова, Охотского и Японского;

– Периодические справочно-аналитические обзоры в цифровой и бумажной форме, содержащих актуальную оценку сезонной и многолетней изменчивости

гидрологического режима каждого из исследуемых устьев рек Каспийского, Черного, Азовского, Балтийского, Баренцева и Белого морей, морей Дальнего Востока – Берингова, Охотского и Японского;

Компонентом, интегрирующим и обеспечивающим работу технологии в целом, является система хранения данных.

В настоящее время в рамках разработки и отладки элементов технологии осуществляется подготовка целевого информационного ресурса ЕСИМО «Гидрологический режим морских устьев рек» - электронная база данных.

3.2.4.3 Региональные технологии системы морских ретроспективных расчетов и прогнозов

В силу объективных причин, поток исходных данных наблюдений о состоянии морской среды недостаточен для решения большинства прикладных задач ГМОМД. В этом случае важную роль приобретают технологии моделирования состояния морской среды. Для целей диагноза и прогноза термогидродинамических параметров морской среды на акваториях морей России в ФГБУ “ГОИН” развивается набор региональных технологий Системы морских ретроспективных расчетов и прогнозов (СМРП). Основными компонентами СМРП в базовой компоновке являются российская модель морской циркуляции INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model) с включенной в нее моделью динамики-термодинамики льда, региональная негидростатическая атмосферная модель WRF (Weather Research and Forecasting Model) [https://opensky.ucar.edu/islandora/object/technotes:500] и модель ветрового волнения PABM (российская атмосферно-волновая модель). Система рекомендована Центральной методической комиссией по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета РФ к оперативному использованию.

Для учета особенностей режима и изменчивости гидротермодинамических характеристик различных морей разрабатываются региональные адаптации соответствующих расчетно-модельных комплексов, что позволяет значительно повысить качество производимых расчетов и прогнозов, а также расширить информационные возможности ЕСИМО.

В качестве входных данных используются данные глобальных реанализов/прогнозов атмосферных характеристик крупных прогностических центров, доступные в настоящее время.

В настоящее время в различной степени готовности функционирует несколько региональных СМРП. В 2022 году в рамках настоящей темы проведено

совершенствование технологий СМРП в плане формирования(обновления) наборов региональных прогностических данных в качестве целевых информационных ресурсов ЕСИМО для ГМОМД.

3.2.4.3.1 Региональная технология СМРП для Западно-Арктических морей России

Региональная конфигурация системы предназначена для расчета гидротермодинамических и ледовых характеристик на акваториях Белого, Баренцева, Печорского и Карского морей России. Система включает в себя регионально адаптированные модули расчета характеристик.

Метеорологические характеристики рассчитываются с использованием региональной негидростатической модели WRF, реализованной с пространственным разрешением в 10 км, и используются для задания атмосферного воздействия в модулях расчета гидротермодинамических и ледовых характеристик (рисунок 19).

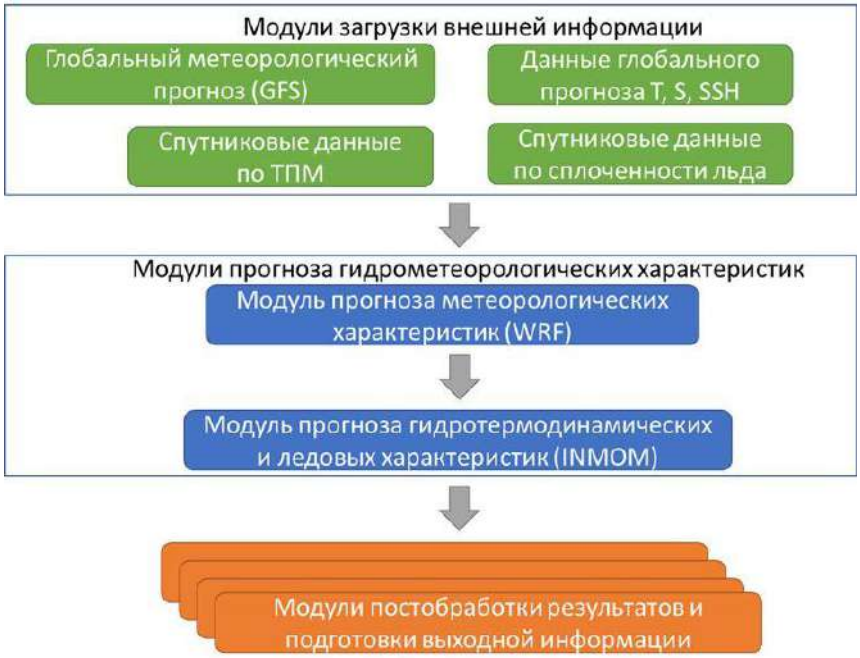


Рисунок 19 - Блок схема взаимодействия расчетных модулей СМРП Западно-Арктических морей России.

Для расчета метеорологических характеристик используются данные глобального метеорологического прогноза GFS (Global Forecasting System).

Гидротермодинамические характеристики рассчитываются по модели морской циркуляции INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model), реализованной с пространственным разрешением в 2.5 – 2.7 км. Расчет гидротермодинамических и ледовых характеристик выполняется с усвоением данных спутниковых наблюдений за

температурой поверхности океана и сплоченностью ледового поля. Расчеты выполняются 1 раз в сутки, заблаговременность прогноза составляет 72 часа. Общая расчетная область представлена на рисунке 20.

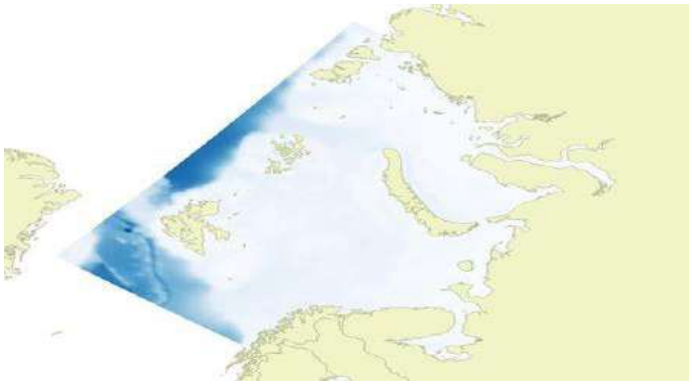


Рисунок 20 - Общая расчетная область СМРП Западно-Арктичеких морей России.

Региональная технология СМРП является основой для подготовки четырех целевых информационных ресурса ЕСИМО:

– Атмосферный форсинг. Западно-Арктические моря России;
– Гидротермодинамические характеристики. Западно-Арктические моря России;
– Ледовые характеристики. Западно-Арктические моря России;
– Гидрометеорологические характеристики. Карское море.

3.2.4.3.2 Региональная технология СМРП для Азовского моря.

Система состоит из модулей подготовки данных для работы технологии, в которых происходит загрузка исходных данных, модулей диагноза и прогноза гидрометеорологических характеристик, а также модулей постобработки, где происходит обработка результатов прогноза и их передача в Северо-Кавказское УГМС, а также в модель прогноза колебаний уровня в устье р. Дон.

Основными модулями являются: модуль прогноза атмосферных характеристик, который необходим для задания граничных условий и модуль прогноза гидротермодинамических и ледовых характеристик (рисунок 21).

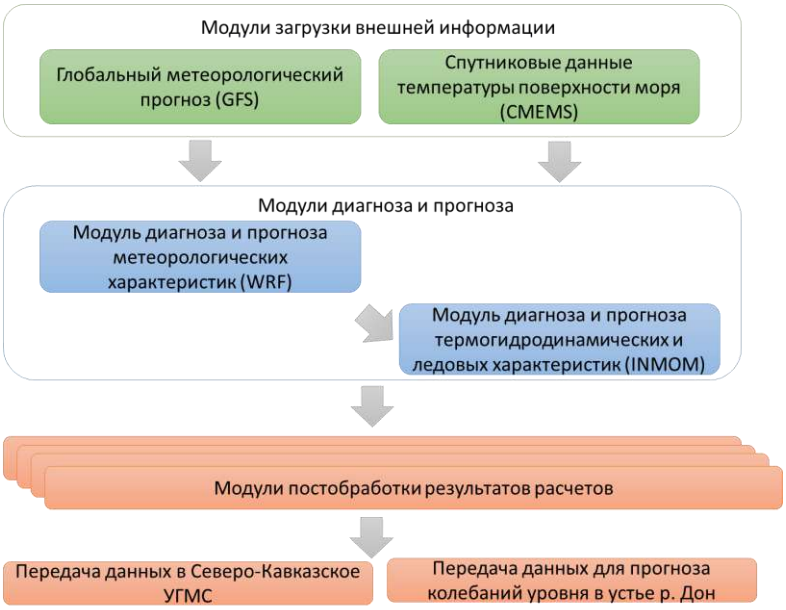


Рисунок 21 - Блок схема взаимодействия расчетных модулей СМРП Азовского моря.

Для прогноза атмосферных характеристик используется региональная негидростатическая модель WRF. Модель была реализована с пространственным разрешением в 10 км в Ламбертовой проекции.

Для расчета циркуляции в Азовском море используется модель морской циркуляции INMOM. Модель относится к классу сигма-моделей морской и океанической циркуляции. В ее основе лежит полная система т.н. примитивных уравнений гидротермодинамики океана, записанных в координатах сферического слоя в приближениях гидростатики и Буссинеска. Прогностическими переменными модели служат горизонтальные компоненты вектора скорости, потенциальная температура T, соленость S, отклонение уровня моря от невозмущенной поверхности, толщина и сплоченность морского льда.

Региональная система морских ретроспективных расчетов и прогнозов для Азовского моря является технологической основой для подготовки трех целевых информационных ресурсов ЕСИМО для ГМОМД:

– Атмосферный форсинг. Черное, Азовское и Мраморное моря;
– Гидротермодинамические характеристики. Азов;
– Ледовые характеристики. Азов.

3.2.4.3.3 Региональная технология СМРП для Каспийского моря.

Технология оперативного мониторинга гидротермодинамических и ледовых характеристик Каспийского моря с использованием численного моделирования с шагом по пространству, равным 1500 м. в настоящее время находится в стадии разработки.

СМРП для Каспийского моря строится на основе регионально адаптированных расчетно-модельных комплексов и собственной системы исходных данных.

Технология состоит из следующих основных модулей: модулей загрузки входной гидрометеорологической информации, модулей, включающих расчет по численным моделям, используемым для прогноза метеорологических и гидротермодинамических и ледовых характеристик на акватории Каспийского моря, а также модулей постобработки прогностической информации (рисунок 22).

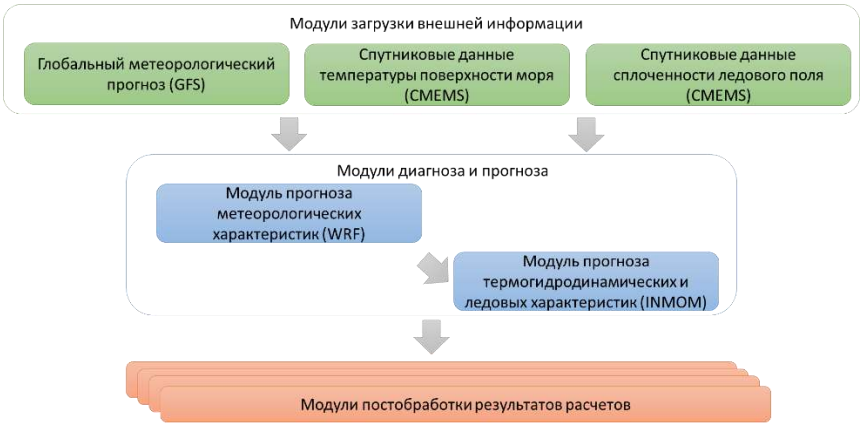


Рисунок 22 - Блок схема взаимодействия расчетных модулей СМРП Каспийского моря.

Модули загрузки внешней информации включают в себя компоненты загрузки глобального метеорологического прогноза, а также спутниковых данных по температуре поверхности моря (ТПМ) и сплоченности ледового поля. В качестве данных глобального метеорологического прогноза используются данные GFS с пространственным разрешением 0.25°x0.25°. Данные загружаются с временной дискретностью в 6 часов. Заблаговременность данных составляет 72 часа. При необходимости заблаговременность прогноза может быть увеличена до 240 часов. В качестве данных спутниковой температуры поверхности используются данные массива SST_GLO_SST_L4_NRT_OBSERVATIONS_010_001 с сервиса marine.copernicus.eu. В качестве массива данных усвоения ледовых характеристик используются данные AMSR-E/AMSR2, предоставляемые университетом Бремена (seaice.uni-bremen.de).

Модуль прогноза метеорологических характеристик отвечает за расчет метеорологических характеристик с высоким пространственным разрешением над акваторией Каспийского моря с использованием модели WRF (рисунок 23).

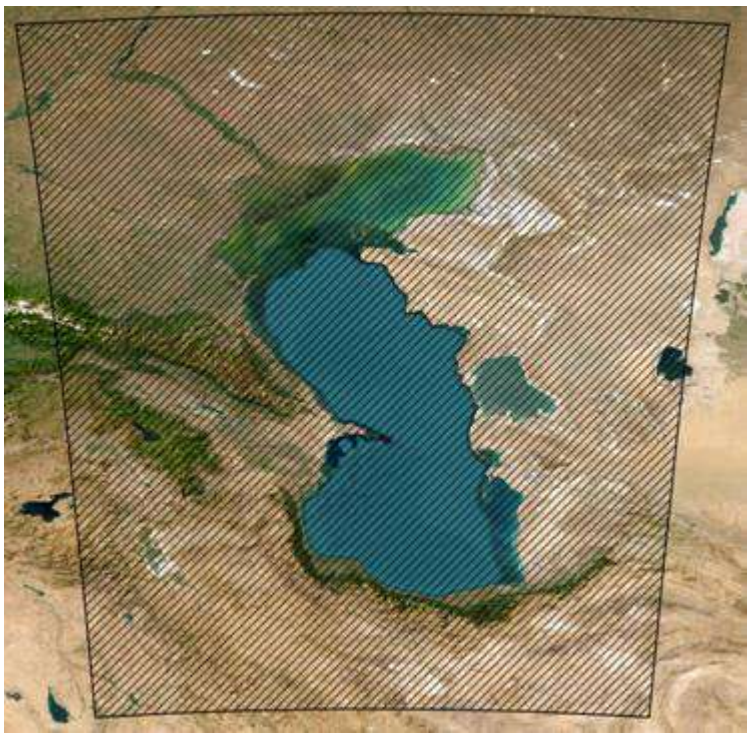


Рисунок .23 - Общая расчетная область используемая для расчета атмосферных характеристик по модели WRF.

Модуль прогноза термогидродинамических и ледовых характеристик отвечает за обработку исходных данных на расчетную область модели INMOM, конвертацию данных метеорологического воздействия, расчет модели INMOM, обработку результатов расчетов и конвертацию результатов расчетов в требуемые выходные форматы данных.

Модули постобработки результатов отвечают за архивацию, хранение и передачу результатов расчетов в требуемых форматах конечным потребителям. В них также реализованы процедуры проверки корректности результатов расчетов. Система выдачи и хранения информации организована таким образом, что хранение результатов моделирования происходит в виде бинарных файлов с расширением в формате netcdf.

Региональная СМРП Каспийского моря является технологической основой для подготовки трех целевых информационных ресурсов ЕСИМО для ГМОМД:

– Атмосферный форсинг. Каспий;
– Гидротермодинамические характеристики. Каспий;
– Ледовые характеристики. Каспий.

3.2.5 Центр ЕСИМО ФГБУ «ДВНИГМИ»

Информационные ресурсы, представляемые в ЕСИМО для последующего использования в оперативном гидрометеорологическом обслуживания морской деятельности, должны включать цифровые данные с географической привязкой и точным

указанием периода (момента) времени, к которому эти данные относятся. При этом крайне желательно, чтобы пространственные характеристики (линейные размеры, расстояние между объектами) географической области, соответствующей данным, были сопоставимы с размерами объекта интереса потребителя и были репрезентативны для него.

Также критерий близости географической области, к которой отнесены данные, и объекта интереса должен учитывать естественную пространственную изменчивость различных величин, обусловленную влиянием различных физических факторов (рельеф, глубины, плотность среды, характерные скорости перемещения). Очевидно, что в областях, где определяющий фактор имеет существенные градиенты, необходимо более подробное описание. Так для обслуживания портовой деятельности, погрузочных работ необходимо, чтобы метеорологические данные были отнесены либо к самому объекту, либо к точке, удаленной не более, чем на 1-2 км. Данные о волнении, температуре воды должны соответствовать акватории, её близости к береговой линии, глубинам, закрытости. В общем, решение об использовании того или иного источника должно приниматься экспертно в каждом конкретном случае.

В региональном центре ЕСИМО по ДВ региону (РИТУ ДВ) функционирует технологическая линия обработки результатов расчета моделей WaveWatch III, настроенных на акватории северной части Тихого океана и Дальневосточных морей. Основной целью технологии является формирование целевых структурированных файлов, содержащих значения следующих параметров:

- Волнение смешанное: высота ,
- Волнение смешанное: период ,
- Волнение смешанное: направление ,
- Волнение ветровое: высота ,
- Волнение ветровое: период ,
- Волнение ветровое: длина ,
- Волнение ветровое: направление ,
- Волнение: зыбь 1-й системы, высота ,
- Волнение: зыбь 1-й системы, период ,
- Волнение: зыбь 1-й системы, направление ,
- Волнение: зыбь 2 системы, высота ,
- Волнение: зыбь 2-й системы, период ,
- Волнение: зыбь 2-й системы, направление ,

– Ветер: скорость ,
– Ветер: направление .

По этой технологии формируются ресурсы RU_FERHRI_12 - Прогноз параметров волнения на ДВ морях и северной части Тихого океана, RU_FERHRI_248 - Прогноз параметров волнения в Японском море, RU_FERHRI_249 - Прогноз параметров волнения в Индийском океане и RU_FERHRI_10 - Прогноз приводного ветра на ДВ морях и северной части Тихого океана. Проходят испытания работы технологии по акватории восточной части Северного Ледовитого океана.

Для удовлетворения требованиям соответствия разрешения расчетной сетки и пространственных факторов (береговая линия, глубины) расчётная область модели имеет переменный шаг, более подробно описывая прибрежную область. На рисунке 24 изображены узлы расчетной области в районе Новосибирских островов. Переменный шаг сетки 4-8-16 км призван учесть особенности прибрежной зоны, узости в проливах.

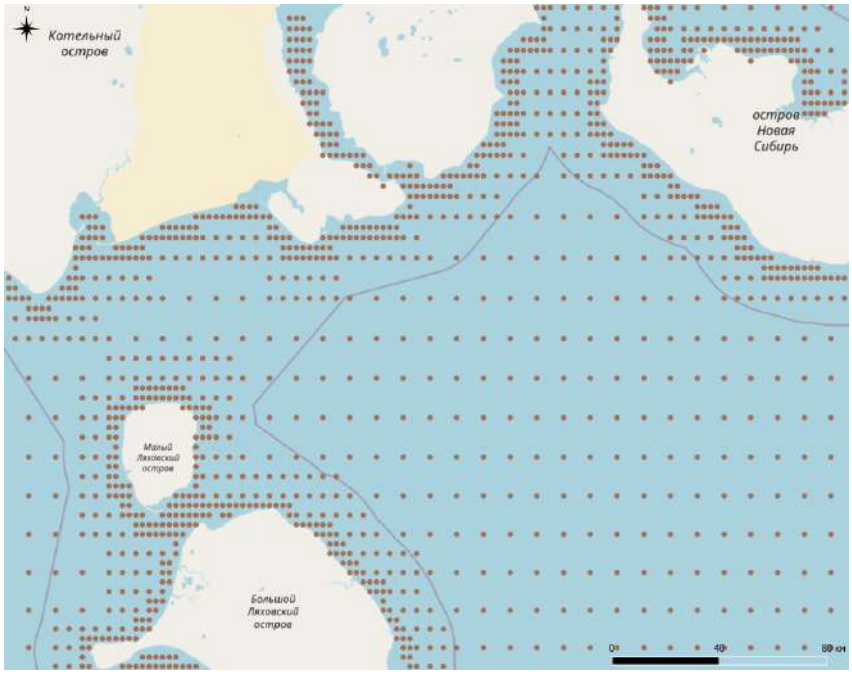


Рисунок 24– Расположение узлов расчетной области модели WaveWatch III в районе Новосибирских островов

При проработке вопроса информационного обеспечения ГМОМД было выявлено отсутствие в ЕСИМО данных прогноза метеорологической дальности видимости (МДВ). В связи с этим, были разработаны тематические средства формирующие целевые ресурсы с прогнозами модели WRF-ARW Хаб15 (Хабаровский РСМЦ) [28] в узлах расчетной сетки с шагом 15 км (RU_FERHRI_517) и модели GFS (NOAA NCEP), которые были агрегированы по районам Атласа [29] (RU_FERHRI_520). Пространственное представление ресурса RU_FERHRI_517 на данном этапе ограничено акваториями ДВ

морей (см рисунок 25). Помимо прогнозов МДВ ресурс RU_FERHRI_517 содержит следующие поля:

- Давление атмосферное: на уровне моря ,
- Температура воздуха: на высоте 2 метра ,
- Ветер: зональная составляющая скорости ветра (u-компонента ветра) ,
- Ветер: меридиональная составляющая скорости ветра (v- компонента ветра) ,
- Осадки: количество ,
- Видимость горизонтальная .

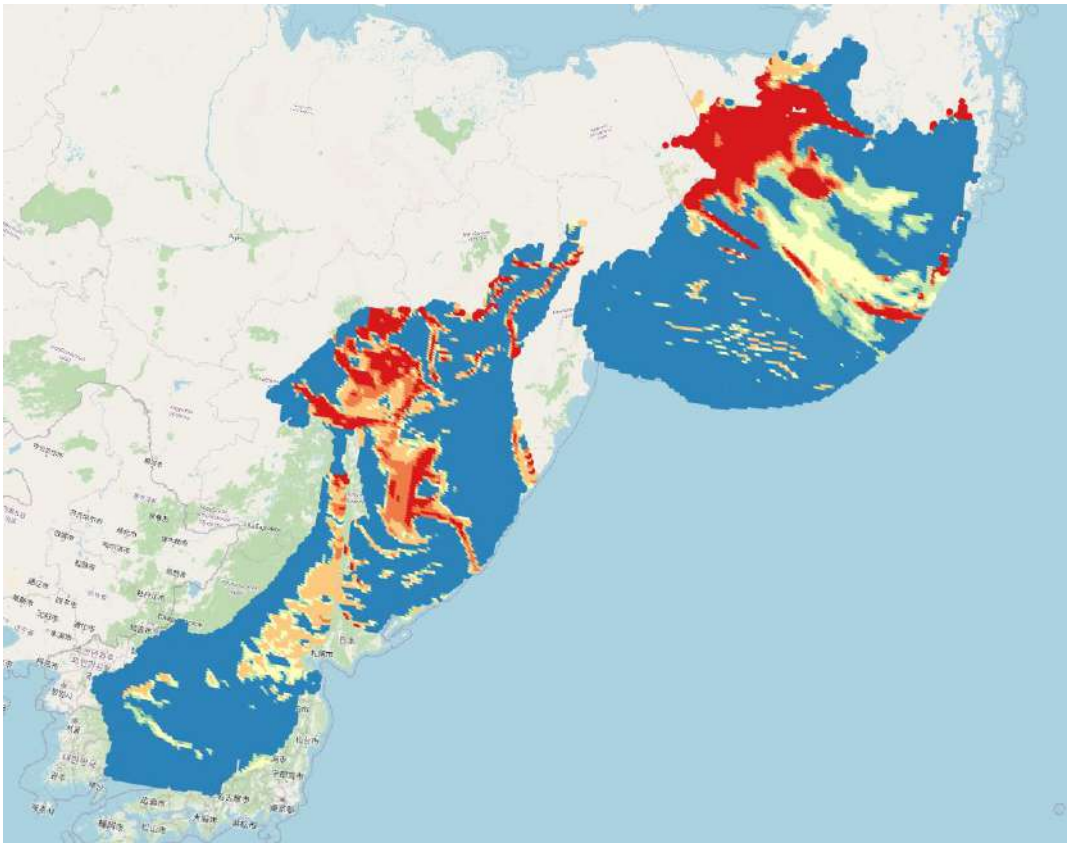


Рисунок 25 – Пример прогноза поля МДВ на акваториях ДВ морей по результатам расчета модели WRF-ARW Хаб15

Разработано программное обеспечение объединения предварительно агрегированых по географическому признаку данных от моделей WRF и WaveWatch. Полученный в результате ИР «RU_FERHRI_518 - Сводный бюллетень по районам ДВ морей» содержит следующие параметры:

- Ветер: зональная составляющая скорости ветра (u-компонента ветра);
- Ветер: меридиональная составляющая скорости ветра (v- компонента ветра);
- Ветер: скорость макс;

- Ветер: скорость мин;
- Ветер: скорость средняя;
- Видимость горизонтальная: макс;
- Видимость горизонтальная: мин;
- Видимость горизонтальная: средняя;
- Волнение ветровое: высота макс;
- Волнение ветровое: высота мин;
- Волнение ветровое: высота средняя;
- Давление атмосферное на уровне моря:среднее;
- Осадки: количество, макс;
- Осадки: количество, мин;
- Осадки: количество, среднее;
- Температура воздуха: среднее.

На основе результатов расчетов модели GFS формируется ресурс RU_FERHRI_520 представлен районами восточного сектора Северного Ледовитого океана (рисунок 26). Состав параметров ресурса RU_FERHRI_520 включает в себя следующие:

- Давление атмосферное на уровне моря: среднее,
- Видимость горизонтальная: мин;
- Видимость горизонтальная: макс;
- Видимость горизонтальная: средняя;
- Ветер: порывы скорость;
- Температура подстилающей поверхности;
- Температура воздуха: на высоте 2 метра:
- Влажность относительная:
- Ветер: зональная составляющая скорости ветра (u-компонента ветра;,
- Ветер: меридиональная составляющая скорости ветра (v- компонента ветра);
- Ветер: скорость мин;
- Ветер: скорость макс;
- Ветер: скорость средняя;
- Ветер: скорость;
- Осадки: количество.

Агрегированные значения (минимум, максимум, среднее) рассчитаны на основе значений в узлах расчетной области модели GFS, попавших в заданный район.

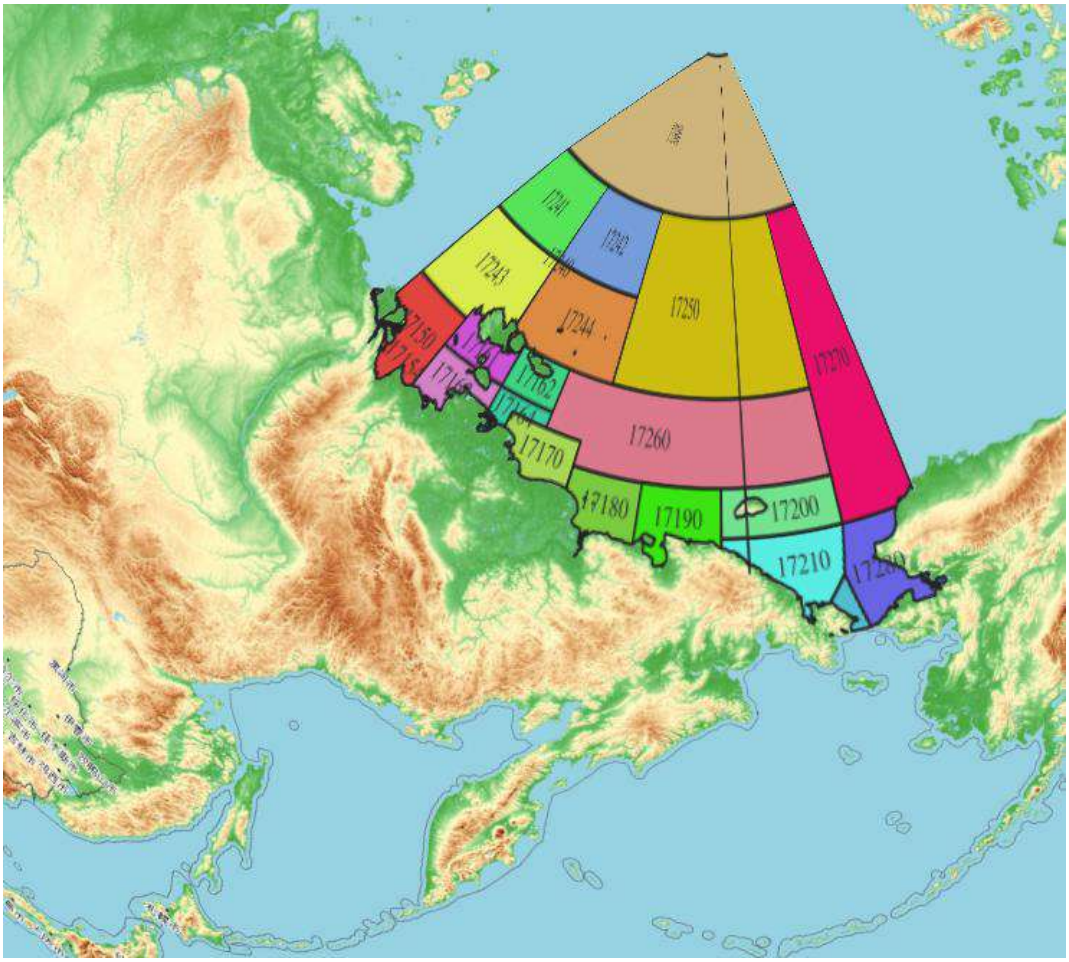


Рисунок 26 – Районы ресурса RU_FERHRI_520

Поля диагноза (анализа) обычно представлены прогнозами с нулевой заблаговременностью. Дополнительно в РИТУ ДВ внедрены два ресурса по данным Японского метеорологического агентства, которые распространяются в рамках обмена между участниками группы NEAR GOOS (North-East Asian Regional - Global Ocean Observing System). Данные RU_FERHRI_160 и RU_FERHRI_64 содержат поля анализа приповерхностных течений и сплоченности льда, соответственно. Область покрытия ограничивается зоной ответственности NEAR-GOOS и представлена на рисунке 27.

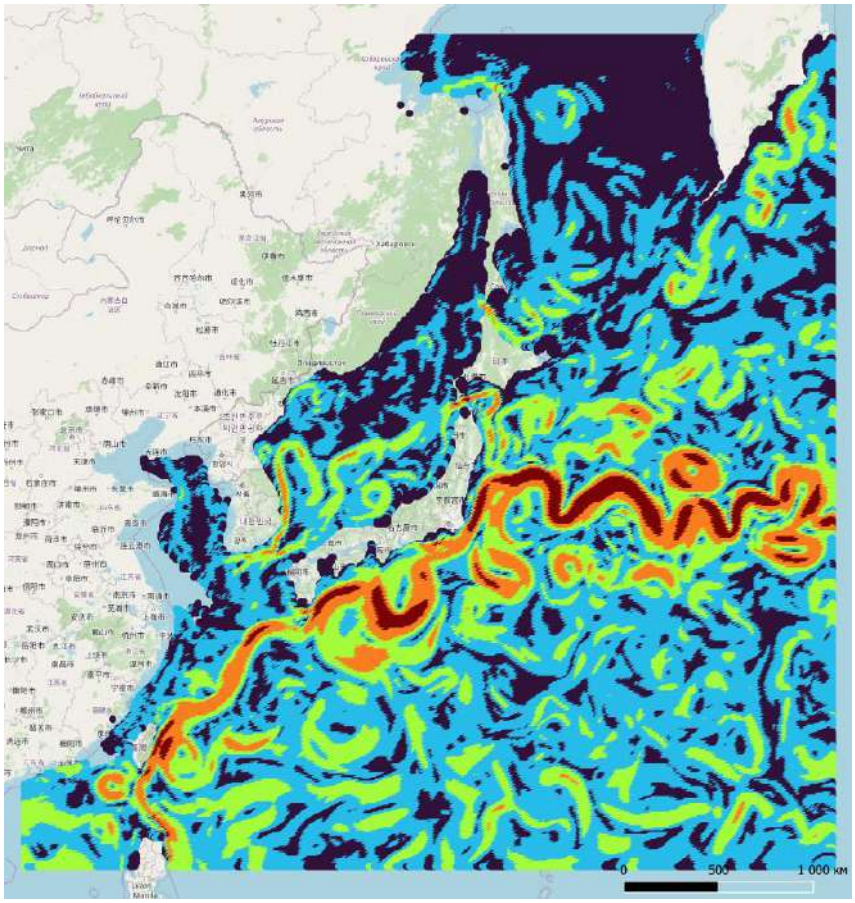


Рисунок 27 – Поле анализа приповерхностных течений (магнитуда скорости) по данным JMA

Для реализации прикладного сервиса «Бюллетень гидрометеорологической обстановки» были исследованы различные подходы по формированию данных ЕСИМО для его реализации. Основной проблемой их неоднородность и неоднозначность в терминах места-времени. В идеальных случаях данные представлены в виде наборов точек (поля либо измерительные сети), каждая из которых имеет точные однозначные координаты (долгота и широта), и сопоставленных им конкретных значений конкретных параметров, отнесенных к конкретному моменту времени.

Но часто бывает, что характеристика относится к какому-либо географическому району (море, залив, регион), значения представлены в виде диапазона, а время определяется с точностью до суток (прогнозы в коде КП-68). В таких случаях зачастую невозможно однозначно сопоставить данные с районном прогнозирования. Предполагается несколько возможных способов гармонизации разнородных данных в географическом контексте или в зависимости от географического представления региона-источника (региона исходного ресурса):

– регион-источник имеет географическое представление в виде полигона (мультиполигона). В этом случае производится определение полигона пересечения двух

регионов. Если итоговый полигон занимает не менее 90 % от площади региона прогноза, и площадь региона-источника составляет не более 200% площади региона прогноза, то данные ресурса переносятся на регион прогноза. При наличии нескольких ИР, содержащих значения одного и того же параметра, предпочтение отдается тому, площадь чьего региона меньше. Если итоговый полигон занимает менее 90 % региона прогноза, либо площадь региона-источника составляет более 200 % региона прогноза – то при переносе данных добавляется соответствующие признаки (процент пересечения и доля площади от исходного прогноза);

– регион-источник имеет географическое представление в виде набора точек. Если набор точек представляет собой регулярную сетку, то экстент региона прогноза должен полностью быть описан экстентом ИР, либо выступать из него не более чем 10 % своей площади. Данные переносятся путем построения растра по данным ИР, обрезки его контуром региона прогноза и расчета средневзвешенного значения, где в качестве веса выступает площадь пикселя (части пикселя). Если набор точек нерегулярен, то отбираются точки, находящиеся в пределах региона прогноза с буфером 5 км, и из них переносится среднее значение параметра с добавлением соответствующих признаков (количество точек, среднее расстояние до границы полигона). Набор признаков может быть скорректирован;

– регион ИР не имеет географического представления. В этом случае правила переноса и дополнительные признаки назначаются оператором-экспертом.

Агрегация по времени также должна производиться путем гармонизации временного представления данных в исходных ИР и в итоговом ресурсе. Для вывода «мгновенных» характеристик (температура, скорость ветра, давление, облачность, интенсивность осадков, параметры волнения) в качестве опорного предлагается выбрать шаг 3 или 6 часов и все параметры приводить к нему. При этом необходимо предусмотреть возможность вывода переменных с шагом 12 и 24 часа (наблюденные и прогнозируемые экстремальные температуры, сумма осадков) с учетов практики производства наблюдений и обслуживания потребителей в конкретных районах (границы суток и полусуток). Коды параметров для агрегаций за разные промежутки времени должны различаться или использовать специальный код временного рахрешения.

На основе вышеизложенных правил было разработано программное средство пространственной агрегации ИР ЕСИМО на основе Атласа районирования. В качестве истоников данных выступали ресурсы «Прогноз параметров волнения в Японском море (RU_FERHRI_248)» и «Прогноз погоды по району 11440 (RU_PUGMS_19)». Данные

первого ресурса представлены в узлах расчетной области, второго – полностью относятся к району моря. Из «точечного» «мгновенного» ресурса (RU_FERHRI_248) программа отбирает данные только из тех узлов, которые попадают внутрь полигона, ограничевающего район 11440 Атласа районирования. Для каждого момента времени отбирается минимальное, максимальное и среднее значения параметров волнения на заданном участке акватории. Из «площадного» «полусуточного» ресурса (RU_PUGMS_19) отбираются все значения и относятся к концу периода прогнозирования. Формируемая сводная таблица представляется в виде вновь зарегистрированного ресурса «Сводный гидрометеорологический бюллетень по районам Японского моря (RU_FERHRI_516)», который содержит следующие элементы:

- Платформа: идентификатор;
- Дата и время;
- Температура воздуха: мин;
- Температура воздуха: макс;
- Ветер: скорость;
- Видимость горизонтальная;
- Волнение ветровое: высота;
- Волнение ветровое: высота макс;
- Волнение ветровое: высота мин;
- Волнение ветровое: высота средняя;
- Волнение: зыбь 1-й системы, высота.

Связь ИР-источников и полигонов-районов задается в в файле конфигурации. Каждому району ставится в соответсвие набор ИР, не требущих пространственной обработки, и набор элементов данных для иморта, а также набор ИР, из которых необходимо выбирать пространствепнные элементы и производить расчет агрегированных значений (минимум, максимум, среднее). В каждом из двух наборов один эелемент данных может всречаться лишь один раз.

Для проведения всех операций источником данных служит БД базы инетгрированных данных РИТУ ДВ. Кроме отношений, содержащих данные ИР-источников данных (RU_PUGMS_19, RU_FERHRI_248), происходит обращение к данным ИР «Атлас районирования для ГМОМД (RU_FERHRI_519)», содержащим WKT-представление полигонов, ограничивающих районы Атласа в Японском, Охотском и Беринговом морях (67 районов).

Подробное описание средств и технологий формирования целевых информационных ресурсов ГМОМД в ФГБУ «ДВНИГМИ» приведено в годовом отчете соисполнителя [31]. Перечень средств и технологий формирования целевых информационных ресурсов ГМОМД в ФГБУ «ДВНИГМИ» приведен в Приложении Е к настоящему отчету.

3.2.6 Поставщик информации ЕСИМО ФГБУ «НПО «Тайфун»

В 2022 году исполнителем в рамках работ по ЕСИМО в основном разрабатывались средства и технологии для информационной поддержки обеспечения морской деятельности в области предупреждения о цунами.

В качестве набора средств и технологий, баз данных использованы возможности функциональной подсистемы предупреждения о цунами единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ФП РСЧС-ЦУНАМИ).

Результаты деятельности ФП РСЧС-ЦУНАМИ (порядок функционирования ФП РСЧС-ЦУНАМИ определяется ФЗ от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера») применяются в ЕСИМО.

Информационное взаимодействие ФП РСЧС-ЦУНАМИ с ЕСИМО осуществляется в рамках действия Порядка сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (Постановление Правительства РФ от 24.03.1997 № 334), а также в соответствии с Положением о системе и порядке информационного обмена в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (приказ МЧС России от 26.08.2009 № 496) и рядом дополнительных ведомственных документов.

Решение проблем эффективной защиты населения от цунами СПЦ. Оперативный прогноз осуществляется по факту возникновения сильного подводного землетрясения Службой предупреждения о цунами (СПЦ), действующей на Дальневосточном побережье РФ [23]. Технология разработана в ФГБУ “НПО”Тайфун”.

ФГБУ “НПО Тайфун” выполняет функции поставщика информации ЕСИМО по рассматриваемой тематике.

В качестве продукции выступают оперативные данные по факту возникновения сильного подводного землетрясения и опасного воздействия на жителей населенных пунктов прибрежных зон морей РФ. Параметры: код станции, дата, время, прогнозное значение характеристики. Тип: прогноз. Представление: прогноз по событию,

фиксированная точка. Обновление: по необходимости. Накопление: база данных - один календарный год, Предоствление: БД СУБД Oracle.

Подробное описание задач раздела приведены в отдельном промежуточном отчете ФГБУ “НПО”Тайфун” по настоящей НИТР за 2022 год [32].

3.3 Интегрированная технология оценки и прогнозирования

Для управления морской диагностической и прогностической информацией в процессах цифрового ГМОМД планируется использование оперативного модуля единой системы [33].

Развитие оперативного модуля ЕСИМО состоит в налаживании интегрированной технологии оценки и прогнозирования морских процессов. Этот подход основан на взаимосвязях глобальных, региональных и локальных расчетно-моделирующих комплексов прогнозирования с различным пространственно-временным охватом и разрешением. Интегрированность технологии заключается в том, что глобальные комплексы последовательно поставляют информацию в региональные комплексы, а те, в свою очередь, в локальные. Таким образом, достигается высокое качество и разрешение, а также устойчивость получаемых результатов, и их надежность.

К основным процессам обработки и управления данными, производимых в рамках интегрированной технологии, относятся:

– ведение циклически обновляемых баз оперативных данных наблюдений и их публикация в ЕСИМО, обмен данными наблюдений;

– координированное производство глобальной (региональной, локальной) диагностической и прогностической информации заданного состава;

– гармонизация данных наблюдений, климатических и прогностических данных в плане сплошного покрытия данными районов ГМОМД, сопоставимости данных по форматам и кодам, однородности данных по масштабам представления в пространстве и времени;

– публикация глобальной (региональной, локальной) информации в ЕСИМО, обмен информацией.

Для построения интегрированной технологии требуется сопряжение расчетно-моделирующих комплексов НИУ Росгидромета, как по их функциональности, так и по взаимосовместимости применяемых форматов и протоколов входных/выходных данных. Обмен информацией между ними и другие процессы управления данными будут автоматизированы и осуществляться средствами цифровой платформы ЕСИМО.

Доступ к глобальной (региональной, локальной) диагностической и прогностической информации будет организован через прикладные сервисы ГМОМД центрального и региональных порталов, локальных кабинетов пользователей единой системы.

Масштаб задач, решаемых оперативным модулем ЕСИМО в контексте интегрированной технологии, будет определяться возможностями наблюдательных систем, уровнем развития моделей анализов и прогнозов, наличием требуемых вычислительных и интеллектуальных ресурсов в центрах и поставщиках информации ЕСИМО. С учетом отмеченных обстоятельств предусматривается, что интегрированная технология будет производить следующую продукцию:

– глобальный анализ и среднесрочный (5-7 суток) прогноз основных метеорологических полей приводного слоя атмосферы для океанов и морей с разрешением 20-50 км.;

– краткосрочный (48-72 час) метеорологический прогноз регионального масштаба на базе негидростатических моделей с акцентацией опасных явлений (разрешение 1-5 км);

– глобальный анализ и среднесрочный (5-10 сут.) прогноз состояния основных гидрофизических полей Мирового океана (разрешение 50-100 км.);

– среднесрочный прогноз параметров ветрового волнения в Мировом океане и морях России (разрешение 20-50 км, заблаговременность 3-5 сут.);

– краткосрочный прогноз параметров ветрового волнения в морях России (разрешение 1-3 км, заблаговременность 48-72 час);

– прогноз обледенения судов и других объектов в морях России на базе прогнозов метеоусловий и параметров ветрового волнения;

– анализ полей температуры поверхности океана (ТПО) в океанах и морях на базе синтеза данных контактных и спутниковых наблюдений (разрешение ~10 км, 1 сут.);

– диагноз характеристик ледового покрова в океанах и морях на базе синтеза данных контактных и спутниковых наблюдений (разрешение ~10 км, 1-3 сут.);

– среднесрочный прогноз (5-7 сут.) эволюции ледового покрова в океане и морях;

– прогноз непериодических колебаний уровня моря, включая ветровые сгонно-нагонные явления в морях России (разрешение 1-5 км, заблаговременность 2-3 сут.);

– региональный анализ и среднесрочный (5-10 сут.) прогноз состояния основных гидрофизических полей для морей России (разрешение 1-5 км).

При этом предусматривается следующее распределение ролей центров ЕСИМО в поставке продукции:

– глобальная и региональная гидрометеорологическая и гидрофизическая информация по незамерзающим морям России (ФГБУ “ГМЦ России”);

– региональная гидрометеорологическая и гидрофизическая информация по Арктике и Антарктике, включая районы СМП, глобальная и региональная информация по морскому льду (ФГБУ “ААНИИ”);

– региональная информация о приливах и загрязнении морской среды, гидрофизических условиях в южных морях России, региональная гидрометеорологическая и ледовая информация по незамерзающим морям России и районам Арктики (ФГБУ “ГОИН”;

– региональная гидрометеорологическая и гидрофизическая информация по ДВ региону и прилегающей части Тихого океана (ФГБУ “ДВНИГМИ”);

– региональная и локальная информация по акваториям морей и прибрежным территориям России согласно назначенным районам ответственности (морские УГМС и ЦСГМС Черного и Азовского морей).

Кроме того, перечисленные выше центры и поставщики информации ЕСИМО будут поддерживать работоспособность “своих” расчетно-моделирующих комплексов, а также актуальность и доступность соответствующих информационных ресурсов ЕСИМО.

Для подготовки вышеприведенных предложений использованы радел РД 52.27.881-2019 [2] в части ЕСИМО и материалы публикаций ФГБУ “ ГМЦ России” [33] по организации оперативного модуля ЕСИМО, средствам и технологиям его функционирования.

4 Анализ состояния целевых информационных ресурсов ЕСИМО

4.1 Состав информационного фонда единой системы

Источниками данных ЕСИМО являются центры и поставщики информации единой системы, назначенные МЧС России, МИД России, Минобороны России, Минобрнауки России, Минприроды России, Росгидромет, Минпромторг России, Минтранс России, Росрыболовство, Минэнерго России, Госкорпорацию «Роскосмос». Состав информации, предоставляемой в единую систему, регламент работы операторов ЕСИМО и услуги информационного обслуживания морской деятельности определяются Порядками и регламентами деятельности центров ЕСИМО (поставщиков информации или услуг в ЕСИМО). Эти документы утверждаются соответствующими ФОИВ по согласованию с Росгидрометом.

По состоянию на декабрь 2022 года ЕСИМО включает данные и сервисы более чем 1800 регламентных (обязательных для сопровождения) единиц информационных ресурсов (более 200 баз данных, 450 параметров) по Мировому океану (рисунки 28-30):

–представленных 32 центрами и поставщиками информации ЕСИМО 11-ти ведомств. Из них 20 организаций представляют Росгидромет, включая ААНИИ, ВНИИГМИ-МЦД, ГОИН, Гидрометцентр России, НИЦ Планета, морские УГМС и др. (80 % данных);

–85% ресурсов содержат данные по морской среде;

–данные наблюдений составляют приблизительно 25 %, климат и обобщения – 60 %, прогноз и диагноз – около 25 % данных ЕСИМО;

–25 % ресурсов обновляются с периодичностью от нескольких минут до суток;

–источники данных - БД СУБД (37%), структурированные файлы данных (35%), геосервисы (15%), объектные файлы и приложения.

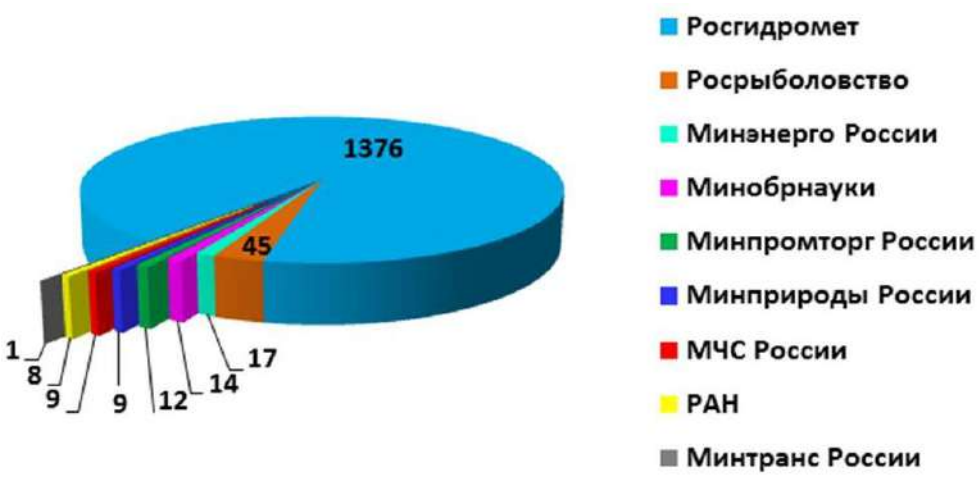


Рисунок 28 - Распределение данных ЕСИМО по ведомствамr

Рисунок 29 - Распределение данных ЕСИМО по тематике

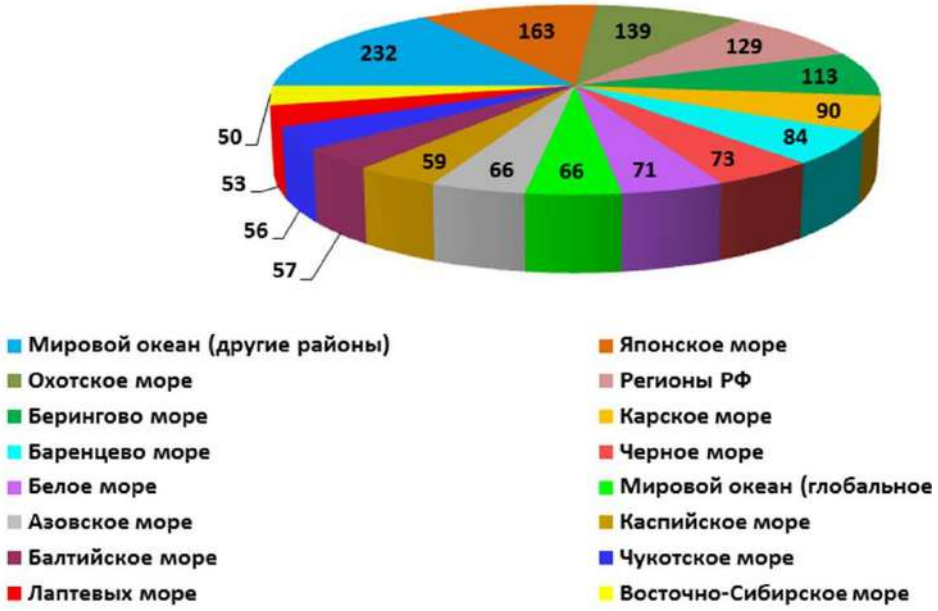


Рисунок 30 Распределение данных ЕСИМО по георайонам

В ЕСИМО активно используются пространственные данные. Сформирован Электронный морской атлас, содержащий более 3 000 слоев по гидрометеорологии и гидрофизике, загрязнению, морской геологии-геофизике, нефтегазовым ресурсам и др. Ведется автоматизированная публикация (обновление) оперативных геосервисов, содержащих сведения о местоположении судов, чрезвычайных ситуациях, гидрометеорологические и ледовые анализы и прогнозы и др. Все геоданные имеют пространственную привязку к картам ЭКО и используют унифицированную библиотеку стилей, что позволяет комбинировать слои в различных сочетаниях в зависимости от потребностей пользователей.

Эти данные составляют информационную основу для подготовки специально подготовленных (целевых) информационных ресурсов ЕСИМО для ГМОМД.

Ниже даны краткие сведения о состоянии и результатах формирования в 2022 году целевых информационных ресурсов ЕСИМО по каждому соисполнителю (ФГБУ «ААНИИ», ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», ФГБУ «ДВНИГМИ», ФГБУ «НПО «Тайфун») отдельно в своем подразделе. Более полная информация о полученных результатах приведена в отчетах соисполнителей.

4.2 Тематические наборы данных

4.2.1 Оперативная и климатическая гидрометеорологическая и ледовая информация по Северо-западному и Арктическому регионам, включая районы Северного морского пути

Оперативная и климатическая гидрометеорологическая и ледовая информация по Северо-западному и Арктическому регионам (СЗА), включая районы Северного морского пути (СМП) готовится в центре ЕСИМО в ФГБУ «ААНИИ», а также поставщиками информации ФГБУ «Северо-западное УГМС», ФГБУ «Калининградский ЦГМС», ФГБУ «Мурманское УГМС», ФГБУ «Северное УГМС», ФГБУ «Якутское УГМС» по своей зоне ответственности в соответствии с принятыми обязательствами.

Таблица 4.1 отражает наличие актуальных регламентных ИР по центру СЗА ЕСИМО, включая присоединенных поставщиков данных.

Таблица 4.1 – Число регламентных информационных ресурсов по отдельным поставщикам данных по СЗА и СМП

№ п/п	Наименование поставщика данных	Количество ИР
1	ФГБУ «ААНИИ»	144
2	ФГБУ «Северо-западное УГМС»	17
3	ФГБУ «Калининградский ЦГМС»	3
4	ФГБУ «Мурманское УГМС»	10
5	ФГБУ «Северное УГМС	10
6	ФГБУ «Якутское УГМС	8
	Итого	192

Перечень целевых информационных ресурсов ГМОМД центра СЗА ЕСИМО приведен в Приложении И к настоящему отчету.

4.2.2 Оперативная, историческая, климатическая гидрометеорологическая, гидрофизическая и гидрохимическая информация по морям России, включая районы Северного морского пути

Оперативная, историческая, климатическая гидрометеорологическая, гидрофизическая и гидрохимическая информация по морям России, включая районы СМП, готовится в центре ЕСИМО ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и составляет 810 единиц регламентных информационных ресурсов.

Характеристики информационных ресурсов, предоставляемых в ЕСИМО ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», в контексте видов наблюдений и информационной продукции приведена в таблицах 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2 – Информационные ресурсы ЕСИМО (ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”) с данными наблюдений

Характеристика ИР	Идентификационные номера ИР
Метеонаблюдения	2965, 1172, 1161 - 1175, 1180, 1182, 1188, 1220, 1240 - 1243, 1345, 2965, 67
Гидрологические наблюдения	1329, 2659, 1325, 1330, 1327, 2655 - 2657, 2659

Продолжение таблицы 4.2

Наблюдения на ГМС/ГМП	1198, 105, U_RIHMI-WDC_106, 111, 2896, 2897, 2900, 2901
Наблюдения в море на судах	219, 1151, 1153, 1195, 1198, 19, 2347, 2359, 2879 - 2881, 3037, 332 - 350, 353, 322, 323, 505 - 519, 760
Данные буев (TESAC, BUOY)	1194, 1196, 1197, 116, 1182, 115, 1149, 117, 1186
Информация об опасных явлениях	227, 487, 489, 2393 - 2398, 2669, 2867 - 2870, 2887, 2892, 473, 490

Таблица 4.3 – Информационные ресурсы ЕСИМО (ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”) с с данными обобщений и климатической информацией

Характеристика ИР	Идентификационные номера ИР
Суточные и месячные обобщения на ГМС/ГМП	687, 690 - 695, 698, 689, 2663, 524, 584 - 669,
Годовые обобщения на ГМС/ГМП	1255, 2658, 2660, 2662,
Многолетние обобщения на ГМС/ГМП	1000, 1001 - 1020, 1037, 1048, 698, 693, 689, 694, 1291, 1307 - 1321, 2348 - 2358, 2379 - 2382, 2360 - 2378, 2982 - 3017, 671 - 700, 734, 828 - 841, 893, 900, 913 - 922, 966 - 999,
Многолетние обобщения в фиксированных точках открытого моря	1043, 1044, 1046, 692, 695, 698, 693, 689, 694, 527 - 548, 502, 549 - 581,
Многолетние обобщения в центрах одноградусных трапеций в море	1720, 1056 - 1088, 1091 - 1107, 1115 - 1132, 1145
Многолетние обобщения в узлах одноградусной сетки в море	1740, 2114 - 2116, 2137, 1557 - 1565, 1721, 2138, 2142 - 2146, 2153, 2156, 2163 – 2174, 923, 927- 964, 1728, 1738, 1739, 1722, 1724, 2149, 2158, 2159, 3039 - 3043, 3049, 3050, 3062, 732, 736 - 758, 762 - 826
Карты среднемноголетних характеристик по морским акваториям	1250, 1259 - 1261, 1334 - 1339, ,1353, 1539 - 1556, 2324 - 2339, 3020 – 3030, 1248, 1360 - 1504, 1533 - 1538

Прогностическая информация представлена ресурсами RU_RIHMI-WDC_1030, RU_RIHMI-WDC_1050, RU_RIHMI-WDC_3036. Штормовые предупреждения и оповещения содержатся в ИР с идентификаторами RU_RIHMI-WDC_2772, RU_RIHMI-WDC_2892, RU_RIHMI-WDC_1745, RU_RIHMI-WDC_1752 - RU_RIHMI-WDC_1759, RU_RIHMI-WDC_2300 - RU_RIHMI-WDC_2309.

В контексте параметров целевые ресурсы сформированы с предметно-ориентированной направленностью для решения задач ГМОМД. В первую очередь, это высота, длина и период волн, температура и соленость морской воды, гидрохимические характеристики, скорость и направление течения,. скорость и направление ветра,

горизонтальная дальность видимости, общая и нижняя облачность, осадки, характеристики атмосферного давления, температура и влажность воздуха и др.

Перечень целевых информационных ресурсов ГМОМД (ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”) приведен в Приложении К к настоящему отчету.

4.2.3 Оперативная гидрометеорологическая и гидрофизическая информация, информация по загрязнению морских вод в районах Арктики, Северного морского пути, европейских морях России

В Центре ЕСИМО ФГБУ «ГОИН» для сопровождения ГМОМД предусматривается сформировать ряд массивов данных в качестве целевых информационных ресурсов ЕСИМО.

4.2.3.1 Данные гидрологического режима морских устьев рек

Исходными материалами баз данных гидрологического режима морских устьев рек служат данные опубликованных или подготовленных к публикации Морских ежегодников – ЕДМ (Раздел “Морские устья рек” с 1976 г.), опубликованные ранее сборники материалов наблюдений и НТО региональных устьевых подразделений Росгидромета. Созданные базы многолетних данных различных параметров и характеристик позволяют описывать гидрологический режим морских устьев рек Европейской территории России (ЕТР). В этот перечень входят данные по устьям рек Волги, Терека, Сулака, Дона, Кубани, Невы, Северной Двины и Печоры за весь период инструментальных наблюдений.

Электронные базы данных гидрологического режима морских устьев рек имеют табличный вид и включают следующие параметры:

- Нср – средние месячные и годовые уровни воды;
- Нмакс – максимальные месячные и годовые уровни воды;
- Нмин – минимальные месячные и годовые уровни воды;
- Qср – средние месячные и годовые расходы воды;
- Qмакс – характерные расходы воды;
- Qмин – характерные расходы воды;
- Qнан – средние месячные и годовые, максимальные за год расходы наносов;
- Тводы – температура воды;
- Толщ. льда – толщина льда;
- Ледов. явл. – ледовые явления;
- W – годовой объем стока воды.

Эти базы данных ежегодно пополняются. Процесс подготовки данных занимает в большинстве случаев 1-2 года после выполнения наблюдений. В некоторых случаях из-за нехватки кадров в региональных устьевых подразделениях, УГМС (ЦГМС) отставание в пополнении баз данных составляет до 2-3 лет (например, по устью р. Невы). Состав основных гидрологических характеристик, сведенных в электронные базы данных, и временные периоды, представлены в соответствующих справочных таблицах по каждому из исследуемых устьев рек.

Набор характеристик по каждой устьевой области представлен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Состав баз данных по устьевым областям рек ЕТР

	Hср	Hмакс	Hмин	Qср	Qмакс	Qмин	Qнан	Тводы	Толщ. льда	Ледов. явл.
р. Волга	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
р. Дон	+	+	+	+	–	–	+	+	+	+
р. Кубань	+	+	+	+	–	–	+	+	+	+
р. Терек	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
р. Сулак	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
р. Нева	+	+	+	+	–	–	–	+	+	+
р. Северная Двина	+	+	+	+	–	–	+	+	+	+
р. Печора	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+

4.2.3.2 Данные мониторинга состояния и загрязнения морской среды.

Массив данных строится на основе данных наблюдений Росгидромета с привлечением дополнительной информации о разовых наблюдениях за загрязнением морской среды, производимых в период проведения научно-исследовательских или специализированных морских экспедиций. Создаваемые и поддерживаемые в рамках действующей технологии целевые информационные массивы параметров загрязнения морской среды служат базовой технологической основой для подготовки информационно-аналитической продукции – Аналитические ежегодники, Обзоры состояния природной среды и прочие информационные документы высокого уровня.

4.2.3.3 Данные региональных технологий "Системы морских ретроспективных расчетов и прогнозов"

В настоящее время разрабатываются и находятся на разных уровнях эксплуатационной готовности три региональных СМРП:

– региональная Система морских ретроспективных расчетов и прогнозов для Азовского моря;

– региональная Система морских ретроспективных расчетов и прогнозов для Каспийского моря;

– региональная Система морских ретроспективных расчетов и прогнозов для Западно-Арктических морей России.

Далее дается краткая характеристика целевых информационных ресурсов ЕСИМО для ГМОМД, которые готовятся с использованием СМРП.

– региональная технология для Азовского моря:

1. Массив данных метеорологических характеристик для Азовского, Черного и Мраморного морей сформирован с использованием адаптированной к региону региональной негидростатической модели WRF. Модель реализована с пространственным разрешением 10 км. Данные о подстилающей поверхности взяты из архива MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) с пространственным разрешением 5’×5’. Для задания начального состояния, а также данных на границах используются данные глобального прогноза GFS (Global Forecasting System) с пространственным разрешением 0.25°;

2. Массив данных гидротермодинамических характеристик для Азовского моря сформирован с использованием адаптированной к региону моделью морской циркуляции INMOM (Institute of Numerical Mathematics Ocean Model). Модель реализована с пространственным разрешением 500 м. В качестве данных атмосферного воздействия используются результаты расчетов по модели WRF, реализованной для Черного, Азовского и Мраморного морей с пространственным разрешением 10 км. В модели реализовано усвоение спутниковой температуры поверхности океана и сплоченности морского льда;

– региональная технология для Западно-Арктических морей России:

1. Массив данных метеорологических характеристик для Западно-Арктических морей сформирован с использованием модели WRF. Модель реализована с пространственным разрешением 10 км в повернутой широтно-долготной системе координат. Данные о подстилающей поверхности взяты из архива MODIS с пространственным разрешением 5’×5’. Для задания начального состояния, а также данных на границах используются данные глобального прогноза GFS (Global Forecasting System) с пространственным разрешением 0.25°;

2. Массив данных гидротермодинамических характеристик для Западно-Арктических морей сформирован с использованием адаптированной к региону моделью морской циркуляции INMOM с пространственным разрешением ~2,5 – 2,7 км в повернутой широтно-долготной системе координат. В качестве данных атмосферного воздействия используются результаты расчетов по модели WRF, реализованной для Западно-Арктических морей России. В модели реализовано усвоение спутниковой температуры поверхности океана и сплоченности морского льда;

– региональная технология для Каспийского моря:

1. Массив данных метеорологических характеристик сформирован с использованием адаптированной к региону модели WRF с пространственным разрешением 6 км. Данные о подстилающей поверхности взяты из архива MODIS. Для задания начального состояния, а также данных на границах используются данные глобального прогноза GFS с пространственным разрешением 0.25°;

2. Массив данных гидротермодинамических характеристик сформирован с использованием адаптированной к региону модели INMOM с пространственным разрешением ~1,5 км. В качестве данных атмосферного воздействия используются результаты расчетов по модели WRF, реализованной для Каспийского моря. В модели реализовано усвоение спутниковой температуры поверхности океана и сплоченности морского льда.

4.2.3.4 Данные гидрометеорологических характеристик, рассчитанных по модели INMOM для расчета эволюции нефтяного разлива

Для использования в действующей модели расчета эволюции нефтяного разлива необходим набор данных, которые относятся к поверхности моря. Набор данных реализован относительно Баренцева и Карского морей, включает 10 лет из диапазона 2000-2010 гг. и содержит следующие параметры:

1. Приводные скорости ветра;

2. Скорости течений в поверхностном слое;

3. Сплоченность льда.

Разрешение по времени составляет 1.5 часа.

Данные представлены в повернутой географической системе координат количество узлов сетки 418x470 с равномерным шагом 0,024 градуса. Параметры поворота ROTATION_ON_LON = 53, ROTATION_ON_LAT = 75

Подготовленный с использованием региональной СМРП Западно-Арктических морей России целевой информационный массив обладает самостоятельной ценностью, так

как может быть использован в качестве входных параметров для широкого спектра математических моделей эволюции параметров состояния морской среды, которые требуют в качестве входных данных аналогичный набор параметров.

Перечень целевых информационных ресурсов ГМОМД центра ЕСИМО ФГБУ “ГОИН” приведен в Приложении Л к настоящему отчету.

4.2.4 Оперативная и климатическая гидрометеорологическая, гидрофизическая и гидрохимическая информация по Дальневосточным морям и прилегающей части Тихого океана, включая районы восточной части Северного морского пути

В Центре ЕСИМО ФГБУ «ДВНИГМИ» для сопровождения ГМОМД, были оцифрованы районы из «Атласа районирования…» по восточной части Арктики и северной части Тихого океана и зарегистрирован демонстрационный ресурс RU_FERHRI_519 «Атлас районирования для ГМОМД».

В отчетный период восстановлена работоспособность средств обработки данных Японского метеорологического агентства, формирующая следующие регламентные ИР центре ФГБУ «ДВНИГМИ»:

– RU_FERHRI_64 «Ежедневный анализ сплоченности морского льда для северо-западной части Тихого океана по данным проекта NEAR-GOOS»;

– RU_FERHRI_160 «Течения на поверхности моря по данным проекта NEAR-GOOS».

В качестве демонстрационных ресурсов, зарегистрированы следующие ИР:

– RU_FERHRI_517 «Поля метеоэлементов по расчетам модели WRFHab15»;

– RU_FERHRI_516 «Сводный гидрометеорологический бюллетень по районам Японского моря»;

– RU_FERHRI_518 «Сводный бюллетень по районам ДВ морей»;

– RU_FERHRI_520 «Прогноз модели GFS по районам восточной части СЛО».

Нижеперечисленные регламентные ИР формировались в штатном режиме:

– RU_FERHRI_12 «Прогноз параметров волнения на ДВ морях и северной части Тихого океана»;

– RU_FERHRI_248 «Прогноз параметров волнения в Японском море»;

– RU_FERHRI_04 «Оперативные синоптические данные с береговых станций SYNOP (КН-01) по ДВ региону»;

– RU_FERHRI_27 «Оперативные синоптические данные с морских станций и попутных судов SHIP (КН-01с) по Берингову морю»;

– RU_FERHRI_26 «Оперативные синоптические данные с морских станций и попутных судов SHIP (KH-01c) по Охотскому морю»;

– RU_FERHRI_25 «Оперативные синоптические данные с морских станций и попутных судов SHIP (KH-01c) по Японскому морю».

Полная информация с перечнем целевых информационных ресурсов ЕСИМО для ГМОМД центра ЕСИМО ФГБУ «ДВНИГМИ» приведена в Приложении М к настоящему отчету.

5 Разработка прикладных технологий ЕСИМО

5.1 Прикладная задача «ГМО плавания судов и морских перевозок»

Прикладная задача «ГМО плавания судов и морских перевозок» реализуется несколькими исполнителями темы: ФГБУ “ААНИИ”, ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД”, ФГБУ “ГОИН” и ФГБУ ”ДВНИГМИ”.

Прикладная задача (рисунок 31) ориентирована на предоставление сведений об ОЯ, гидрометеорологической информации и информации по штормовой активности, морскому льду и течениям в форме бюллетеней по безопасности мореплавания, а также дополнительных наборов (пакетов) данных наблюдений, прогнозов и климатических обобщений. Также требуется информация о местоположении судов, синхронизированная со временем данных наблюдений, портах и других объектах в море.

Рисунок 31 – Варианты плавания по Северному морскому пути

Задача выполняется в ходе следующих видов деятельности:

- плавание в открытом море,
- плавание на судоходных путях, в районах с лоцманской проводкой,
- самостоятельное плавание во льдах,
- плавание во льдах под проводкой ледокола,
- заход в порт и выход из порта, швартовка,
- погрузка и разгрузка, в том числе на необорудованный берег.

Основная грузовая база сосредоточена в Обь-Енисейском районе Карского моря. Именно отсюда осуществляется основной грузопоток сейчас и планируется его резкое увеличение в ближайшем будущем (рисунок 5.2).

Вывоз углеводородного и другого сырья осуществляется в основном в западном направлении, однако с 2017 года начались успешные плавания и в восточном направлении

в период навигации с конца июня по декабрь, и отдельные плавания даже в январе (рисунки 33-34).

Западное направление грузопотока и его гидрометеорологическое обеспечение достаточно долго и успешно развивалось (с конца 70-х годов прошлого века). Протяженность маршрутов при плавании через пр. Карские Ворота либо в обход м. Желания относительно невелика. Площадь акватории, подлежащей оперативному мониторингу состояния ледяного покрова по этой причине также достаточно компактна – юго-западная и центральная часть Карского моря, а также Баренцево море.

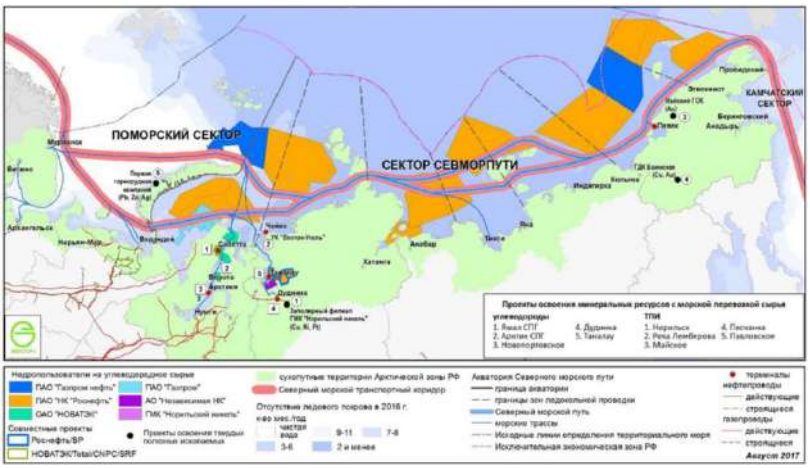


Рисунок 32 – Грузовая база Северного морского пути

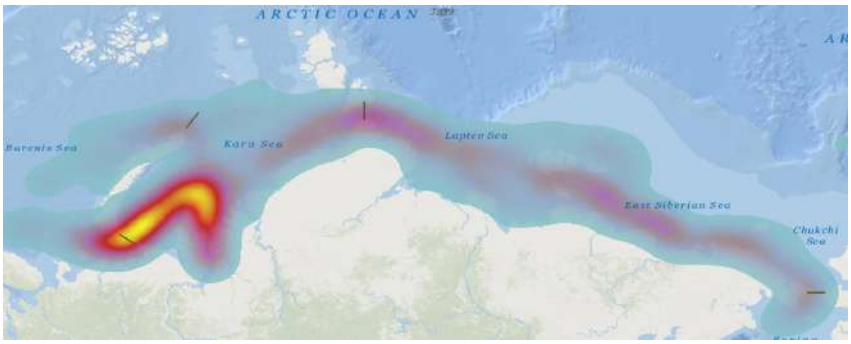


Рисунок 33 – Плотность морских транспортных потоков в летнюю навигацию 2018 года (по данным О.Е. Ольховика, Государственный университет морского и рыбного флота имени адмирала С.О. Макарова)

Продолжительность конкретной морской операции, как правило, не превышает пяти суток, а в основном составляет около трёх суток. Имеющиеся методы прогнозов обеспечивают возможности планирования морских операций и непосредственного обеспечения плавания судов.

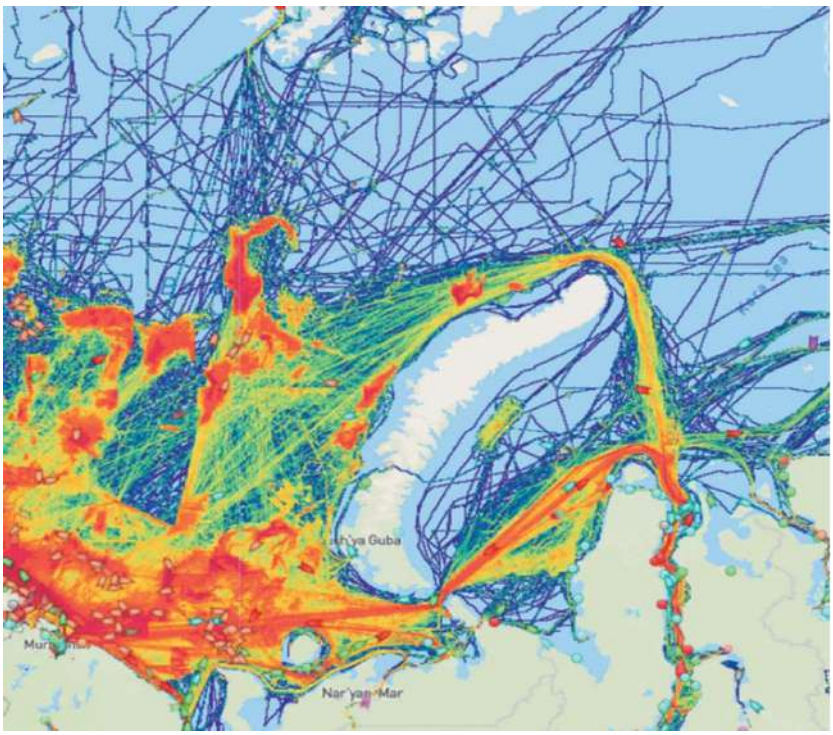


Рисунок 34 – Интенсивность судоходства в Западной части российской Арктики (по данным Marine Traffic)

Состав параметров ГМОМД для западного направления:

– состояние ледяного покрова (сплоченность, возраст, торосистость, сжатие, наличие НСЛ, айсберги);

– атмосферное давление;

– ветер;

– температура воздуха и воды;

– дальность видимости;

– облачность и осадки;

– ветровое волнение и обледенение;

– течения;

– характеристики судов;

– актуальное местоположение судов, полученное с помощью автоматизированной идентификационной системы (АИС);

– характеристики портов.

При планировании морской операции в первую очередь необходимо выбрать вариант плавания – через пр. Карские Ворота либо в обход м. Желания. Затем, если выбран вариант плавания через пр. Карские Ворота, определяется маршрут плавания – напрямую от о-ва Белый до пр. Карские ворота, вдоль побережья п-ва Ямал или вдоль арх.

Новая Земля (рисунок 35). Конкретный маршрут плавания определяется уже во время морской операции по получении актуальной информации.

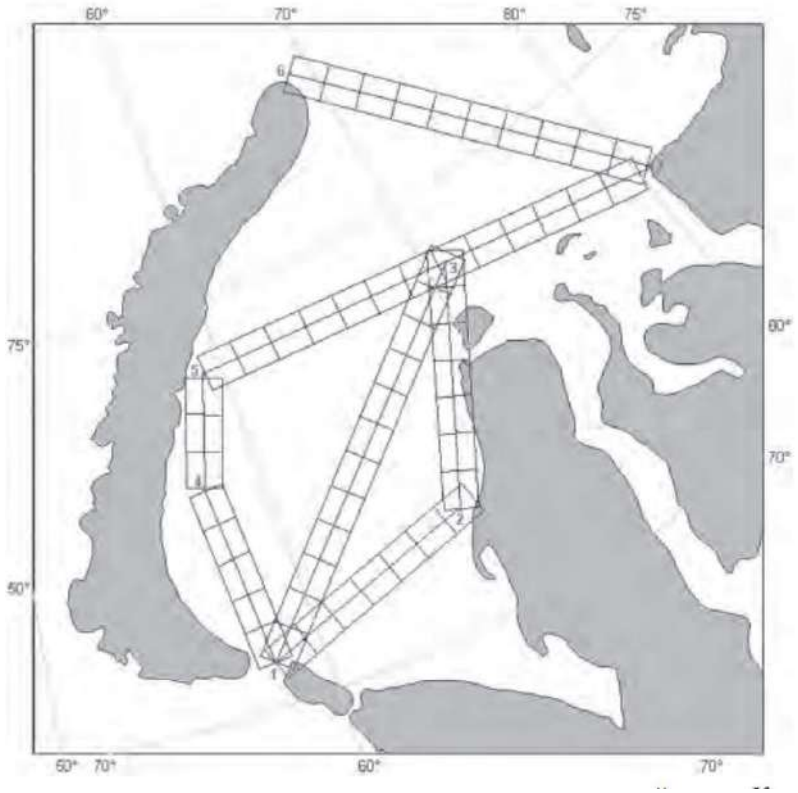


Рисунок 35 – Традиционные маршруты ледового плавания в юго-западной части Карского моря [1]

Состав информационной продукции для планирования плавания (морской операции):

– состояние ледяного покрова (сплоченность, возраст, торосистость, сжатие, наличие НСЛ, айсберги):

а) обзорная ледовая карта Карского моря;

б) обзорная ледовая карта Баренцева моря;

в) детализированная ледовая карта юго-западной части Карского моря

г) детализированная ледовая карта Печорского моря;

д) прогноз ледовых условий плавания с заблаговременностью до 5 суток с учетом динамики ледяного покрова, выделенными неблагоприятными зонами повышенной торосистости и сжатий и благоприятными зонами нарушений сплошности льда (трещины, каналы, разводья и повышенная раздробленность);

– синоптические карты по району плавания:

а) поля приземного давления;

б) поля приземной температуры воздуха;

– прогноз метеорологический краткосрочный по району плавания;

– для открытого от льда района плавания – прогноз параметров ветрового волнения и брызгового обледенения заблаговременностью до 5–ти суток с дискретностью 1, 3 или 6 часов (высота волны, направление волны, период, скорость и направление ветра на 10 метровом горизонте, высота волн зыби, период и направление);

– оптимальный маршрут плавания на период действия прогноза ледовых условий:

Состав информационной продукции во время плавания (морской операции):

– снимок или мозаика снимков ИСЗ в видимом, ИК и микроволновом диапазонах;

– фактическая погода и штормовая информация;

– прогноз метеорологический краткосрочный по району плавания;

– краткосрочный прогноз сжатий;

– рекомендованный маршрут плавания.

Совершенно иная ситуация возникает при ориентации грузопотока в восточном направлении (рисунок 36).

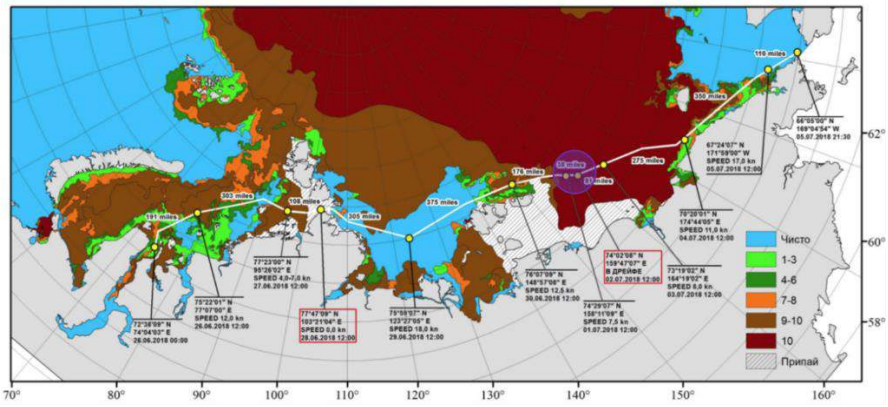


Рисунок 36 – Маршрут плавания газовоза «Владимир Русанов» в июне-июле 2018 года.

Во-первых, значительно возрастает протяженность маршрутов – фактически это вся трасса Северного морского пути.

Во-вторых, при нахождении на различных участках трассы нескольких судов оперативный мониторинг необходимо будет вести по всей акватории СМП и прилегающим районам.

В-третьих, даже при самых благоприятных условиях продолжительность нахождения отдельного судна на СМП (а значит и планирование его плавания) превышает семь суток, а реально составит от полутора до двух недель.

В-четвёртых, на восточной трассе имеются как минимум четыре лимитирующих участка (пр. Вилькицкого, подходы к пр. Санникова, пр. Лонга – рисунок 77), каждый из

которых требует ориентированного на условия участка метода краткосрочного локального детализированного ледового прогноза.

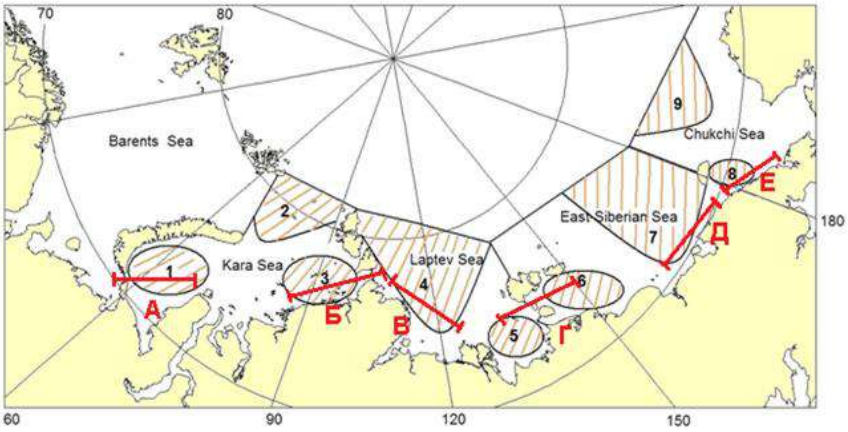


Рисунок 37 – Лимитирующие участки Севморпути

Планирование плавания (морские операции) требует привлечения прогноза метеорологических и ледовых условий, заблаговременностью не менее 10 суток, а также уточнений по каждому участку трассы заблаговременностью от трёх до пяти дней.

Состав параметров ГМОМД для восточного направления мало отличается от подобного для западного направления:

– состояние ледяного покрова (сплоченность, возраст, торосистость, сжатие, наличие НСЛ, айсберги и айсберговые воды);

– атмосферное давление;

– ветер;

– температура воздуха и воды;

– дальность видимости;

– облачность и осадки;

– ветровое волнение и обледенение;

– течения;

– характеристики судов;

– актуальное местоположение судов;

– характеристики портов.

Но состав информационной продукции для планирования плавания (морской операции) в восточном направлении существенно отличается:

– состояние ледяного покрова (сплоченность, возраст, торосистость, сжатие, наличие НСЛ, айсберги):

а) обзорная ледовая карта Карского моря;

б) обзорная ледовая карта восточного района Арктики;

в) обзорная ледовая карта моря Лаптевых;

г) обзорная ледовая карта Восточносибирского моря;

д) обзорная ледовая карта Чукотского моря;

е) детализированная ледовая карта северо-восточной части Карского моря (при следовании на восток);

ж) детализированная ледовая карта Чукотского моря (при следовании на запад);

з) карты расположения стамух;

и) долгосрочный прогноз ледовых условий для района плавания (по каждому морю) до 1 месяца с дискретностью 1 декада;

к) прогноз ледовых условий по району плавания с заблаговременностью до 5 суток с учетом динамики ледяного покрова, выделенными неблагоприятными зонами повышенной торосистости и сжатий и благоприятными зонами нарушений сплошности льда (трещины, каналы, разводья и повышенная раздробленность);

– фактические синоптические карты по району плавания:

а) поля приземного давления;

б) поля приземной температуры воздуха;

– прогноз метеорологический долгосрочный по району плавания

– прогноз метеорологический краткосрочный по району плавания;

– для открытого от льда района плавания – прогноз параметров ветрового волнения и брызгового обледенения заблаговременностью до 5–ти суток с дискретностью 1, 3 или 6 часов (высота волны, направление волны, период, скорость и направление ветра на 10 метровом горизонте, высота волн зыби, период и направление);

– специализированный сценарий развития морских операций;

– оптимальный маршрут плавания на период действия прогноза ледовых условий.

Состав информационной продукции во время плавания (морской операции):

– снимок ИСЗ или мозаика снимков ИСЗ в видимом, ИК и микроволновом диапазонах по району нахождения судов;

– фактическая погода и штормовая информация по району нахождения судов;

– прогноз метеорологический краткосрочный по району плавания;

– краткосрочный прогноз сжатий;

– рекомендованный маршрут плавания.

В Приложении Н приведено описание технических спецификаций и образцов прикладных сервисов рассмотренной прикладной задачи ГМОМД.

5.2 Прикладная задача «ГМО портовой деятельности»

Прикладная задача «ГМО портовой деятельности» направлена на информационную поддержку:

- перемещения судов (заход в порт, выход из порта или перемещение по порту);
- погрузка/разгрузка, обеспечение сохранности, включая безопасность кранов и подъемного оборудования;
- посадка и высадка пассажиров, особенно на вспомогательном судне;
- дноуглубительные и очистные работы;
- ледокольное обслуживание в портах и на подходах к ним.

Информационное гидрометеорологическое обеспечение портовой деятельности требуют специализированной информации по преобладающим гидрометеорологическим условиям применительно к заданному району порта или гавани, что создает многообразие требований к локальному морскому гидрометеорологическому обслуживанию.

В качестве информационной основы ГМО портовой деятельности администрации портов и судоводителям, персоналу других объектов предоставляется информация согласно составу данных прикладной задачи «ГМО плавания судов и морских перевозок» с дополнением подробной информацией по скорости ветра, включая порывы, грозы, шквалы и состояние моря, об уровне моря (приливы и отливы, сгоны и нагоны).

Также требуются сведения о морских портах и актуальная информация о размещении судов в порту (гавани) и их перемещению.

Состав информации в применении к отдельному порту или группе портов, размещаемых в районах СЗА и СМП дополнительно включает:

- прогноз ледовый для рек – Бюллетень № 1 «Ожидаемые толщины льда на конец апреля и сроки вскрытия Сибирских рек»;
- долгосрочный прогноз на весенне–летний период;
- прогноз ледовый для рек – Бюллетень № 2 «Ожидаемые сроки замерзания Сибирских рек»;
- долгосрочный прогноз на осенне–зимний период.

Эта информация необходима для планирования подготовки портовых сооружений к ледоходу в весенний период и к ледоставу в осенний, а также для определения сроков безлёдного периода для выполнения дноуглубительных и очистных работ.

В качестве примера рассмотрим ГМО на подходах к акватории порта Сабетта (морской канал).

Для обеспечения безопасности плавания крупнотоннажных судов по морскому каналу необходимо отслеживать характеристики ледяного покрова акватории Обской губы между 72° и 72°40′с.ш.:

- сплоченность;
- возраст (толщина льда);
- формы льда;
- скорость и направление дрейфа льда.

Для минимизации серьезных рисков проводится мониторинг состояния ледяного покрова в зоне морского канала в северной части Обской губы (рисунок 38).

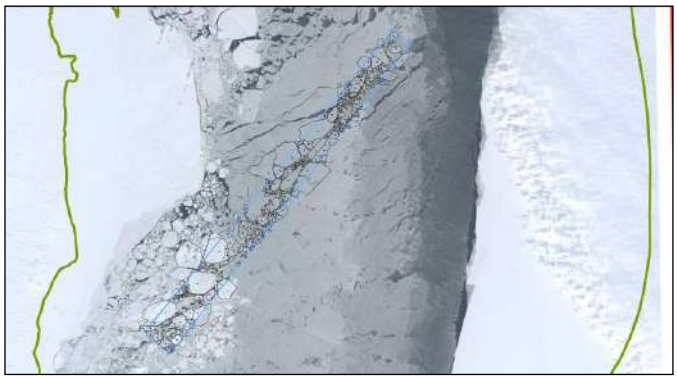


Рисунок 38 – Пример расчета количества льда различных форм и размеров. Снимок ИСЗ «Landsat-8» за 18.04.2017.

На рисунке 39 приведен пример расчета поля дрейфа льда 26-27 ноября 2016 г. Красной пунктирной линией обозначен район судоходного канала.

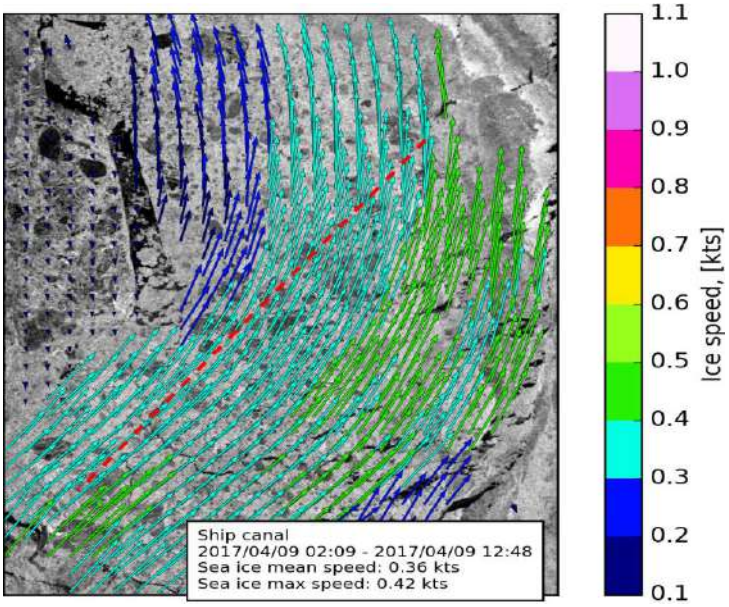


Рисунок 39 – Поле дрейфа льда (фактическое перемещение) по данным Sentinel-1A в районе морского канала в период 26-27 ноября 2016 г.

В Приложении Н приведено описание технических спецификаций и образцов прикладных сервисов рассмотренной прикладной задачи ГМОМД.

5.3 Прикладная задача «ГМО поисково-спасательных операций»

Задача предназначена для повышения эффективности спасения экипажа и судна и состоит в предоставлении спасательно-координационным центрам Минтранса России и другим участникам аварийно-спасательных организаций текущей, прогностической и климатической информации в виде направления и скорости ветра, высоты волн, уровня моря, видимости, облачности, осадков, атмосферного давления, температуры воздуха и воды, течений для расчета скорости и направления дрейфа, обледенения, наличия морских льдов. Также должны быть доступны сведения о местоположении и движении кораблей в районе аварии и о ближайших портах.

Сервисы задачи предоставляют электронные бюллетени гидрометеорологической и ледовой обстановки, морской климатический справочник, таблицы приливов, специфицированные по составу к району проведения аварийно-спасательных операций; средства и данные мониторинга гидрометеорологических и ледовых условий в районе инцидента; оценка дрейфа объекта инцидента, гидрометеорологические и ледовые условия по маршруту дрейфа.

Состав необходимых параметров включает состояние ледяного покрова; атмосферное давление; ветер; температура воздуха и воды; дальность видимости; облачность и осадки; ветровое волнение и обледенение; течения; характеристики судов; актуальное местоположение судов; характеристики портов.

В контексте учета и влияния ОЯ на осуществление аварийно-спасательных операций предлагается следующая схема работы соответствующего сервиса прикладной задачи (предварительное решение):

– Портлет ввода данных. Ввод набора данных и характеристик объекта наблюдения, по которым необходимо анализировать массив гидрометеорологических данных;

– БД СППР. Обеспечивает хранение данных и метаданных о выявленных опасных явлениях. Также включает функции СУБД, обрабатывающие гидрометеорологические данные;

– Веб-сервис. Обеспечивает взаимодействие внешних приложений с базой данных;

– Мобильное приложение. Оперативно оповещает пользователя об обнаруженном ОЯ и предоставляет сведения для поддержки решений.

Технологическая схема приведена на рисунке 40. На схеме представлены все рассмотренные сервисы, а также связь их между собой.

Первый сервис – заполнение пользователем информации об объекте. Назначение этого сервиса состоит в том, чтобы получить основную информацию об наблюдаемом объекте и занести полученные данные в БД для дальнейшего использования.

Второй сервис – выявление ОЯ. Данный сервис непосредственно отвечает за загрузку данных и их последующую обработку для дальнейших действий – рассылки. Данные загружаются из базы интегрированных данных, которая является основным хранилищем данных в системе ЕСИМО. Она содержит в себе как гидрометеорологические данные, так и набор показателей, относящихся к конкретному объекту и к определенному географическому району, в зависимости от производимых наблюдений и заносимых данных. Сервис позволяет автоматически выявлять опасные явления на основе всех интегрированных данных и оповещать пользователей об обнаружении ОЯ посредством различных способов доставки информации.

Одним из критериев уровня опасности явления для объекта является значение гидрометеорологических параметров на объекте. Каждое гидрометеорологическое явление описывается одним или несколькими параметрами среды. Каждое ОЯ определяется одним или несколькими гидрометеорологическими параметрами, превысившими критические значения параметров среды. Превышение критического значения характеризуется уровнем опасности (рисунок 41), таблица 5.1.

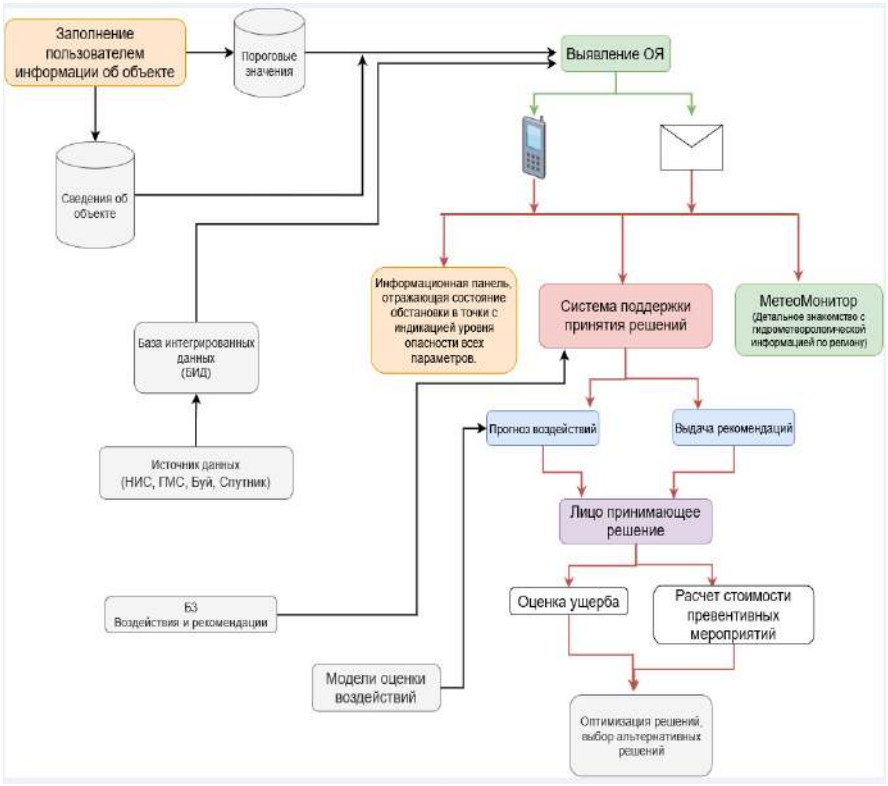


Рисунок 40 – Общая схема функционирования прикладного сервиса

Примечание: Зеленым цветом обозначены части системы, которые требуют незначительной доработки или вовсе не нуждаться в ней. Оранжевым - сервисы, требующие доработки, а красным – полностью отсутствующие или требующие серьезной модернизации.

Рисунок 41 – Уровни опасности

Таблица 5.1 - Критерии определения категорий опасности гидрометеорологических явлений

Метеорологическое явление	Категория опасности			
	зеленая	желтая	оранжевая	красная
Ветер, м/с	< 12	12..14	15...24	>25
Дождь/мокрый снег, мм/12 ч	< 7	7...9	10...49	> 50
Снег, мм/12 ч	< 3	3...4	5 ...19	>20
Заморозки (минимальная суточная температура воздуха в летнее время), °С	> 3	2...3	1...2	< 1
Температура, °С	> –20 < 25	–25..–20 25...30	–30...–25 30...35	< –30 > 35
Туман (видимость, м)	> 600	300...600	50...300	< 50

Третий сервис (СМС) – доставка сведений об ОЯ пользователю. На вход сервиса получает данные от первого сервиса, выходные параметры представляют собой сообщение (sms / email) с названием объекта, датой и временем, название параметра и его значением, уровнем опасности, ссылкой на портал esimo. Для доработки данного модуля требуется добавить также ссылки на МетеоАгент и СППР.

Четвертый сервис (информационная панель) – пользователь может перейти в информационную панель для получения более детальной гидрометеорологической информации в точке. Позволяет быстро получить необходимую гидрометеорологическую информацию в конкретной точке. Информация формируется таким образом, чтобы отображается в форме, непосредственно пригодной для использования без необходимости выполнения различных промежуточных вычислений или преобразовании. Необходимо восстановить корректную работу сервиса.

Пятый сервис – пользователь может перейти в приложение МетеоМонитор для детального ознакомления с гидрометеорологической информацией по региону. На данном этапе сервис полностью выполняет требуемый функционал.

Шестой сервис – получение пользователем информации от системы поддержки принятия решений. Модуль требует серьёзной доработки. На данный момент информация для принятия решений представляется пользователю в виде множества экранных форм. Для того чтобы полностью разобраться в них требуется немало времени, из-за этого «вала» информации пользователь не в состоянии с достаточной быстротой реагировать на изменения условий среды. Информация для выдачи рекомендаций должна иметь небольшой объём без потери их полноты и качества, а также обладать высоким уровнем надежности, достоверности и оперативности. Сведения о возможных воздействиях и рекомендациях представлены на сайте http://armexpert.oceaninfo.ru:81/. В настоящее время описанием ситуаций с ОЯ охвачены практически все ОЯ и неблагоприятные явления (НЯ). Большой задачей по совершенствованию это базы знаний является автоматизация подготовки описаний ситуаций как для новых явлений, так и для настройки базы знаний для различных типовых и конкретных объектов экономики.

Седьмой сервис - оценка возможных убытков и расчет стоимости превентивных мероприятий. На вход сервис получает такие параметры как уровень опасности явления, простой оборудования, простой персонала, ремонт оборудования, ремонт помещений, уничтожение. При расчете затрат на превентивные мероприятия учитываются стоимость

спасательных работ, аренды техники и стоимость защитных сооружений. Выходные параметры – стоимость возможных убытков и превентивных мероприятий.

В Приложении Н приведено описание технических спецификаций и образцов прикладных сервисов рассмотренной прикладной задачи ГМОМД.

5.4 Прикладная задача «ГМО добычи нефти и газа, полезных ископаемых»

Прикладная задача «ГМО добычи нефти и газа, полезных ископаемых» ориентирована на обеспечение комплекса работ добычи и транспортировки углеводородов на шельфе: исследования, проектирование и эксплуатация разведочных и производственных площадок и трубопроводов, логистическая поддержка, выбор маршрутов морских перевозок, а также работы по локализации и очистке акватории моря от возможных нефтяных разливов.

В течении последних 15 лет активно разрабатываются системы управления ледовой обстановкой (УЛО). Они представляют собой системы специальных мероприятий для предотвращения опасных ледовых явлений путем воздействия техническими средствами на ледяные образования с целью снижения их неблагоприятного влияния (ущерба) на морские производственные объекты.

Системы УЛО осуществляются на базе системы мониторинга ледовых условий

- для плавучих нефтегазодобывающих платформ;
- для стационарных сооружений (например, отгрузочный терминал).

На платформе размещают комплекс контроля ледовой обстановки для обнаружения айсбергов и слежения за морским льдом. В его работе используются камеры наблюдения в оптической и инфракрасной областях спектра, современные бортовые радиолокационные станции. Анализируются данные спутниковой съемки и воздушной разведки.

Зоны мониторинга гидрометеорологической обстановки системы УЛО включают:

Зона	Действия

Зона	Действия
общая зона наблюдения ≈ 60-100 миль вокруг защищаемого объекта (зона субрегионального мониторинга)	обнаружение ледяных образований, включая отслеживание и прогнозирование их дрейфа
зона оценки уровня опасности ≈ 30-50 миль (зона локального мониторинга)	оценка угрозы потенциально опасных ледяных образований или ледовой обстановки в целом
зона мероприятий по устранению опасности (<30 миль) (зона оперативного мониторинга)	физическое воздействие на представляющие опасность ледяные образования или на ледовую обстановку: применение ледоколов, очистка акватории от льдов, буксировка айсбергов
критическая зона (<2 миль)	оперативные действия в условиях ледовой угрозы – остановка технологического процесса, отсоединение сооружения, отвод сооружения с точки, эвакуация персонала

Для обеспечения безопасной работы в тяжелой ледовой обстановке разрабатываются уникальные схемы предотвращения столкновений с айсбергами и другими опасными ледовыми объектами (рисунок 42).

Рисунок 42 – Схема мониторинга системы УЛО

Предусматривается физическое воздействие на лед: если эксперты считают, что торос или льдина может повредить установку, специализированные суда поддержки буксируют его на безопасное расстояние. Если же физическое воздействие невозможно,

система изолирует скважину без вреда для окружающей среды, а буровая установка перемещается в безопасное место.

В зависимости от заданной географической точки и вида выполняемых работ предоставляется следующая информация: сведения об ОЯ, гидрометеорологическая информация, информация по штормовой активности, состоянию ледяного покрова и течениям в форме бюллетеней по безопасности мореплавания, а также дополнительных наборов (пакетов) данных наблюдений, прогнозов и климатических обобщений.

Состав параметров:

– состояние ледяного покрова (сплоченность, возраст, торосистость, сжатие, наличие НСЛ, айсберги);

– атмосферное давление;

– ветер;

– температура воздуха и воды;

– дальность видимости;

– облачность и осадки;

– ветровое волнение и обледенение;

– поверхностные течения и течения на горизонтах;

– характеристики платформы добычи и ее местоположения;

– актуальная информация о местоположении и движении судов в районе площадки добычи и транспортных линий и сооружений;

– характеристики судов и их местоположения и движения в районе добычи и транспортировки нефти (газа).

Состав информационной продукции для системы УЛО:

– снимок ИСЗ или мозаика снимков ИСЗ в видимом, ИК и микроволновом диапазонах по району работ;

– детализированная ледовая карта по району работ;

– карта опасных ледовых образований (айсберги, стамухи и др.);

– прогноз ледовых условий по району работ с заблаговременностью до 3 суток с учетом динамики ледяного покрова, выделенными неблагоприятными зонами повышенной торосистости и сжатий и благоприятными зонами нарушений сплошности льда (трещины, каналы, разводья и повышенная раздробленность);

– расчёт и прогноз заблаговременностью до 3–х суток с дискретностью 1, 3 или 6 часов поля дрейфа льда в районе работ;

– прогноз дрейфа айсбергов (при обнаружении);

– фактическая погода и штормовая информация по району работ;

– прогноз метеорологический краткосрочный по району работ;

– в безлёдный период – прогноз параметров ветрового волнения и брызгового обледенения заблаговременностью до 3–х суток с дискретностью 1, 3 или 6 часов (высота волны, направление волны, период, скорость и направление ветра на 10 метровом горизонте, высота волн зыби, период и направление);

– расчёт и прогноз заблаговременностью до 3–х суток с дискретностью 1, 3 или 6 часов трехмерных полей течений.

В Приложении Н приведено описание технических спецификаций и образцов прикладных сервисов рассмотренной прикладной задачи ГМОМД.

5.5 Прикладные задачи «ГМО плавания судов и морских перевозок» и «Мониторинг загрязнения моря»

5.5.1 Сервисы региональных технологий "Системы морских ретроспективных расчетов и прогнозов"

В настоящее время в ГОИН формируется общая система ГМОМД на морях РФ основанная на региональных технологиях Системы морских ретроспективных расчетов и прогнозов (СМРП) гидрометеорологических и ледовых условий. Она основывается на физически полной модели морской циркуляции, в которой прогностическими переменными служат скорости течений и уровень моря, температура и соленость воды, сплоченность, толщина и скорость дрейфа морского льда.

Основными компонентами СМРП в базовой компоновке являются российская модель морской циркуляции INMOM с включенной в нее моделью динамики-термодинамики льда, региональная негидростатическая атмосферная модель WRF и модель ветрового волнения РАВМ. Представленная система рекомендована Центральной методической комиссией по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета РФ к оперативному использованию.

В состав развиваемых региональных систем включены:

– Региональная Система морских ретроспективных расчетов и прогнозов для Западно-Арктических морей России;

– Региональная Система морских ретроспективных расчетов и прогнозов для Азовского моря;

– Региональная Система морских ретроспективных расчетов и прогнозов для Каспийского моря.

Разработаны сценарии применения целевых информационных ресурсов ЕСИМО на основе продукции перечисленных региональных компонентов СМРП в качестве макетов прикладных сервисов ЕСИМО, обеспечивающих доступ и отображение прогностической информации.

5.5.2 Сервисы технологии оперативного прогноза уровня воды в судоходном рукаве устьевой области р.Дон

Технология основана на информационной интеграции технологии моделирования гидродинамической структуры Азовского моря и гидродинамической модели устьевого участка р. Дон и предназначена для оперативного прогнозирования уровней воды в судоходном рукаве устьевой области р.Дон в навигационный период. Для решения поставленной задачи разработан расчетно-модельный комплекс (РМК) Дон-модель, предназначенный для выполнения диагностических и прогностических расчетов положения уровенной поверхности, скоростей течения и расходов воды в русле Дона в пределах заданной расчетной области. Прогноз гидродинамической структуры устьевой области на РМК Дон-модель проводится с суточной заблаговременностью. Основным результатом расчета является информация об уровнях воды в судоходном рукаве р. Дон на следующие сутки с дискретностью 1 час. (рисунок 43)

Рисунок 43 - Границы области моделирования и контрольные створы РМК Дон-модель.

В основе РМК Дон-модель лежит гидродинамическая модель устьевой области р. Дон. Модель создана с использованием программного комплекса для гидродинамического моделирования DELFT-3D, разработанного независимым нидерландским институтом прикладных исследований в сфере поверхностного и подземного стока “Deltares”. Программный комплекс DELFT-3D – интегрированная среда для моделирования гидродинамических характеристик в реках и устьевых областях, мелких морях и их

прибрежных зонах. Расчетный модуль DELFT3D-FLOW основан на решении нестационарных уравнений мелкой воды.

В качестве исходных данных для моделирования используется цифровая модель рельефа (ЦМР), созданная с использованием цифровых топографических карт М 1:25 000, морских навигационных карт масштаба 1:50 000 для восточной части Таганрогского залива и масштаба 1:10 000 для судоходных рукавов дельты Дона и устьевого участка до г. Аксай, речных лоций из Атласа единой глубоководной системы Европейской части РФ и данных экспедиционных работ.

Результаты расчета уровней воды формируются для контрольных точек в русле судоходного рукава р. Дон на ГП Аксай, ГП Ростов-на-Дону, ГП Азов, а также для контрольной точки в районе трассы Азово-Донского судоходного канала на морской границе расчетной области.

5.5.3 Сервисы технологии прогноза распространения нефтяных разливов

Технология прогноза распространения нефтяных разливов одна из наиболее развитых и динамично модифицируемых технологий в ГОИНе. Результаты расчетов с использованием данной технологии востребованы у потребителей из различных отраслей морской деятельности. В 2022г. Технология пополнилась дополнительными расчетными модулями. В частности был разработан «Модуль SPILLMOD-DW для расчёта параметров подводного нефтегазового выброса на поверхности моря»

Модуль SPILLMOD-DW разработан как компонент модельно-расчетного комплекса SPILLMOD-RF для прогнозирования распространения разливов нефти от источников на морском дне. Модуль включает задание параметров выброса, таких как размер выходного отверстия, дебит нефти, газовый фактор, тип нефти или газоконденсата, глубину моря. Для расчета параметров нефтегазового выброса используются сведения о распределении плотности морской воды по горизонтам, горизонтальной скорости движения по горизонтам. В зависимости от газового фактора рассчитывается скорость подъема в рамках интегральной модели свободно-конвективной струи на первом этапе движения нефти к поверхности моря. Рассчитываются параметры нефтегазовой струи, распределение размеров капель нефти, образующихся в результате выброса, скорости всплытия капель в зависимости от размеров. Размер капель нефти, рассчитываемый по модифицированному числу Вебера, плотности, вязкости и межфазному натяжению на границе нефть-вода, и их количество используется для расчета времени и места выхода нефти на поверхность моря. Зона акватории, на которой происходит выход нефти на поверхность, и распределение потока массы нефти в пределах этой области

рассматривается как источник для дальнейшего распространения нефти по поверхности. Математическая модель использует актуальные представления о физических механизмах и динамике подводного нефтегазового выброса, верифицированные в лабораторных и натурных экспериментах. Результаты расчетов параметров подводного нефтегазового выброса могут быть использованы в качестве начальных условий для расчёта распространения нефти на поверхности моря, или импортированы в виде таблиц и графиков.

Разработаны сценарии применения целевых информационных ресурсов ЕСИМО на основе продукции перечисленных технологий и их ресурсов, рассмотрены сервисы технологий в качестве макетов прикладных сервисов ЕСИМО, обеспечивающих доступ и отображение информации.

В Приложении Н приведено описание технических спецификаций и образцов прикладных сервисов рассмотренной прикладной задачи ГМОМД.

6 Разработка интегрированного информационно-технологического узла ЕСИМО

6.1 Основные положения

Интегрированный информационно-технологический узел ЕСИМО представляет собой аппаратно-программный комплекс, размещаемый на площадке ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД” и предназначенный для разработки и отладки эталонного программного обеспечения сетевого узла ЕСИМО в контексте совершенствования ПО и перспективных решений по цифровой платформе единой системы для гидрометеорологического обеспечения морской деятельности.

Разработка интегрированного узла ЕСИМО осуществляется на основе интеграции существующего ПО единой системы и программного обеспечения, разработанного ранее в рамках международных и отечественных проектов по созданию информационных систем на основе технологии ЕСИМО: Интегрированная информационно-телекоммуникационная система в области геофизики (ГеоИТС), Интегрированная система наблюдений в Арктике (INTAROS), программный комплекс “Доступ к гидрометеорологической информации” Межрегиональных информационно-коммуникационных центров (МРИКЦ) по Арктике, протокол и имитатор информационно-технического взаимодействия военного контура ЕСИМО с программно-техническими изделиями Минобороны России.

В 2022 году завершены работы по разработке ПО интегрированного узла. Ниже дается общая характеристика результатов. Соответствующая программная документация помещена в приложениях.

Интегрированный узел ЕСИМО выполняет следующие функции:

1) Применение общесистемной информации:

– обновление и применение нормативно-справочной информации, электронной карта-основы, общих кодов и классификаторов в плане ЕСИМО;

2) Формирование информационных ресурсов Системы распределенных баз данных (СРБД) ЕСИМО:

– ведение каталога источников данных центров ЕСИМО (поставщиков информации);

– регистрация данных в качестве информационных ресурсов ЕСИМО;

– ведение каталога метаданных информационных ресурсов ЕСИМО;

– контроль и обеспечение актуальности данных и метаданных.

3) Информационное взаимодействие:

– сбор и консолидация метаданных и данных в региональном (центральном) узле единой системы;

– обмен метаданными и данными между узлами единой системы, другими внешними информационными системами по необходимости;

– диспетчеризация и мониторинг процессов информационного взаимодействия.

4) Информационное производство

– ведение базы интегрированных данных узла ЕСИМО;

– реализация стандартизированных процессов обработки данных и публикации гео-сервисов в стандарте OGC (WMS, WFS, WCS) заданного состава;

– реализация управляемых процессов обработки данных на основе информации ЕСИМО и другой привлеченной информации.

5) Предоставление услуг:

– предоставление информационных услуг - поиск по каталогам, таблично-графическое и картографическое отображение данных, подписка на доставку информации;

– предоставление прикладных услуг – реализация сценариев решения прикладных задач ЕСИМО (первоочередных) по информационному обеспечению морской деятельности;

– мониторинг выполнения услуг и обеспечение своевременности исполнения процессов их реализации.

6) Информационная безопасность:

– регистрация пользователей, назначение разрешений на доступ к информации, ведение баз учетной и ролевой информации пользователей;

– авторизация и аутентификация прав пользователей, предоставление доступа к информации согласно их правам.

7) Управление работой:

– администрирование, включая конструирование персонифицированных порталов, АРМов, личных кабинетов с профильными наборами данных и сервисов по запросам;

– мониторинг технических, информационных и программных ресурсов ЕСИМО и контроль мер по обеспечению их работоспособности;

– обеспечение обратной связи с пользователями системы;

– ведение стандартизированной отчетности о состоянии и производительности системы.

Потребителями продукции и услуг интегрированного узла ЕСИМО станут представители (руководители и специалисты) министерств (агентств) Российской Федерации и их организаций, российских коммерческих организаций, а также население Российской Федерации, международные организации и организации зарубежных стран.

Пользователь будет обращаться за данными и услугами к порталу интегрированного узла и иметь возможность:

– получить сведения о наличии информации и возможностях услуг;

– обратиться к информации (при наличии прав), просмотреть и скачать ее на свой компьютер, оформить подписку (если информация периодически обновляется), применять в ходе своей деятельности прикладные услуги интерактивно;

– получить сведения о возможностях и условиях получения специализированной информации и услуг;

– оформить заказ на получение специализированной информации или услуги, согласовать схему и сроки его реализации, осуществить мониторинг выполнения заказа;

– после завершения работ по выполнению заказа участвовать в приемо-сдаточных работах результатов его выполнения;

– использовать информацию и услуги согласно заказу с применением АРМа (личного кабинета) пользователя единой системы.

Программная составляющая интегрированного узла единой системы включает в себя: общее программное обеспечение; специализированное программное обеспечение.

В качестве общего программного обеспечения интегрированного узла предлагается используется линейка открытых и свободно-распространяемых программных продуктов:

– Операционная система – CentOS;

– Среда разработки и функционирования: Java (Java Platform, Enterprise Edition (Java EE), Java Platform Standard Edition (Java SE));

– Сервер приложений: JBoss AS/Wildfly;

– Систему управления базами данных: PostgreSQL Server с модулем пространственного расширения PostGIS;

– Среда портала: Jboss Portal Platform;

– Среда ГИС: GeoServer, библиотека геообработки GRASS GIS и GDAL, средства визуализации OpenLayers /Leaflet;

– Провайдер идентификации и «единого входа»: JOSSO.

Специализированное программное обеспечение включает в себя программные комплексы (ПК), образующие программные компоненты системы: Интеграции данных; Управления данными; Информационного обслуживания; Управления системой, описания которых приведено ниже.

6.2 Программный комплекс интеграции данных

Комплекс предназначена для сбора и обмена метаданными и данными с источниками данных ЕСИМО, предоставление метаданных и данных внешним информационным системами, унификацию и ведение хранилища метаданных и данных на узле.

Программный комплекс состоит из следующих компонентов:

– Сбор данных - прием данных, преобразование в другие форматы, передача по логическим маршрутам и каналам;

– Поставщик данных – подключение источников данных (структурированные и неструктурированные файлы данных, СУБД, веб-сервисы, геосервисы), формирование и поддержка метаданных, формирование событий в систему об изменения состояния данных и метаданных, предоставление метаданных и данных по запросы и событию;

– Сервер интеграции - загрузка, распространение и предоставление метаданных и данных, взаимодействие с внешними системами, кэширование метаданных и данных, предназначенные для хранения 24 часа (или другие условия), распространение файлов данных пользователям (смежным системам);

– Хранилище данных - кэш-система файлов данных для последующего совместного использования при решении информационных и прикладных задач узла;

– Сервисная шина - диспетчеризация взаимодействия компонентов узла в рамках единой спецификации через веб-сервисное взаимодействие, фиксацию и накопление процессов взаимодействия, а также сохранение и представление системных журналов работы компонентов узла;

– Сервис логирования – прием и накопление журналов работы компонентов и сводных информационных метрик.

Программная документация на программный комплекс “Интеграция данных” помещена в Приложении Р.

6.3 Программный комплекс управления данными

Комплекс состоит из следующих компонентов:

– База интегрированных данных (БИД);

– ГИС-сервер;

– Информационное производство.

Компонент БИД выполняет загрузку, обновление и хранение в СУБД фактографических данных, метаданных и экземпляров, а также выполняет внутреннее преобразования данных согласно жизненному циклу, управляет ГИС-обработкой, вызовом индексирования.

– Модуль контроля данных - выполняет проверку данных на предмет запрещенных символов, приведение данных к указанному в словаре параметров формату, проверку числовых данных на выход за границы допустимых для конкретного значения максимума и минимума. Замену констант отсутствия на пустые значения.

– Расчетный модуль - расширяемый набор библиотек на уровне процедур и функций базы данных для реализации обработки данных и статистических расчетов.

Компонент ГИС-сервер выполняет подготовку и публикацию геосервисов на основе базы фактографических данных в БИД.

Компонент Информационное производство выполняет процессы планирования и осуществления обработки данных БИД и получения новой продукции.

Программная документация на программный комплекс “Управление данными” помещена в Приложении С.

6.4 Программный комплекс портала системы

Комплекс обеспечивает предоставление справочных, информационных и прикладных услуг согласно задачам интегрированного узла. Основным компонентом подсистемы информационного обслуживания является Портал. Портал состоит из трех подпорталов: АРМ Администратора, АРМ Оператора и АРМ Пользователя.

АРМ Пользователя предоставляет доступ к следующим функциям:

– поиск и представление информации из базы сведений о наблюдательных сетях и базах данных.

– поиск данных по ключевым словам, источникам данных, району на карте, типу информации, временному периоду, и др.;

– отображение данных выбранных информационных ресурсов комплекса и связанных с ними метаданных в виде таблиц/графиков на основе стандартных шаблонов;

– сохранение выбранных данных в виде файлов данных, картографического и табличного и графического представлений для использования пользователем независимо от приложения;

– получение прав на доступ к ресурсам;

– осуществление подписки на данные;

– предоставление доступа к интерфейсам прикладных сервисов ГМО.

АРМ Администратора предоставляет доступ к следующим функциям:

– гибкая настройка содержимого портала;

– управление учетными записями и привилегиями пользователей комплекса;

– управление портальными приложениями (портлетами) для АРМов комплекса;

– формирование и управление статичным контентом портала;

– контроль и управление получения, загрузки, контроля, накопления и резервирования информации из СРБД ЕСИМО;

– мониторинг состояния очередей выполнения технологических процессов;

– контроль и управление актуальности и доступности информационных ресурсов из СРБД ЕСИМО, включая возможность принудительного запроса данных из СРБД ЕСИМО;

– контроль и управление загрузкой данных в БИД и формированием производных массивов данных по жизненному циклу ресурса;

– контроль и управление публикацией гео-сервисов компоненты ГИС-сервер;

– формирование и ведение баз сведений (далее, БС) о наблюдательных сетях и базах данных в централизованной базе метаданных (ЦБМД) ВНИИГМИ-МЦД;

– обработка и управление инцидентами в системе обратной связи с пользователями.

АРМ Оператора предоставляет доступ к следующим функциям:

– управление правами пользователей на доступ к ресурсам центра;

– доступ к статистике и отчетности по ресурсам центра;

– доступ к АРМам ГМОМД центра.

Программная документация на программный комплекс “Портал системы” помещена в Приложении Т.

6.5 Испытания программного обеспечения

Проведены испытания программного обеспечения ИИТУ ЕСИМО на основе Программы и методики испытаний (Приложение У). Согласно Протоколу и акту испытаний (Приложение Ф) разработанные программные комплексы в целом соответствуют требованиям Технического задания и Календарного плана работ на выполнение исследований по теме 5.3 НИТР Росгидромета в 2022 году и готовы к эксплуатации в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» в пилотном режиме.

7 Развитие и апробация решений по модернизации ЕСИМО

В рамках темы осуществляются исследования и разработки в области модернизации единой системы в двух последовательных этапов – в контексте интегрированного информационно-технологического узла и цифровой экосистемы информации об обстановке в Мировом океане на основе ЕСИМО.

Выделение двух этапов модернизации вызвано необходимостью обновления средств ЕСИМО в период 2022-2024 г.г. с применением уже накопленных наработок в рамках действующей архитектуры и разработки перспективных решений на основе методологии цифрового ГМОМД и применения сквозных цифровых технологий, реализацию которых планируется осуществить в рамках осуществления Ведомственного плана цифровой трансформации Росгидромета.

Результаты разработки ПО интегрированного узла ЕСИМО рассмотрены в разделе 6 отчета.

Результаты исследований в области перспективной модернизации ЕСИМО включают методы применения облачной технологии, эскизные решения по построению цифровой экосистемы ЕСИМО, а также отчет по выполнению практического тестирования и освоения инструментального программного обеспечения сквозных цифровых технологий, исследования вопросов построения цифровых двойников океана в контексте гармонизации данных ЕСИМО.

7.1 Применение облачной технологии

Ключевым элементом модернизации ЕСИМО в целом является переход к использованию облачных вычислений [34]. Использование облачных сервисов помогает решить принципиальную проблему ЕСИМО и других информационных систем - устаревание и отказ локальной вычислительной техники, отсутствие квалифицированных кадров для поддержки программно-аппаратных комплексов на местах.

В соответствии с утвержденной Правительством РФ концепцией перевода обработки и хранения государственных информационных ресурсов, не содержащих сведения, составляющие гостайну, в систему федеральных и региональных центров обработки данных (ЦОД) в России создается Государственная единая облачная платформа (ГЕОП, ГосОблако») [35].

С 2019 года проводится эксперимент по миграции в ГосОблако ведомственных и федеральных информационных систем. В октябре 2021 постановлением Правительства РФ Росгидромет был включен состав участников эксперимента по переводу

информационных систем и ресурсов федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) в государственную единую облачную платформу (ГосОблако).

Базовые сервисы ГосОблако включают:

– Инфраструктурные услуги (Colocation, IaaS) - услуги ЦОД, аренда вычислительных мощностей и каналов связи;

– Платформа как услуга (PaaS) - операционные системы, СУБД, управление облачными (виртуальными) ресурсами.

– Программное обеспечение как услуга (SaaS) - служба каталогов учетных записей и рабочих мест со средствами идентификации и авторизации, электронная почта, обмен электронными сообщениями, файловый сервис, хранение и обмен файлами. Сервис мгновенных сообщений, обмен сообщениями в режиме реального времени, управление задачами (поручениями), аудио- и видео- конференцсвязь.

Управление размещенными в ГосОблаке узлами ЕСИМО планируется с помощью инструментальных средств ФГИС «Управление ГЕОП», предназначенная для апробации функций комплексной автоматизации, информационной и технологической поддержки процессов контроля качества оказания вычислительных и программных услуг ГЕОП, регламентирования деятельности поставщиков услуг, оптимизации, планирования и принятия решений в части задач функционирования и развития ГЕОП.

7.1.1 Организационно-функциональный вид

С организационно-функциональной точки зрения цифровая экосистема облачной ЕСИМО – это центры и поставщики информации Росгидромета и других ведомств – участников ЕСИМО, являющиеся операторами ЕСИМО.

В функциональном плане облачная трансформация ЕСИМО должна будет обеспечить проактивное воплощение бизнес-услуг в области информационного обеспечения морской деятельности в соответствующих цифровых технологиях, предоставляющих базовые и прикладные сервисы единой системы.

В организационном плане операторы ЕСИМО будут использовать цифровые сервисы (программно-технические комплексы) на арендуемых облачных платформах и представляющих виртуальные информационно-технологических узлы ЕСИМО в составе трех сегментов .

Центральный сегмент ЕСИМО будет обеспечивать ресурсами и осуществлять сопровождение физического центрального сетевого узел РЦИТУ (ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД” Росгидромета, (г. Обнинск, ЕСИМО, центр системы) и следующей сети виртуальных узлов единой системы:

– ФГКУ “Рузский центр ЦОПУ” МЧС России (Московская область, г.Руза, д.Устье), координация НЦУКС (г.Москва), обеспечение функционирования узла ЕСИМО в НЦУКС, центр системы;

– «АМП Приморского края и Восточной Арктики» (г. Владивосток) Минтранса России – официально объявлен и в стадии становления, ФГУП «Морсвязьспутник» ФГБУ (г.Москва) Минтранса России, обеспечение функционирования узла ЕСИМО в Морсвязьспутник, центр системы;

– ФГУП “НИЦИ при МИД России” (г.Москва) МИД России, центр системы;

– ФГБУ “РФИ Минприроды России” (г.Москва), центр системы;

– ФГБУ ЦСМС (г.Москва) Росрыболовство, центр системы;

– ФГБУ ВНИРО (г.Москва) Росрыболовство, центр системы;

– ФГБУ «ЦДУ ТЭК» (г.Москва) Минэнерго России, центр системы;

– НЦ ОМЗ АО «РКС» (г.Москва) Роскосмос, центр системы;

– ФГУП РТУ МИРЭА (г Москва) Минобрнауки России, центр системы;

– ФГБУ «НПО «Тайфун» (г Обнинск), поставщик информации;

– ФГБУ “ИГКЭ” (г Москва), центр системы;

– ФГБУ «Гидрометцентр России» (г Москва), центр системы;

– ФГБУ «ГОИН» (г Москва), центр системы;

– ФГБУ НИЦ «Планета» (г Москва), центр системы;

– Астраханский ЦГМС филиал ФГБУ «СК УГМС», г Астрахань, поставщик информации;

– Дагестанский ЦГМС филиал ФГБУ «СК УГМС», г. Махачкала, поставщик информации;

– Краснодарский ЦГМС филиал ФГБУ «СК УГМС», г. Краснодар, поставщик информации;

– ФГБУ СЦГМС ЧАМ, г. Сочи, поставщик информации.

Региональный сегмент по северо-западному и арктическому регионам будет состоять из физически реализованного сетевого узла РИТУ СЗА (ФГБУ “ААНИИ” Росгидромета, г. Санкт-Петербург, центр системы) и сети виртуальных узлов:

– ФГБУ «Северо-Западное УГМС», г Санкт-Петербург, поставщик информации;

– ФГБУ «Северное УГМС», г Архангельск, поставщик информации;

– ФГБУ «Мурманское УГМС», г Мурманск, поставщик информации;

– ФГБУ «Якутское УГМС», г Тикси, поставщик информации.

Региональный сегмент по дальневосточному региону будет включать сетевой узел РИТУ ДВ (ФГБУ “ДВНИГМИ” Росгидромета, г. Владивосток, центр системы) и следующие виртуальные узлы:

– ФГБУ «Камчатское УГМС», г Петропавловск-Камчатский, поставщик информации;

– ФГБУ «ДВ УГМС», г Хабаровск, поставщик информации;

– ФГБУ «Сахалинское УГМС», г Южно-Сахалинск, поставщик информации.

Специализированный сегмент по информационному обеспечению деятельности ВМФ (военная подсистема, 373 Центр ВМФ, г. Санкт-Петербург, центр системы) будет поддерживать сетевой распределенный узел в составе: экземпляр открытого контура военной подсистемы в среде Интернет и экземпляр закрытого контура военной подсистемы в среде СПД МО РФ, и виртуальные узлы в ГМЦ флотов (флотилии) ВМФ.

В целом в организационно-функциональном плане процессы функционирования ЕСИМО в облачном представлении не должны будут существенно измениться. При этом средства и технологии интеграции данных об обстановке в Мировом океане, управления единой системой и информационного обслуживания будут доступны центрам участникам единой системы дистанционно через Гособлако.

При этом средства ведомственных узлов ЕСИМО, включая узлы ВП ЕСИМО в ГМЦ ВМФ, будут предоставлены в виде виртуальных программных комплексов и других средств. Отметим, что в ЕСИМО более 10 лет успешно действует технология дистанционного применения программной компоненты Поставщик Данных, физически размещенного в г Обнинске, центрами и поставщиками информации ЕСИМО в г Москве и других городах. В настоящее время более 15 центров и поставщиков информации ЕСИМО ведут регистрацию и передачу в ЕСИМО ведомственных данных удаленно с применением виртуального ПД.

7.1.2 Технический вид.

В рамках переноса ЕСИМО в ГосОблако планируется миграция центрального (1 ед.), региональных (2 ед.) и ведомственных узлов Росгидромета и других ведомств в единую облачную платформу. Сформулированы следующие характеристики в части планируемой нагрузки на ЕСИМО:

– количество пользователей в информационной системе – 1200;

– количество сессий (подключений) за рабочий день на одного пользователя – 0.25;

– объём генерируемых данных за рабочий день одним пользователем, Мб – 8.9;

– количество пользователей за рабочий день – около 2800;

– максимальное количество активных пользователей (в час, в пике) – 4187.

В части вычислительных ресурсов и ресурсов хранения данных должны быть реализованы следующие характеристики:

– виртуальный процессор vCPU (переподписка 5) – 672 шт.;

– виртуальная оперативная память vRAM (1 ГБ) – 1634 шт.;

– виртуальное дисковое пространство типа «vSAS» (1 ГБ) – 13910 шт.;

– максимальные требуемые параметры для одной ВМ - виртуальный процессор vCPU (16 шт.), виртуальная оперативная память (64 ГБ).

При развертывании в ГосОблаке исполнителем работ обеспечивается базовое конфигурирование виртуальных машин (ВМ) потребителя: создание виртуальных машин; первичная установка ОС на запрашиваемые виртуальные машины; настройка удаленного доступа к ВМ (SSH или RDP) и настройки Firewall на ОС; подключение серверов к источнику точного времени.

Количество ВМ ЕСИМО для базового конфигурирования – 45 шт.

В ГосОблаке обеспечивается сопровождение виртуальных машин, которое включает: изменение параметров виртуальных машин и удаление виртуальных машин, переустановку при необходимости ОС на запрашиваемые виртуальные машины, дополнительную настройку удаленного доступа к ВМ.

Количественные требования к дисковому пространству для хранения резервных копий. Объем дискового пространства для хранения резервных копий (50 ТБ) – 1 шт., объем защищаемых данных информационных систем Потребителя (1 ТБ) – 50 шт.

Количественные требования к лицензиям программного обеспечения: Astra Linux Special Edition» релиз «Смоленск» версии не ниже 1.6 – 55 шт.

Требования к обеспечению защиты информационно-технологической инфраструктуры. Класс защищённости ИС – 1, уровень защищённости персональных данных ИС – 4.

Количественные требования к каналам связи и требуемая пропускная способность: канал связи к сети Интернет с защитой от DDoS-атак 1 Гбит/с (основной), Канал связи к сети Интернет с защитой от DDoS-атак 1 Гбит/с (резервный).

Количество публичных IPv4-адресов – 14 шт.

В контексте военной подсистемы предусматривается применить облачную технологию ЕСИМО с дата-центром на площадке 373 Центра ВМФ, представляющий

физические ресурсы сетевого узла в открытом и закрытом контурах и виртуальных узлов на базе ГМЦ ВМФ.

7.1.3 Телекоммуникационный вид

Телекоммуникационное взаимодействие в облачной ЕСИМО ориентируется на применение защищенных каналов связи между узлами единой системы с источниками данных ведомственных и других смежных информационных систем с возможностью разграничения доступа к информации в сегментах виртуальной сети узлов и контроля доступа из публичных сетей к ресурсам и сервисам ЕСИМО, в т.ч. для организации защищенных каналов для работы удаленных пользователей или операторов виртуальных узлов.

С учетом роста киберпреступлений в информационно-телекоммуникационной среде, не маловажным аспектом при выборе телекоммуникационных решений должен стать фактор наличия сертификации ФСБ РФ по требованиям к системе криптографической защиты информации (СКЗИ).

В качестве основного оборудования, удовлетворяющего вышеназванные требования, предлагается использовать шлюзы безопасности «VipNet Coordinator» Транспортировка данных между источниками данных и узлами ЕСИМО, а также абонентами (потребителями информации) будет осуществляться средствами сетевого протокола TCP/IP, что позволит обеспечить доставку как информационной продукции и данных гидрометеорологического обеспечения морской деятельности, так и доставку служебной информации.

В контексте военной подсистемы предусматривается применить приведенные выше предварительные решения ЕСИМО в качестве основного подхода построения телекоммуникационной составляющей ВП ЕСИМО, уточненной посредством требований к обеспечению информационной безопасности со стороны ФСТЭК России и требований по сертификации программного обеспечения критически важных информационных ресурсов РФ согласно требований МО РФ.

7.1.4 Программный аспект

Компоненты цифровой экосистемы ЕСИМО будут реализованы с применением сквозных цифровых (облачные вычисления, большие данные, искусственный интеллект) и других современных технологий (микросервисы, контейнеризации, многопользовательское применение компонентов ЕСИМО и др.). Компоненты будут воплощены в виде:

– тематические цифровые сервисы - программно-технические средства и технологии формирования целевых информационных ресурсов ЕСИМО для ГМОМД;

– базовые цифровые сервисы - программно-технические средства и технологии функционирования собственно ЕСИМО;

– прикладные цифровые сервисы - программно-технические средства и технологии, обеспечивающие процессы: оценка обстановки в контексте основных видов морской деятельности; оперативное оповещение об уровнях опасности обстановки; доведение информации до потребителей и их информационных систем, другие процессы в рамках реализации прикладных задач ГМОМД.

Предоставление услуг сетевыми узлами и построение виртуальных ведомственных узлов ЕСИМО планируется выполнять с применением сервисной модели SaaS (от английского, Software-as-a-service, программное обеспечение как услуга), в рамках которой все работы будут виртуализированы и будут выполняться в облаке.

Модель SaaS в ЕСИМО реализуется путем предоставления доступа к ПО следующих категорий:

– ПО выполнения базовых и прикладных функций центрами и поставщиками информации ЕСИМО;

– ПО реализации прикладных функций пользователями единой системы.

Функционирование модели SaaS основано на архитектурном подходе - мультиарендности (*multitenancy)*, где экземпляр программного комплекса(приложения) обслуживает множество организаций-клиентов («арендаторов»).

В контексте ЕСИМО под клиентом понимается центр или поставщик информации, получающий ресурсы виртуальных узлов единой системы, и пользователи ЕСИМО, получающий ресурсы для доступа к прикладным сервисам. В общем случае каждый клиент, использующий платформу SaaS, считается арендатором и получает права доступа, действуя по соглашению (контекст РЦИТУ, РИТУ и военной подсистемы ЕСИМО) или оплачивая подписку (коммерческий контекст применения сервисов клиентом).

Многопользовательская архитектура является одним из наиболее предпочтительных типов архитектуры приложений SaaS в применение к облачной инфраструктуре ЕСИМО где, каждый отдельный экземпляр этой модели SaaS обслуживает более одного арендатора. Это означает, что все клиенты совместно используют общую базу данных и приложения.

7.2 Построение цифровой экосистемы информации об обстановки в Мировом океане

Основополагающими решениями по развитию ЕСИМО являются:

– «Модернизация и перевод Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане на современные цифровые технологии. Системный проект» (2019). Одобрен МВК ЕСИМО (протокол заседания МВК ЕСИМО № 27 от 27 ноября 2019 года);

– «Концепция гидрометеорологического обеспечения морской деятельности на основе ЕСИМО в контексте цифровой трансформации Росгидромета» (2022) (протокол заседания МВК ЕСИМО № 31 от 25 апреля 2022 года).

Системный проект модернизации ЕСИМО и Концепция цифровой трансформации ЕСИМО ориентированы на перевод ЕСИМО в формат цифровой платформы. С другой стороны, в настоящее время интенсивно развиваются ведомственные цифровые платформы, в том числе в прикладной области ЕСИМО. И в контексте задач ЕСИМО активно формируется необходимость в интеграции данных и сервисов, информационного обслуживания посредством обеспечения взаимодействия "система-система".

Морская доктрина РФ (2022) определяет ЕСИМО в качестве "системы систем" в области информационного обеспечения морской деятельности и в связи с указанным требуется рассмотрение методов и средств построения цифровой экосистемы ЕСИМО.

«Цифровая экосистема» - адаптивная система со свойствами самоорганизации, масштабируемости и устойчивости (как у природных экосистем), позволяющая пользователям получать широкий круг данных и услуг в рамках единого бесшовного интегрированного процесса в пространстве участвующих систем.

Цель построения цифровой экосистемы информации об обстановке в Мировом океане состоит в обеспечении интеграции, когда данные или сервисы обновляются одной участвующей системой, другие независимые и распределенные системы смогут реагировать быстро, автоматически и надлежащим образом.

Назначение цифровой экосистемы информации об обстановке в Мировом океане состоит в предоставлении общей информационно-коммуникационной инфраструктуры для интеграции и рационального использования данных и сервисов систем, осуществляющих навигационно-гидрографическое, гидрометеорологическое, природоохранное, поисково-спасательное, логистическое и другие виды обеспечения морской деятельности.

Области применения цифровой экосистемы информации об обстановке в Мировом океане включают:

– формирование единого информационного пространства об обстановке в Мировом океане;

– доступ к интегрированным данным и услугам в области обстановки в Мировом океане;

– информационная поддержка реализации международных обязательств Российской Федерации в области деятельности на море и прибрежных территориях.

В ходе работ по теме выполнена разработка предварительных технических решений по созданию цифровой экосистемы информации об обстановке в Мировом океане на базе ЕСИМО, включающие решения по структуре и составу функций, реализуемых системой, средствам и способам взаимосвязей компонентов системы и с системами, участвующими в информационно-техническом взаимодействии, решения по составу комплексов технических средств и программного обеспечения, другие решения.

Пояснительная записка к эскизному проекту цифровой экосистемы информации об обстановке в Мировом океане на основе ЕСИМО помещена в Приложении Х.

7.3 Тестирование цифровых инструментальных средств и технологий

Инструментальное общее программное обеспечение (ОПО) предоставляет средства и технологии для автоматизации выполнения функциональных задач ВП ЕСИМО по работе с информацией и использования прикладных компонентов и сервисов, разрабатываемых при модернизации ЕСИМО как специализированное ПО.

Стек продуктов инструментального ОПО, который был определен на основе анализа доступной документации и сведений с форумов сообществ разработчиков и пользователей, помещен в таблице 7.1. В таблице продукты приведены к подсистемам и компонентам ЕСИМО, которые будут их применять согласно предварительным решениям эскизного проекта цифровой экосистемы ЕСИМО. Большая часть инструментального ПО была загружена на стенд ФГБУ “ВНИИГМИ-МЦД” и протестирована в практических условиях.

Таблица 7.1 – Перечень продуктов инструментального ПО для применения в модернизируемой ВП ЕСИМО

Наименование компоненты ЕСИМО	**Назначение компоненты ЕСИМО**	**Продукт инструментального ПО**	
		Анализ	**Апробация**
Сбор и интеграция данных			
Сбор данных	Прием данных, преобразование в другие форматы, передача по логическим маршрутам и каналам	OpenDAP Apache Nifi	Выполнено
Поставщик данных	Регистрация источников данных, генерация и предоставление метаданных и данных источника данных в унифицированном виде.	Apache Nifi	Выполнено
Хранилище данных	Кэш-система файлов данных для последующего совместного использования	Minio	Выполнено

Продолжение таблицы 7.1

Сервер интеграции	Распространение и предоставление метаданных и данных, взаимодействие с внешними системами, кэширование метаданных и данных.	Mosquitto Apache Kafka Apache Activemq Rabbit MQ Kong Centrifugo Redis	Выполнено (Mosquitto, Apache Kafka, Rabbit MQ)
Информационное производство (ИП)			
Управление ИП	Назначение и мониторинг технологических схем (жизненных циклов) обработки данных посредством применения компонентов ИП. Прием и управление заказами.	Camunda Apache Spark Apache Flink	Выполнено (Communda, Apache Spark)
База интегрированных данных	Реализация схем обработки данных в части фактографических данных. Подготовка и публикация новых(производных) ресурсов.	Apache Nifi	Выполнено
ГИС-сервер	Реализация схем обработки данных в части пространственных данных. Подготовка и публикация гео-сервисов.	QGis	Выполнено
Расчетно-моделирующий комплекс	Реализация схем обработки данных в части статистической обработки и вероятностного анализа, моделирования	Camunda Apache Spark Apache Flink Pandas, NumPy, PyTorch, SciPy, TensorFlow, Keras, Statsmodels, R-библиотеки)	Выполнено (Communda, Apache Spark, Keras, Statsmodels, R-библиотеки)
Информационное обслуживание			
Портал	Платформа портала, средства настройки информационных и презентационных элементов приложений, управление пользователями.	Liferay Vue.js React.js Grafana	Выполнено (Liferay, s React.js, Grafana)
АРМ Администратора	Конфигурирование ОПО и программных компонентов АПК и информационных ресурсов, ведение архивных копий информации и ПО, управление ролями и учетной информацией пользователей, устранение неполадок, документирование работы.		-

Продолжение таблицы 7.1

АРМ Администратора оператора)	Графические интерфейсы обращения к программным компонентам и контроля (выполнения) процессов управления и обработки информации, включая комплексный мониторинг актуальности и доступности данных и сервисов.		Выполнено (React.js, Grafana)
АРМ Пользователя	Графические интерфейсы поиска и контроля информации, таблично-графического и картографического отображения данных.		Выполнено (React.js, Grafana)
Информационная безопасность			
Сервер идентификации	Реализация политики доступа к технологическим и информационным ресурсам узла, аутентификация, авторизация и аудит пользователей	Keycloak	Выполнено
Защита объектов инфраструктуры	средств (мероприятий) защиты объектов информационной инфраструктуры СИТУ на основании требований ФСТЭК	Dr.Web	Выполнено
Управление работой			
Сервисная (Интеграционная) шина	Обеспечение доступа к сервисам через единую точку по единому протоколу взаимодействия.	Mosquitto Apache Kafka Apache Activemq Rabbit MQ Kong Centrifugo Redis	Выполнено (Mosquitto, Apache Kafka, Rabbit MQ)
Сервис логирования	Ведение базы данных показателей мониторинга и журналов работ компонентов узла.	-	Выполнено (Apache Kafka)
Мониторинг ресурсов и сервисов	Обеспечение мониторинга вычислительных, информационных и программных ресурсов комплекса и предоставление рекомендаций по принятию мер по обеспечению его работоспособности	Prometheus Grafana Elasticsearch , Logstash и Kibana (ELK), Filebeat	Выполнено (Prometheus Grafana Elasticsearch)
Статистика и отчетность	Сбор и представление показателей мониторинга работы узла, периодическая отчетность		-
Обратная связь	Реализация заявок и замечаний пользователей к технологиям и ресурсам узла	-	-

Ниже приведены краткие сведения о инструментальных продуктах ОПО и предложения по их применению для модернизации ЕСИМО.

7.3.1 Приемо-передача данных, конвейерная обработка потоков данных

7.3.1.1 Apache Kafka

В рамках планируемой распределенности ЕСИМО по облачной технологии возникает необходимость обеспечения высоконагруженной масштабируемой Интеграционной шиной. Решение этой задачи предусматривается путем модернизация действующей Сервисной шины (СШ) на базе открытого программного продукта Apache Kafka.

Apache Kafka кроме классического брокера сообщений обеспечивает горизонтальное масштабирование (подключение новых виртуальных машин без простоев и ограничений в работе), возможность долговременного хранения информации на диске с возможностью ее репликации и гарантией на порядок сообщений, не волнуясь о рисках их потери и производительности системы, потоковую обработку данных через и его подачу на любые источники (БД, сервисы и т.п.), инструмент для работы с данными – язык KSQL, передача сообщений с минимальной задержкой по принципу «публикация/подписка». Apache Kafka как и действующий компонент СШ построены по событийно-ориентированной модели.

Apache Kafka в рамках BigData позиционируется как распределенная (при необходимости) хранилище событий и платформа потоковой обработки информации. По сути, Apache Kafka — гибрид распределённой базы данных и брокера сообщений с возможностью горизонтального масштабирования. Kafka собирает у приложений данные, хранит их в своем распределённом хранилище, группируя по топикам, и отдаёт компонентам приложения по подписке. При этом сообщения хранятся на различных узлах-брокерах, что обеспечивает высокую доступность и отказоустойчивость.

Предлагается разработать новое поколение СШ в виде Интеграционной шины на основе ПО Apache Kafka для организации событийной интеграции компонентов и централизованного мониторинга бизнес-процессов ВП ЕСИМО и ПО Apache NiFi для обеспечения потоковой обработки данных.

Образ продукта в памяти занимает около в ОП ~1.5 Гб. Установлен на кластер с одним узлом. Есть коннектор с NiFi. Ставится в 2 контейнерах, вместе с Zookeeper для кластеризации.

7.3.1.2 Apache Activemq

Представляет собой открытую реализацию брокера сообщений. Основные характеристики:

– поддерживает клиентов и протоколы на нескольких языках, включая Java;

– предоставляет расширенные функции, такие как групповая связь сообщений, приоритет сообщения, отложенный прием сообщения, виртуальный приемник, сохранение сообщения;

– обеспечивает независимый от технологии и языка интерфейс REST API;

– используется как промежуточное ПО для обмена сообщениями внутри сервисной шины.

Судя по обзорам, не подходит для высоконагруженных приложений, т.е. с количеством сообщений больше 10 в секунду. Присвоена приоритетность ниже Apache Kafka.

7.3.1.3 RabbitMQ

Распределенная система управления очередью сообщений, работающая как кластер узлов, где очереди распределяются по узлам и, опционально, реплицируются в целях устойчивости к ошибкам и обеспечения высокой доступности. Штатно, она реализует AMQP 0.9.1 и предлагает другие протоколы, такие как STOMP, MQTT и HTTP через дополнительные модули. Кластеризация реализуется собственными решениями RabbitMQ, без использования Zookeeper.

Второй по популярности в сети, после Apache Kafka. Основное отличие в способе передачи сообщений:

– Кафка пишет в журнал сообщений, а Потребитель должен его вычитывать. Потребители могут вычитывать с разной скоростью;

– RabbitMQ отправляет сообщения Потребителю, т.е. Потребитель просто слушает, а не делает запросы к брокеру. Если связь прерывается, то из Кафки Потребитель перечитывает сообщения после восстановления связи. RabbitMQ может сохранить у себя не отправленные сообщения, если явно указать такую опцию очереди.

Шаблоны процесса обмена сообщениями:

– Паблишеры (publishers) отправляют сообщения на exchange’ы;

– Exchange’ы отправляют сообщения в очереди и в другие exchange’ы;

– RabbitMQ отправляет подтверждения паблишерам при получении сообщения;

– Получатели (consumers) поддерживают постоянные TCP-соединения с RabbitMQ и объявляют, какую очередь(-и) они получают;

– RabbitMQ проталкивает (push) сообщения получателям;

– Получатели отправляют подтверждения успеха/ошибки;

– После успешного получения, сообщения удаляются из очередей.

Продукт позволяет создавать дополнительные модули-коннекторы. Написан на языке Erlang, специально созданном для многопоточных приложений.

Занимает в ОП ~80Мб. Устанавливается в 1 контейнер, имеет графический web-интерфейс для управления очередями и exchange. Имеет API и библиотеки клиентов для разных языков. Есть коннектор NiFi. Присвоена приоритетность уровня Apache Kafka.

7.3.1.4 Mosquitto

Самый маленький из брокеров сообщений, занимает ОП ~3 Mb, публикует сообщения по шаблону sub/pub (публикация/подписка).

Предлагается использовать в WIS 2.0, где принято решение: узел уровня Национальный центр публикует метаданные через Mosquitto, а данные (глобально распространяемые) отправляет в кеш – объектное хранилище S3. Кто подписан читают метаданные, а данные уже в общем кеш лежат.

Устанавливается как служба в одном контейнере. Есть коннектор Apache NiFi.

Для выбора в архитектуру узла ВП ЕСИМО стоит учитывать реальные технические возможности организаций, поддерживающих узлы, нагрузку по ресурсам и персонал для администрирования компонент узла. Присвоена приоритетность ниже уровня Apache Kafka.

Общее замечание по брокерам. Брокеры сообщений в современных архитектурах используются как бесшовные коннекторы для обмена система - система.

7.3.1.5 Apache NiFi

Apache NiFi — это масштабируемая и надежная система, которая используется для обработки и распространения данных. Создана для автоматизации приемо-передачи данных внутри системы или между системами. Поддерживает широкий спектр форматов данных и протоколов, таких как SFTP, HDFS и KAFKA, и т. д. Высокий уровень популярности в части использования продукта. Основные преимущества Apache NiFi:

– имеет пользовательский веб-интерфейс для создания и управления потоками данных;

– поддерживает широкий спектр протоколов взаимодействия;

– управление в режиме реального времени;

– позволяет преобразовывать, маршрутизировать, извлекать потоки данных;

– позволяет отслеживать данные от источника до места назначения;

– имеет большое количество классов-процессоров для обработки, включая коннекторы ко всем популярным брокерам сообщений.

Предлагается использовать в рамках организации потока данных внутри узла (скачивание по ссылке, маршрутизация внутри узла) и распространении на другие узлы (передача по ftp, email – в минимуме).

Основные результаты освоения продукта:

1) настроены конвейеры в NiFi для работы с данными Minio (Рисунок 44).

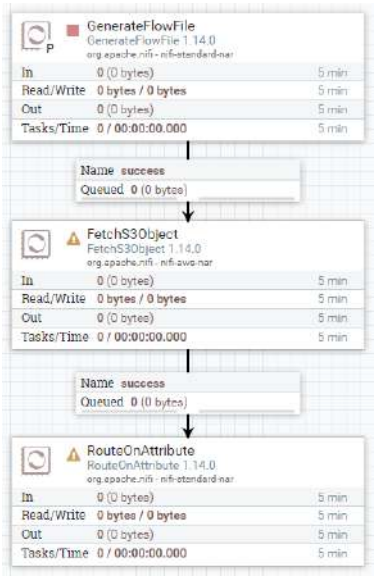


Рисунок 44 – Конвейер NiFi для извлечения файла из Minio

2) настроены конвейер в NiFi для работы с данными PostgreSQL

Признана высокая приоритетность по применению.

7.3.1.6 Kong API

Kong API - это шлюз API с открытым исходным кодом, оптимизированный для архитектуры микросервисов. Это интерфейс API, с которым легче работать, чем с базовой реализацией серверной части, находится между потребителем и поставщиком API.

На данный момент применение шлюза API не требуется.

7.3.1.7 Centrifugo

Centrifugo - это сервер с открытым исходным кодом, который работает по протоколу Websocket и обеспечивает обмен сообщениями в режиме реального времени пользователям, подключенным из веб-браузера.

Применение не требуется.

7.3.1.8 Redis

Redis – это хранилище структур данных в памяти с открытым исходным кодом (лицензия BSD), доступ к данным осуществляется по ключу доступа. Обычно Redis применяют:

– для хранения пользовательских сессий (HTML-фрагменты веб-страниц или товары корзины интернет-магазина);

– для хранения промежуточных данных (поток сообщений на стене, «голосовалки», таблицы результатов);

– как брокер сообщений (стратегия «издатель-подписчик» позволяет создавать новостные ленты, групповые чаты);

– как СУБД для небольших приложений, блогов;

– для кэширования данных из основного хранилища, что значительно снижает нагрузку на реляционную базу данных;

– для хранения «быстрых» данных — когда важны скорость и критичны задержки передачи (аналитика и анализ данных, финансовые и торговые сервисы).

Так же Redis может выступать в качестве брокера сообщений по схеме «Издатель - подписчик». Минусы в качестве брокера:

– Только тривиальная модель pub/sub;

– Отсутствие очередей сообщений;

– Плюсы как базы данных для временного хранения данных;

– Скорость;

– Хранение данных в памяти делает быстрее работу с ними.

Осуществляется выполнение скриптов прямо в памяти, что тоже ускоряет работу поддерживает расширенные типы данных, можно использовать для кэширования.

Ограничения:

– размер БД ограничен доступной памятью;

– масштабирование ведет к увеличению задержки;

– нет SQL, нереляционная СУБД;

– нет сегментации на пользователей или группы пользователей. Отсутствует контроль доступа.

Основные недостатки:

– однопоточность;

– отсутствие механизма отказоустойчивости (риск потери данных);

– необходимость сохранения образа памяти на жестком диске;

– низкая скорость работы с большими обьемами данных.

На данный момент нет необходимости в использовании.

7.3.2 Хранилища данных

7.3.2.1 Minio

MinIO – автономное хранилище объектов с высокой производительностью, совместимое с S3.Объектное хранилище – это дополнительный слой абстракции над файловой системой и хостом, который позволяет работать с файлами (получать доступ, хранить) через API. Преимущества в сравнении с Hadoop:

– открытый исходный код;
– простота применения;
– защита данных;
– масштабируемость;
– производительность;

Предполагается что хранилище объектов Minio может быть использовано как отдельное хранилище входных файлов данных и метаданных в подсистеме сбора и интеграции данных (при необходимости), либо в качестве модернизированный КЭШ файловой системы данных.

Отчет об апробации продукта:

1) Экспорт метрик в Prometheus - настроен экспорт стандартных метрик, генерируемых хранилищем Minio в хранилище данных Prometheus (рисунок 45).

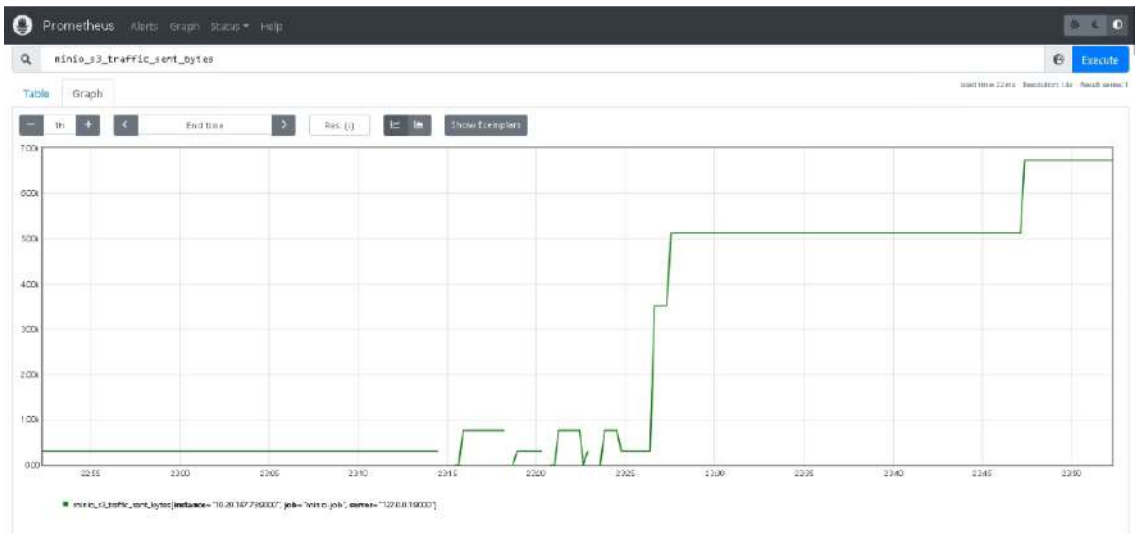


Рисунок 45 – Пример Визуализации метрик в Prometheus

3) Авторизация через Keycloack - настроена авторизация через SSO.

4) Визуализация метрик Minio из Prometheus средствами Minio - настроено получение метрик Minio и проверена возможность визуализации в интерфейсе Minio (рисунок 46).

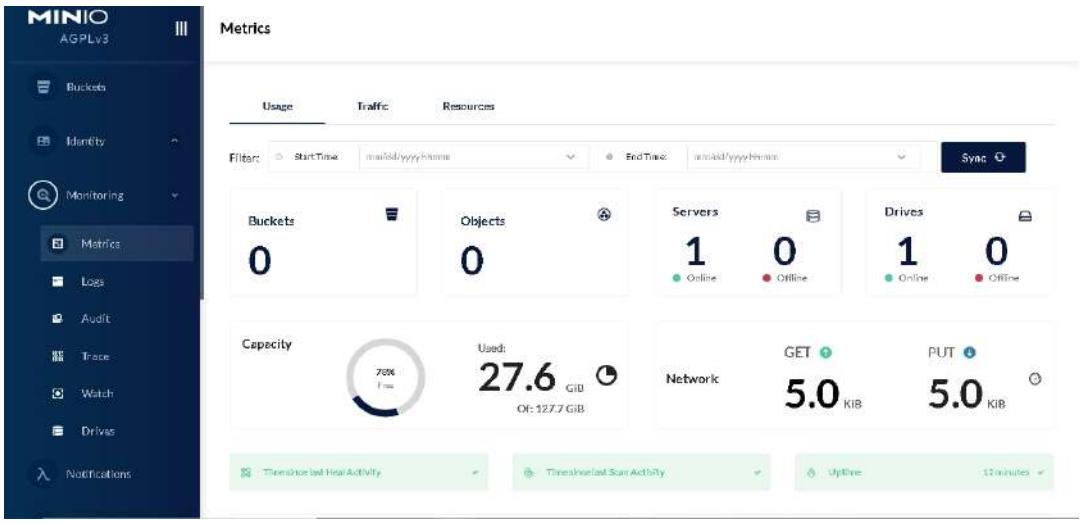


Рисунок 46 – Визуализация метрик в Minio

5) Программная загрузка/ скачивание данных на сервер. Была проверена возможность программно загружать / скачивать данные с сервера Minio. Результат – успешно.

6) Проверка работы версионности файлов. Была проверена возможности по хранению версий файлов (рисунок 47).

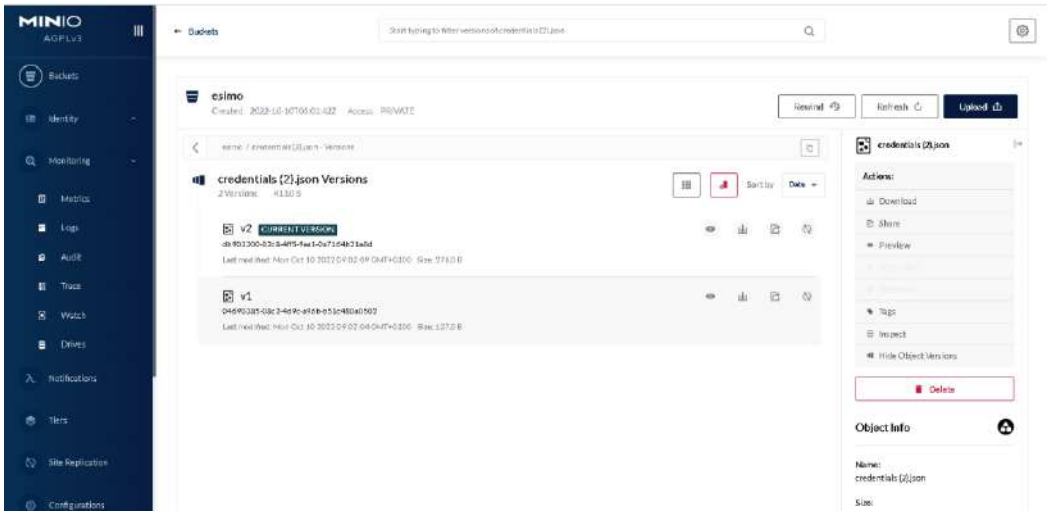


Рисунок 47 – Версионность объектов в Minio

Признана высокая приоритетность по применению.

7.3.3 Обработка данных и получение продукции

7.3.3.1 Quantum GIS (QGIS)

Свободная кроссплатформенная геоинформационная система, состоящая из настольной и серверной части:

– QGIS Desktop — настольная ГИС для создания, редактирования, визуализации, анализа и публикации геопространственной информации. Под «QGIS» часто имеют в виду именно QGIS Desktop;

– QGIS Server и QGIS Web Client — серверные приложения для публикации в сети проектов, созданных в QGIS Desktop, через сервисы, совместимые с OGC-стандартами (например, WMS и WFS).

QGIS позволяет использовать большое количество распространенных ГИС функций, обеспечиваемых встроенными инструментами и модулями. Основные возможности:

1) Просмотр данных. Можно просматривать и накладывать друг на друга векторные и растровые данные в различных форматах и проекциях без преобразования во внутренний или общий формат.

2) Форматы:

– пространственные таблицы и представления PostGIS, SpatiaLite и MSSQL Spatial, векторные форматы, поддерживаемые установленной библиотекой OGR, включая shape-файлы ESRI, MapInfo, SDTS (Spatial Data Transfer Standard), GML (Geography Markup Language) и многие другие;

– форматы растров и графики, поддерживаемые библиотекой GDAL (Geospatial Data Abstraction Library), такие, как GeoTIFF, Erdas IMG, ArcInfo ASCII Grid, JPEG, PNG и многие другие;

– растровый и векторный форматы GRASS (область/набор данных);

– пространственные данные, публикуемые в сети Интернет с помощью OGC-совместимых (Open Geospatial Consortium) сервисов Web Map Service (WMS) или Web Feature Service (WFS);

– данные OpenStreetMap (OSM).

3) Исследование данных и создание карт. С помощью графического интерфейса можно создавать карты и исследовать пространственные данные. Графический интерфейс включает в себя инструменты, например:

– браузер QGIS;

– перепроецирование «на лету»;

– компоновщик карт;

– панель обзора;

– пространственные закладки;

– определение/выборка объектов;

– редактирование/просмотр/поиск атрибутов;

– подписывание объектов;

– изменение символики векторных и растровых слоев;

– добавление слоя координатной сетки — средствами расширения fTools и в виде элемента оформления;

– добавление к макету карты стрелки севера, линейки масштаба и знака авторского права;

– сохранение и загрузка проектов.

4) Управление данными: создание, редактирование и экспорт. В QGIS можно создавать и редактировать векторные данные, а также экспортировать их в разные форматы. QGIS предоставляет следующие возможности работы с данными, в частности:

– инструменты оцифровки для форматов, поддерживаемых библиотекой OGR, и векторных слоев GRASS;

– создание и редактирование shape-файлов и векторных слоев GRASS;

– геокодирование изображений с помощью модуля пространственной привязки;

– инструменты GPS для импорта и экспорта данных в формате GPX, преобразования прочих форматов GPS в формат GPX или скачивание/загрузка непосредственно в прибор GPS;

– визуализация и редактирование данных OpenStreetMap;

– создание слоёв PostGIS из shape-файлов с помощью плагина SPIT;

– обработка слоёв PostGIS;

– управление атрибутами векторных данных с помощью новой таблицы атрибутов или модуля Table Manager;

– сохранение снимков экрана как изображений с пространственной привязкой.

5) Анализ данных. Можно анализировать векторные пространственные данные в PostgreSQL / PostGIS и других форматах, поддерживаемых OGC, используя модуль *fTools*, написанный на языке программирования Python.

В настоящее время QGIS предоставляет возможность использовать инструменты анализа, выборки, геопроцессинга, управления геометрией и базами данных. Также можно использовать интегрированные инструменты GRASS, которые включают в себя функциональность более чем 400 модулей GRASS.

6) Публикация карт в сети Интернет. Может использоваться для экспорта данных в map-файл и публикации его в сети Интернет, используя установленный веб-сервер Mapserver. Кроме того, QGIS может использоваться как клиент WMS, WMS-C, WFS и WFS-T и как сервер WMS или WFS.

7) Внешние модули. QGIS может быть адаптирована к особым потребностям благодаря расширяемой модульной архитектуре. QGIS предоставляет библиотеки,

которые могут использоваться для создания модулей. Можно создавать отдельные приложения, используя языки программирования *C++* или *Python*.

Основные модули:

1. *Добавить слой* из текста с разделителями - загружает и выводит текстовые файлы, содержащие координаты x, y.
2. *Захват координат* - получает координаты мыши в различных системах координат.
3. *DB Manager* - импорт/экспорт, редактирование и просмотр слоёв и таблиц, выполнение SQL-запросов.
4. *Наложение диаграмм* - наложение диаграмм на векторные слои.
5. *Преобразователь Dxf2Shp* - преобразование файлов DXF в shape-файлы.
6. *Инструменты GPS* - загрузка и импорт данных GPS.
7. *GRASS* - поддержка ГИС GRASS.
8. *Инструменты GDAL* - интеграция инструментов GDAL в QGIS.
9. *Привязка растров GDAL* - географическая привязка растров.
10. *Теплокарта* - создание растровой теплокарты из точечных данных.
11. *Модуль интерполяции* - интерполяция векторных данных.
12. *Экспорт в Mapserver* - экспорт проекта QGIS в map-файл Mapserver.
13. *Оффлайновое редактирование* - оффлайновое редактирование слоёв и синхронизация с базами данных.
14. *Модуль OpenStreetMap* - просмотр и редактирование данных OpenStreetMap.
15. Доступ к данным *Oracle Spatial GeoRaster*.
16. *Установщик модулей Python* - загрузка и установка модулей QGIS.
17. *Морфометрический анализ* - морфометрический анализ растровых слоев.
18. *Road graph* - поиск кратчайшего маршрута.
19. *SPIT* - инструмент импорта shape-файлов в PostgreSQL/PostGIS.
20. *SQL Anywhere* - работа с векторными слоями в БД SQL Anywhere.
21. *Зональная статистика* - расчет количества, суммы, среднего значения ячеек растра в пределах заданных полигонов.
22. *Пространственные запросы* - пространственные запросы для векторных слоёв.
23. *eVIS* - инструмент визуализации событий — показ изображений, связанных с векторными объектами.
24. *fTools* - инструменты для управления векторными данными и их анализа.

8) QGIS MapServer. Свободная реализация сервера WMS, совместимого со стандартом WMS 1.3, которая кроме того имеет дополнительные возможности для тематического картографирования. QGIS mapserver является написаным на C++ приложением FastCGI/CGI (Common Gateway Interface), которое работает совместно с вебсервером (например, Apache или Lighttpd).

Графическая подсистема реализована при помощи библиотеки Qt, это же позволило получить кроссплатформенность. В отличие от других WMS-решений, QGIS Mapserver использует картографические правила в SLD/SE и как язык конфигурирования сервера, и для описания пользовательских картографических правил. Кроме того, проект QGIS Mapserver предоставляет расширение «Publish to Web» для QGIS, при помощи которого можно экспортировать текущие слои и символику в проект для QGIS Mapserver (включая правила отображения в формате SLD). Так как QGIS и QGIS mapserver используют одни и те же библиотеки визуализации, карта, опубликованная в Интернет, выглядит точно так же, как и в настольной ГИС.

9) Процесс установки на Debian Squeeze. Кроме самой QGIS и сервера WMS нужен еще и web-сервер,чае apache2. Установить необходимые пакеты со всеми зависимостями можно при помощи aptitude или apt-get install

Анализ QGIS проводился по отзывам пользователей и в сравнение с имеющимся в ЕСИМО программным обеспечением, с которым есть опыт работы более 15 лет.

QGIS можно использовать в качестве отдельно стоящего приложения без встраивания в систему ЕСИМО, например для публикации топоосновы, т.е. создание сервисов, не требующих переопубликации, каждые 10 мин.

Для этого придется создать проект QGIS с 205 слоями, заново создать легенды, создать условные знаки, сделать групповые слои, опубликовать и только потом оценить быстродействие отдачи сервисов.

Проводилось тестирование настольного варианта QGIS, который использует те же библиотеки GRASS и GDAL, что и ЕСИМО.

Доступа для публикации слоев программным образом, как это выполняется в ЕСИМО, не найдено.

Программирование происходит на языке Pythoon внутри приложения, а также используется множество расширений для отдельно стоящего приложения QGIS/.

Признана низкая приоритетность по применению в контексте ГИС-сервер.

7.3.3.2 R - библиотеки обработки данных

R это язык программирования для аналитики с открытой лицензией:

– хорошо сочетается с другими языками программирования, например с C++, Java, SQL..

– в основном используется для статистических вычислений. Он имеет набор алгоритмов, которые углубленно применяются в анализе временных рядов, классификации, кластеризации, линейном моделировании и т.д.

– есть набор программных пакетов, с которыми можно производить вычисления для построения диаграмм и для манипуляций с данными;

– R значительно применяется в проектах статистических исследований.

– R компилируется и запускается в Windows и Linux;

– использует большое количество структур данных, операторов и параметров вместе с интеграцией с другими языками, например с C, C++ и Fortran;

– можно дополнять новыми пакетами.

Признана высокая приоритетность по применению в рамках подсистемы информационного производства.

7.3.3.3 Pandas

Pandas - это пакет Python с открытым исходным кодом, который предоставляет высокоэффективные, простые в использовании структуры данных и инструменты анализа для помеченных данных на языке программирования Python.

Функции Pandas:

1. Индексирование, манипулирование, переименование, сортировка, объединение фрейма данных;

2. Обновить, добавить, удалить столбцы из фрейма данных;

3. Восстановить недостающие файлы, обработать недостающие данные или NAN;

4. Построить гистограмму или прямоугольную диаграмму.

Признана низкая приоритетность по применению относительно Apache Spark и R-библиотек.

7.3.3.4 NumPy

NumPy - один из самых фундаментальных пакетов в Python для обработки массивов данных. Он предоставляет высокопроизводительные объекты многомерных массивов и инструменты для работы с массивами, предоставляет эффективный контейнер универсальных многомерных данных.

Основной объект NumPy это однородный многомерный массив. Это таблица элементов или чисел одного и того же типа данных, проиндексированная набором натуральных чисел. NumPy используется для обработки массивов, в которых хранятся

значения одного и того же типа данных. NumPy облегчает математические операции над массивами и их векторизацию.

Основные функции NumPy:

1. Основные операции с массивами: добавление, умножение, срез, выравнивание, изменение формы, индексирование массивов;

2. Расширенные операции с массивами: стековые массивы, разбиение на секции, широковещательные массивы;

3. Работа с DateTime или линейной алгеброй;

4. Основные нарезки и расширенное индексирование в NumPy Python.

Признана низкая приоритетность по применению относительно Apache Spark и R-библиотек.

7.3.3.5 SciPy

Библиотека SciPy содержит модули для эффективных математических процедур, таких как линейная алгебра, интерполяция, оптимизация, интеграция и статистика. Основной функционал библиотеки SciPy построен на NumPy и его массивах.

Функции SciPy:

1. Математические, научные, инженерные вычисления;

2. Процедуры численной интеграции и оптимизации;

3. Поиск минимумов и максимумов функций;

4. Вычисление интегралов функции;

5. Поддержка специальных функций;

6. Работа с генетическими алгоритмами;

7. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

Признана низкая приоритетность по применению относительно Apache Spark и R-библиотек.

7.3.3.6 TensorFlow

TensorFlow — это комплексная платформа для машинного обучения с открытым исходным кодом. Имеет гибкую экосистему инструментов, библиотек и ресурсов сообщества. Это позволяет исследователям использовать самые современные МО-технологии, а разработчикам — создавать и развёртывать приложения на базе машинного обучения.

За счёт мультиплатформенности решение позволяет обучать и разворачивать модели в облаке и локально, независимо от используемого пользователем языка.

Рассматривается как кандидат на реализацию машинного обучения в среде Apache Spark и R-библиотек.

7.3.3.7 Keras

Keras — открытая среда глубокого обучения, написанная на Python. Фреймворк нацелен на оперативную работу с нейросетями и является компактным, модульным и расширяемым. Подходит для небольших проектов.

Keras работает поверх TensorFlow, CNTK и Theano и предоставляет интуитивно понятный API.

Фреймворк содержит многочисленные реализации широко применяемых строительных блоков нейронных сетей, таких как слои, целевые и передаточные функции, оптимизаторы, а также множество инструментов для упрощения работы с изображениями и текстом.

Признана средняя по применению относительно ранее рассмотренных продуктов по машинному обучению.

7.3.4 Информационное обслуживание

7.3.4.1 Grafana

Grafana это программное средство для визуализации и анализа данных из источников данных: БД, csv, kafka, json api, zabbix, rss, opensearch, elasticsearch, другие api, расширяется плагинами. Осуществляет создание и управление Dashboard: создание, редактирование, поиск, snapshot (сохранение состояния на дату), проигрывание в цикле (playlist), Создание Dashboard включает в себя: добавление, перетаскивание, редактирование, копирование, удаление элементов.

Основные функции:

– выбор типа: график, карта, таблица, прибор, блоковая диаграмма, кнопка действия, светофоры состояний, календарь, записка, статический контент, лента новостей, и т.д (>100 типов с учетом плагинов);

– преобразование данных из запроса (расчет, экстремумы, мапирование, группировка, конкатенация, выборка текстовых данных по условиям, фильтрация, и т.д);

– нанесение расчетных данных на элемент;

– привязка оповещений;

– сохранение/загрузка шаблонов элементов.

Наружу элементы и Dashboard транслируются: по прямой ссылке, по API, экспорт в файл данных(json,csv), экспорт в pdf только в платной версии.

Создание и управление оповещениями: выбор адресатов (email, мессенджеры telegram, slack, итд), выбор источника данных, выбор критерия оповещения, задание сообщения, задание часов "тишины" (периоды когда оповещения не рассылаются).

Невозможно использовать:

- отображение данных ресурсов из каталога или других данных с автоматической настройкой шаблона - все отображения должны быть подготовлены заранее;

- в информационном производстве данных - результаты преобразований не сохраняются в БД, небольшой функционал по работе с данными;

- интерактив между элементами слабо поддерживается;

- картографическое отображение слабо развито.

Где можно использовать:

- в производстве визуальной информационной продукции;

- в прикладных задачах аналогично ПЗ ГМО ВМФ;

- для составления ежеквартальных отчетов о работе системы

- для отображения данных МРС из zabbix;

- для оповещений по данным или по параметрам функционирования узла.

Установка: 1 контейнер в Docker или 2 контейнера при использовании внешней БД (требуется для сохранности и переноса конфигурации). Порт 3000 по умолчанию.

Признана высокая приоритетность по применению.

7.3.4.2 Liferay

Liferay представляет собой веб-платформу для строительства порталов, объединяющую разные приложения в единое информационное пространство. С его помощью можно построить порталы с интеграцией корпоративных приложений, динамические веб-сайты, базу знаний и социальные сети.

Заявленные функции Liferay:

– Создание и ведение сайта;

– Создание контента и управление им;

– Создание и обмен формами, активация рабочего процесса

– Использование поиска, обзор поиска, поиск страниц, установка поисковой системы;

– Работа с досками объявлений, использование социальных инструментов, упоминание пользователей;

– Пользователи и разрешения, добавление и управление пользователями;

– Установка и управление приложениями, настройка файлового хранилища, создание приложений с объектами, обзор инструментов разработчика, установка и обновление интерфейса командной строки Blade;

– Использование служб REST и API-интерфейсов GraphQL.

В текущей версии продукт GateIn, применяемый в качестве портальной платформы ЕСИМО, не выполняет:

- Wokflow – для этого мы выделяем отдельный специальный компонент (kafka, camunda);
- Поиск – у нас уже есть свой поиск и мы хотим его расширить Opensearch

Элементы социальных сетей для ВП ЕСИМО не нужны.

Доставка через портлет (Headless delivery) – этим специализированно занимаются сервисы информационного обслуживания и grafana.

Т.е. потенциальные плюсы, которые мы получаем от использования Liferay замещаются другими специализированными (а значит более эффективными в этих аспектах) инструментальным ПО.

Признана низкая приоритетность по применению.

7.3.5 Информационная безопасность

7.3.5.1 Keycloak

Keycloak это решение для управления идентификацией и доступом с открытым исходным кодом, предназначенное для использования в ИС где могут использоваться паттерны микросервисной архитектуры.

Преимущества:

– развитое русскоязычное и международное сообщество разработчиков;

– нормальный порог входа. Keycloak считается не самым тривиальным инструментом, но он проще аналогичных продуктов;

– микро сервисная архитектура.

Keycloak планируется использовать для аутентификации и авторизации пользователей ВП ЕСИМО. Но в целом он ещё может использоваться для управление пользователями и настроек безопасность.

В практическом плане:

1)настроено использование SSO Keycloak для хранилища объектов Minio как авторизация для Apache nifi на стенде Исполнителя;

2) настроена авторизация для Apache nifi на стенде. Использовался образ Docker с https доступом и протокол: SAML.

Признана высокая приоритетность по применению.

7.3.6 Управление работой системы

7.3.6.1 Prometheus

Prometheus (wiki) это бесплатное программное приложение, используемое для мониторинга событий и оповещения.[Оно записывает показатели в реальном времени в базу данных временных рядов (с учетом высокой размерности), построенную с использованием модели HTTP pull, с гибкими запросами и оповещением в реальном времени.

Установка: 1 контейнер в Docker. Хранилище внутреннее. Порт 9090 по умолчанию. Продукт напрямую можно подключать к Docker, DNS-серверам, JSON-файлам, HTTP-запросам и др. Форматом обмена является json.

Механизм работы:

1. В конфигурационном файле перечисляются адреса, типы и периодичность опросов.

2. Prometheus производит опрос адресов согласно конфигурационному файлу.

3. Опрашиваемые адреса должны возвращать список метрик и их значений в том формате, который требует prometheus. Формат фиксирован и не правится.

4. Prometheus собирает значения метрик в свое хранилище.

5. Хранимые значения метрик могут быть просмотрены через визуальный интерфейс Prometheus с простым функционалом или получены через API для использования в других компонентах.

Где можно использовать:

– для централизованного хранения статистики работоспособности, актуальности и обращений;

– для рассылки оповещений.

Признана высокая приоритетность по применению.

7.3.6.2 Portainer

Portainer (ранее известен как UI for Docker) — самый популярный веб-интерфейс для работы с Docker-хостами. Запускается развёртыванием Docker-образа, которому в качестве параметра передаётся адрес/сокет Docker-хоста. Позволяет управлять контейнерами, образами (умеет забирать их из Docker Hub), сетями, томами. Поддерживает Docker 1.10+.При просмотре контейнеров для каждого из них доступна базовая статистика (использование ресурсов, процессы), логи, подключение к консоли

(веб-терминал xterm.js). Имеются свои списки доступов, позволяющие ограничивать пользователям Portainer права на различные операции в интерфейсе.

Предполагаемое использование - как GUI-интерфейс для управления Docker-контейнерами. Тестирование: Развернут Portainer, проверены его базовые возможности.

Признана высокая приоритетность по применению.

7.3.6.3 cAdvisor

cAdvisor (консультант по контейнерам) предоставляет пользователям контейнеров представление об использовании ресурсов и характеристиках производительности их работающих контейнеров. Это запущенный демон, который собирает, агрегирует, обрабатывает и экспортирует информацию о запущенных контейнерах. В частности, для каждого контейнера хранятся параметры изоляции ресурсов, историческое использование ресурсов, гистограммы полного исторического использования ресурсов и сетевая статистика. Эти данные экспортируются контейнером и всей машиной.

Предполагаемое использование: Дополнительно к Zabbix для отслеживания потребления ресурсов контейнерами (Zabbix не работает с контейнерами)

Тестирование: Развернут cAdvisor и настроен экспорт метрик в Prometheus

Признана высокая приоритетность по применению.

7.4 Исследования цифровых двойников океана

7.4.1 Обзор

Уже имеется много примеров разработки и использования ЦД в различных отраслях [36]. Во многих странах созданы Цифровые модели местности (ЦММ) и цифровые модели рельефа (ЦМР), которые широко используются в геоинформационных системах [37]. В них данные представлены по всему Земному шару с пространственными масштабами от 1:5 000 000 до 1:500. В числе аналогичных инициатив отметим программу Европейского Сообщества Destination of the Earth (DestinE), выполняемую под руководством Европейского космического агентства. Предусматривается создать высокоточную цифровую модель Земли — цифровой двойник Земли, чтобы максимально точно отображать развитие климата и экстремальные явления в пространстве и времени. Это элементы ЦДО.

В программе «Десятилетие ООН наук об океане» (2021-2030) и проекте ЕС «Зеленый курс» предусмотрено создание ЦДО/DTO. Мирового океана (https://www.oceandecade.org/actions/digital-twins-of-the-ocean-ditto/). Цифровые двойники создадут и усовершенствуют цифровую структуру, в которой все морские данные, моделирование и симуляция, а также алгоритмы искусственного интеллекта и

специализированные инструменты позволят совместно использовать возможности для доступа, обработки, анализа и визуализации морской информации. Это позволит пользователям создавать сценарии развития, связанные с океаном, для решения таких вопросов, как энергетика, добыча полезных ископаемых, рыболовство, туризм. ЦД могут количественно оценивать преимущества и изменения окружающей среды, а также обеспечивать мощную визуализацию.

Компания Nvidia собирается создать виртуальную копию нашей планеты со всеми ее природными и рукотворными процессами, а затем начать наглядно моделировать потенциальные климатические изменения [39]. Система позволит прогнозировать изменения климата на планете на несколько десятилетий вперед, создав модели движения воды в океанах, морского льда, земной поверхности и грунтовых вод. Это позволит предсказать наводнения и поднятие уровня Мирового океана.

В программе «Цифровое государственное управление» предусмотрено создание отечественной цифровой платформы сбора, обработки, хранения и распространения данных дистанционного зондирования Земли из космоса и реализация проекта «Цифровая Земля» (куратор государственная корпорация «Роскосмос»). Будет организовано «Создание и функционирование цифровой платформы Росреестра». Эти результаты должны быть использованы для создания ЦД океана.

В России создается цифровая платформа «Арктик Лабс» (https://www.fondvostok.ru/projects/digital_services/arctica_rf/). На основе ЦД Северного морского пути создается динамическая математическая модель, позволяющая разрабатывать сценарии развития, как всей Арктики, так и отдельных территорий, логистических маршрутов. Например, определить логистику доставки крупногабаритных грузов из Санкт-Петербурга во Владивосток. Здесь должен быть учтен ряд условий, среди которых учет навигационной и гидрометеорологической обстановки на всем протяжении маршрута. Система будет работать в режиме реального времени и учитывать более 10 тыс. параметров, включая инфраструктуру, транспорт, судостроение, логистику, социальные, экономические, экологические дисциплины. Это позволит комплексно оценивать целесообразность инвестиционных и инфраструктурных проектов, их влияние на динамику развития регионов и отдельных территорий, арктической экономики на валовый внутренний продукт России.

В гидрометеорологии модели анализа и прогноза параметров состояния морской среды широко применяются уже многие годы. Но в каждой дисциплине (метеорологии,

океанографии, гидрологии, экологии) используются свои модели, свои данные. В этих моделях используется много одинаковых параметров.

Интересной разработкой в этом направлении является пакет программ суперкомпьютерного моделирования и инженерного анализа «Логос» государственной корпорации «Росатом» (https://www.cnews.ru/articles/2021-11-02_kak_razvivaetsya_inzhenernoe_po_v_rossii). Он включает моделирование аэро-, гидро- и газодинамических процессов, теплопередачи, статической и динамической прочности, деформации и разрушения в промышленных конструкциях. Пакет программ используется как в атомной отрасли, так и в других отраслях: авиационной, ракетно-космической, нефтегазовой, судостроительной и машиностроении. Примером актуальной задачи, решаемой с помощью этого пакета, является исследование поведения элементов конструкций в вечной мерзлоте.

Интересное обсуждение создания ЦД представлено в статье [40]. В ней ставится много вопросов типа «Почему необходимо заниматься созданием ЦД?». Приводятся блоки ЦД и проблемы, которые надо решить (интеграция данных, функциональная совместимость, масштабируемость, интеграция процессов и моделей данных, уменьшение сложности существующих систем и сервисов).

Создание цифровых копий реальных физических объектов, состояния морской среды отдельного региона, географического или социального объекта (отдельное море, страна, субъект федерации, объект экономики, экземпляр оборудования) позволяет моделировать основные этапы жизненного цикла объектов (планирование, проектирование, строительство, эксплуатация и модернизация предприятий). Для создания ЦД следует оцифровать как статические МД, так и динамические свойства объектов (жизненный цикл изменений свойств объекта). Важно также одновременно оцифровать технологические процессы, происходящие на объекте (например, строительство новых пирсов, углубление фарватера и другие), а также бизнес процессы, с помощью которых организуются технологические процессы, зависящие от состояния морской среды. Для создания ЦД необходимо, чтобы информационные системы сбора, доведения, обслуживания и применения данных о морской среде могли обмениваться данными и информацией в режиме реального времени. Фактически прогностические учреждения Росгидромета всегда работали в режиме реального времени, т. к. анализы и прогнозы погоды выдаются на основе оперативных, потоковых данных из Глобальной сети телесвязи по мере их поступления.

ЦД процессов можно построить для любых регламентированных процессов, на которые оказывает воздействие морская среда – суда, порты, материалы, логистика, производство и прочее. Необходимо создать ЦД для каждого объекта в виде набора заранее заданных значений показателей ОЯ и их локальных пороговых значений уровней опасности. Можно создать детализированные профили ЦД и применить их, чтобы понять, что может произойти и что надо сделать, чтобы уменьшить ущерб от ОЯ или обеспечить жизнедеятельность населения.

7.4.2 Определения

Существует несколько определений термина ЦД. Наиболее общее определение дано в стандарте ISO 23247. «ЦД – это цифровая модель конкретного физического объекта или процесса с подключенными наборами данных, которая обеспечивает конвергенцию между физическим и виртуальным состояниями с соответствующей скоростью синхронизации». Его назначение — помочь предприятиям обнаружить события в морской среде, которые могут воздействовать на физические объекты до того, как они возникнут, чтобы можно было предпринять превентивные мероприятия.

Приказом Росстандарта в 2021 году. утвержден национальный стандарт ГОСТ Р 57700.37–2021 [41]. В этом документе определение ЦД следующее: «ЦД изделия – это система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями».

Для каждой предметной области это определение уточняется, например, под ЦД в промышленности понимают виртуальную модель, которая на микро- или макроуровне описывает реально существующий объект, либо служит прототипом будущего объекта. Основываясь на наблюдениях, моделях и последних технологических достижениях, ЦД представляет собой вычислительную среду, которая позволит оценивать различные сценарии, улучшая понимание сложившейся обстановки и предоставляя основанные на данных и знаниях решения. ЦД — это виртуальное представление, которое служит цифровым аналогом физического объекта или процесса в реальном времени, сказал профессор Георгиос Силайос из Фракийского университета Демокрита (https://www.ocean-twin.eu/news/article/what-is-a-digital-twin-of-the-ocean-and-what-can-it-be-used-for).

Наиболее предпочтительное определение ЦД океана дано Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF**):** «ЦД Земли — это часть общей базы данных (БД), которая предоставляет пользователям цифровую копию состояния и временной эволюции системы Земли, ограниченную доступными наблюдениями и законами физики». Числовые модели должны позволить описывать поведение объектов морской

среды и взаимодействующих с ними реальных объектов экономики, включая воздействия ОЯ на органы государственного управления, промышленные предприятия и население. ЦД Земли создается на основе интегрированных данных и численных моделей интерполяции данных в узлы регулярной сетки для использования при управлении водными и энергетическими ресурсами, транспортными системами на основе оценки воздействия морской среды на них и обратного воздействия этих отраслей на состояние морской среды.

ЦД должен эмулировать существующую реальность и иметь 100% обзор имеющихся данных и информации из различных доменов. Если вы моделируете процесс воздействия морской среды на промышленные объекты и жизнедеятельность населения, то здесь понадобятся наблюденные, прогностические и климатические данные для выявления ОЯ; финансовая, технологическая, технико-экономическая информация из корпоративных информационных систем; информация о затратах, финансах; информация об объекте, потоках данных из ИТ-систем, персонале. При создании ЦД [42] необходимо рассматривать три варианта отражения свойств морской среды, которые может использовать потребитель:

– цифровая тень, которая отражает различные наблюденные (измеренные) свойства океана;

– цифровой продукт - на основе значений наблюденных свойств физического объекта и или вычисляется на основе модели поведения объекта;

– ЦД - позволяет на основе значений свойств физического объекта и модели предсказать поведение объекта.

Рассмотрим это деление для морской среды. До компьтеризации и сейчас ведутся наблюдения за ее состоянием и изменениями, связанными с деятельностью человека с все более детальными пространственно-временными масштабами измерения. В настоящее время эти наблюдения отражаются в цифровом виде на технических носителях в виде многочисленных файлов и БД. При этом Мировой океан покрыт измерениями очень неравномерно и не отражает со 100% полнотой все свойства океана. Поэтому это только **цифровая тень океана**.

Интеграция данных наблюдений за свойствами морской среды и ее естественных и антропогенных изменений, а также использование моделей интерполяции, экстраполяции, усвоения различных типов данных в моделях анализа и прогноза позволяет создать **ЦД океана** или отдельных его объектов и предсказать его поведение во времени и пространстве. Конечно, еще не для всех параметров морской среды имеются модели

интерполяции в узлы сетки, недостаточно стандартизованы входные и выходные форматы моделей, многие модели опираются не на БД, а на файловые системы. Кроме того, при восстановлении и прогнозировании состояния морской среды необходимо учитывать глубины, береговую линиюи и другие граничные условия.

На основе полученных анализов, реанализов и прогнозов различной заблаговременности готовятся **цифровые продукты**, которые уже можно использовать для решения прикладных задач с помощью различных моделей: оптимизации решений на объектах, зависящих от состояния морской среды; прогноза возможных воздействий, планирования экономического развития и т.п. К сожалению, еще очень мало потребителей, которые готовы воспринимать цифровые продукты в своих бизнес процессах.

В области морской среды создание новых и совершенствование имеющихся моделей атмосферы и гидросферы идет постоянно. Существуют математические методы моделирования, позволяющие провести интерполяцию значений параметров в узлы регулярной сетки и сделать прогноз изменений параметров в пространстве. Эти методы широко применяются уже более 50 лет. Они скрывают под своей оболочкой сложные математические уравнения и граничные условия. Результаты работы этих моделей представляют собой элементы ЦД состояния морской среды. Так, например, реанализ ERA5 [43] включает около 100 параметров морской среды. На сайте [44] по адресу https://earth.nullschool.net/ru представлена виртуальная земля для параметров высота волн, течения, скорость ветра на поверхности и на высотах, распространение аэрозолей, пыли, полученных из системы глобальных прогнозов Национального центра прогнозов морской среды и Национальной службы погоды США. Это уже хороший прообраз ЦД.

Любое изменение в обслуживании, потоках данных и технологических процессах должно отрабатываться на ЦД, а затем претворяться в жизнь. С помощью данных об морской среде можно решать не только оперативные задачи подготовки к ОЯ, но и задачи стратегического планирования. ЦД – это средство, позволяющее комплексно отразить состояние морской среды, процессы, происходящие в атмосфере (циклоны, антициклоны, фронты), гидросфере (течения, волнение, уровень Мирового океана) и литосфере (оттаивание вечной мерзлоты). Модель должна позволить описывать поведение объектов во всех ситуациях, включая воздействия ОЯ и поведение реальных объектов экономики в период прохождения таких явлений.

Физически ЦД представляет собой БД, отражающую в цифровом виде свойства реальных объектов. С помощью такой БД могут выполняться следующие функции:

– предоставление цифровой копии свойств конкретных объектов и или процессов;

– отображение объектов и процессов на экране компьютера в виде изолиний значений параметров, областей их экстремальных значений, линий фронтов и тем самым помогает управлять промышленными объектами;

– описание текущей конфигурации, состояния, условий функционирования, поведения, местоположения и других свойств отображаемого объекта;

– агрегацию, анализ и управление данными;

– моделирование системы мониторинга состояния, диагностики оборудования и других элементов управления предприятием.

Направлениями применения ЦД в области исследования морской среды и использования данных являются:

– моделирование и прогноз состояния морской среды;

– глобальное моделирование изменений климата, базирующееся на имеющихся данных по температуре воздуха, уровню моря, осадкам и другим параметрам;

– управление экономической эффективностью работы предприятий с учетом оценки воздействия ОЯ и экологических ситуаций на промышленные объекты и население, адаптацией к изменениям климата.

В первых двух областях применения элементы ЦД уже давно используются национальными гидрометеорологическими службами многих стран на основе существующих потоков данных. Здесь требуется только интеграция для совместного использования данных из различных сфер исследования среды (воздух, вода, почва, космос). ЦД объединяет данные из всех источников в виде базы интегрированных данных.

Третья область применения ЦД является наиболее важной, перспективной и значимой в условиях изменений климата и увеличившегося числа ОЯ. Для применения ЦД в этой области необходимо решить следующие задачи - определить средства создания, разработать состав данных, найти источники данных для его создания, выработать требования к хранению данных.

Использование ЦД для организации ГМО потребителей требует использования более широкого спектра данных [45] - оперативных наблюденных, прогностических, климатических обобщений, информации о состоянии обслуживаемых промышленных объектов, отражающей сложившуюся на объекте экономическую, социальную, технико-экономическую и организационную обстановку. Он в этом случае позволяет провести моделирование возможных воздействий на различные объекты страны, дать оценку возможного ущерба при том или ином уровне опасности, рассчитать стоимость

превентивных мероприятий и оптимизировать бизнес процессы принятия решений с учетом имеющейся комплексной информации.

ЦД – это БД нового типа, которая помогает в разработке и тестировании моделей и будет лучше информировать руководителей о воздействиях морской среды на промышленные объекты, население, а также позволит оптимизировать решения для уменьшения или предотвращения этих воздействий. Например, если с помощью модели смоделировать экстремальные условия погоды, в которых потенциально могут оказаться различные транспортные средства, объекты энергетики, то можно смоделировать возможные воздействия на них различных ОЯ (высокая скорость ветра, сильные осадки, волнение). Судостроительное предприятие может протестировать различные сценарии аварий, связанные с такими явлениями погоды как обледенение, мокрый снег, волнение, чтобы понять, какие из них можно предотвратить или уменьшить их влияние. При использовании подхода управления бизнес процессами, основанного на данных и ориентированную на события, появляется возможность получения более богатых данных для принятия решений в режиме реального времени для таких видов деятельности как поставки продукции, транспорт, логистика.

Данные наблюдений будут постоянно обновляться в ЦД и использоваться, как для прогнозирования изменений климата, долгосрочных прогнозов погоды, так и для оценки воздействий морской среды на деятельность человека (предприятий). Необходимо интегрировать, кроме данных наблюдений за состоянием морской среды, данные о деятельности человека. Правильно отформатированные и унифицированные данные являются основой создания ЦД. Модели будут отображать все процессы, происходящие на Земле, включая влияние человека на морскую среду, управление водными ресурсами.

ЦД должен учитывать, как условия морской среды влияют на объекты экономики. При этом используется технико-экономическая и социально-экономическая информация об объектах. В этом случае используется ЦД предприятия, описывающий реальные причинно-следственные зависимости между производственными, экономическими, финансовыми, организационными показателями предприятия и внешними воздействиями. При прогнозе ОЯ необходимо провести оценку его воздействий на различную деятельность (производственные процессы, оборудование и материалы). Математические модели предприятия должны отражать также экономическую сторону его работы, демонстрировать, как морская среда (волнение, уровень воды, температура воды, воздуха, влажность воздуха, скорость ветра, осадки) может повлиять на него. Например, скорость ветра может увеличить или уменьшить скорость движения судна из-за его парусности.

Более того, с помощью ЦД можно понять влияние изменений морской среды на бизнес процессы путем моделирования сценариев воздействий ОЯ различного уровня опасности на виды деятельности промышленных предприятий. ЦД океана становится источником актуальных данных для сервисов и приложений, которые помогут решать повседневные задачи широкому кругу потребителей.

В результате данные и сопутствующие им метаданные будут постоянно и автоматически обрабатываться, и вводиться (обновляться) конвейерами данных в цифровые двойники, Комбинируя данные, цифровой двойник может непрерывно отслеживать эволюции ситуаций и событий согласно сценарию прикладной задачи, применяя соответствующие прикладные сервисы ГМОМД. Например, сравнивая прогнозируемые, наблюденные и климатические данные, можно будет прогнозировать реакции морских объектов на критические для их безопасности морские процессы, а также предлагать рекомендации по адаптации объектов. Подсистема ИП ЕСИМО также должна усваивать базовые и производные данные, проводить структурные преобразования согласно модели данных ЦД и формировать гармонизированный сегмент потока данных, ведет раздел (подсхему) хранилища интегрированных данных**,** которая являются непосредственно источником данных ЦД для реализации ПЗ.

Планируется поддерживать следующие правила гранулирования потока данных и реализаций ЦД в применении к ГМОМД:

1) всего ожидается эксплуатация не менее 800 сквозных потоков данных (оценка сделана по числу регламентных информационных ресурсов ЕСИМО, которые планируется задействовать в ГМОМД), состоящих из базовых, производных и гармонизированных сегментов;

2) реализация экземпляра ЦД процессов одной ПЗ обеспечивается специализированным набором гармонизированных данных для выполнения этой ПЗ и составляющих ее ПС, реализация агрегированного ЦД по всем ПЗ - набор гармонизированных данных для выполнения всех ПЗ и составляющих их ПС, обновляемый и управляемый как единое целое.

ЦД в период проектирования должны тестироваться с учетом локальных пороговых значений параметров морской среды по району, где они будут эксплуатироваться. Чем точнее нужен расчет воздействий, тем более детальные данные об морской среде в пространстве и во времени будут требоваться. При этом алгоритмы должны учитывать уязвимости объекта (ветроустойчивость, прочность, надежность, живучесть, коррозионную стойкость). Каждый из этих показателей зависит от

климатических параметров, габаритных характеристик объекта, места использования. Для реализации таких расчетов необходимо:

– создать единые правила формирования состава, структуры, типов хранения и обозначения показателей уязвимости предприятий;

– подготовить цифровой формализованный паспорт с показателями для всех ОЯ и определить основные показатели уязвимости объекта (обязательные, рекомендательные, общие, отраслевые, перспективные);

– разработать алгоритмы и модели для расчета показателей уязвимости.

Цифровой паспорт предприятия морской деятельности должен отражать виды деятельности, используемые исходные материалы, комплектующие изделия, производимую продукцию, на производство который влияет морская среда. Прообразы паспортов этих объектов уже существуют в виде паспортов безопасности объектов промышленности, территорий (разрабатывается в соответствии с постановлением Правительства РФ от 18 декабря 2014 г. № 1413), в котором рассматриваются воздействия ОЯ на предприятия и их деятельность; производимую продукцию, используемые для ее создания материалы. К разработке таких паспортов необходимо привлекать организации Росгидромета, предоставляющие ГМО предприятий, и экспертов из других отраслей.

Потребители материалов и комплектующих должны использовать в моделях оценки влияния морской среды паспорт с локальными пороговыми значениями показателей ОЯ. Поставщик материалов и комплектующих должен помнить, что каждое предприятие закладывает определенные требования к ним для их использования, как при строительстве объекта, так и при производстве материалов. Необходимо учитывать и жизненный цикл предприятия, производимой продукции от проектирования до утилизации. Производители пишут в прилагаемых к каждому продукту инструкциях, что нельзя делать с продуктом, какие побочные эффекты могут произойти с ним или с объектом, где предоставляемые производителем материалы могут использоваться. Производители материалов, комплектующих, продукции должны заранее предусматривать не только определенные условия (пороговые значения параметров среды), в которых они должны эксплуатироваться, но и что надо предпринять, чтобы сохранить свойства того или иного изделия при хранении, транспортировке и использовании. Эти сведения станут ключевыми элементами ЦД, претендующими на объект моделирования влияния морской среды (рисунок 48).

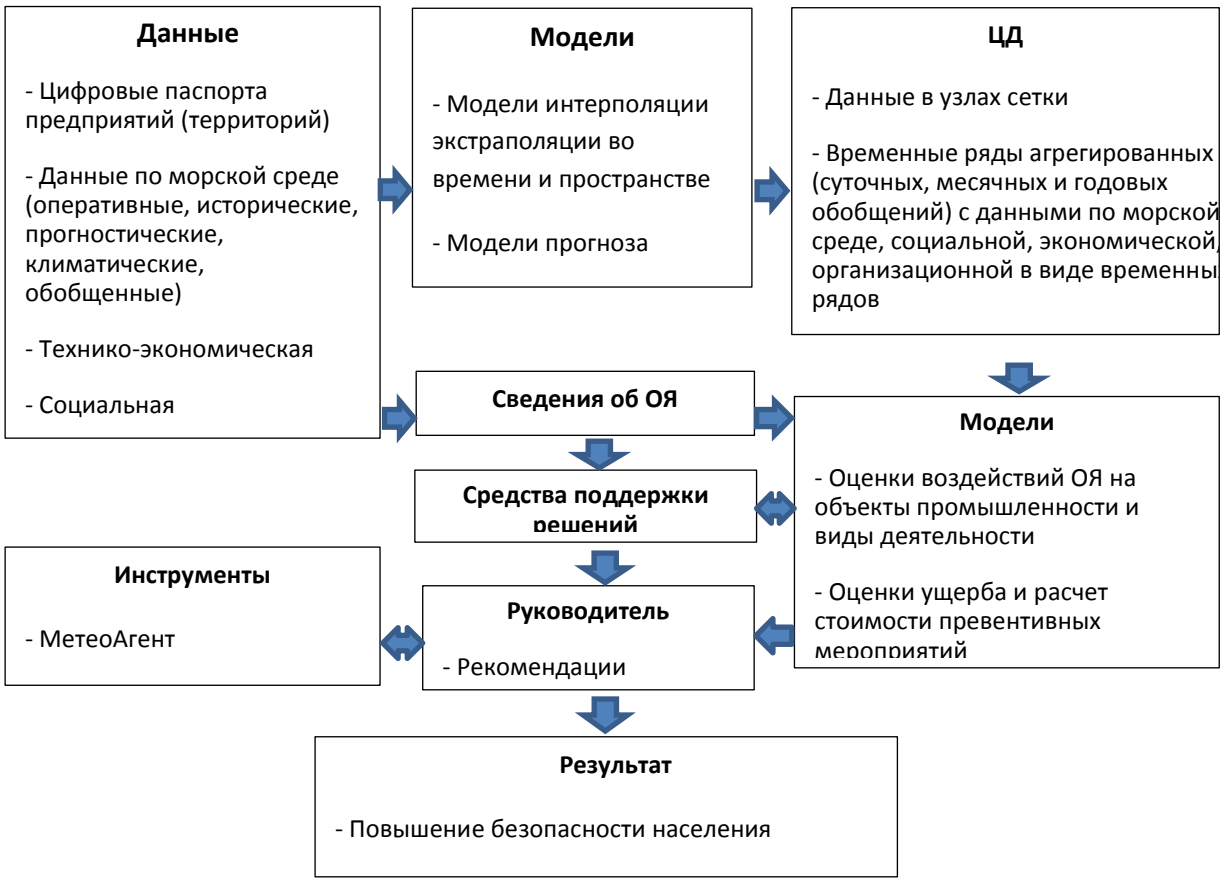


Рисунок 48 - Схема создания и использования ЦД

С помощью моделей оценки воздействий ОЯ на основе данных ЦД можно создать виртуальные симуляции, позволяющие предсказать, как будет воздействовать сильный ветер, осадки и другие явления на работу всего предприятия или отдельные виды его деятельности. То есть можно будет посмотреть, как ОЯ воздействует на объект (судно во время шторма в море, автомашина в порту в период гололеда и т.д.) с использованием виртуальной и дополненной реальности. Такие модели позволят руководителям заранее познакомиться с тем, как гидрометеорологическая обстановка повлияет на работу объекта. При этом экономится время, затрачиваемое на разработку и опробование физических моделей. Станет возможным предсказать точки отказа в процессах, которые могут быть исправлены в цифровом виде еще до их физического создания при проектировании или до попадания в эту ситуацию при эксплуатации объекта.

ЦД должен описывать не только все свойства объекта, но и их изменения в тех или иных условиях. Он предназначен в первую очередь для математического моделирования объекта, чтобы предсказывать, к примеру, как изменится состояние объекта. Особенно важен ЦД для развития цифровой трансформации и перехода к «Индустрии 4.0», позволяя радикально изменять бизнес процессы, учитывающие влияние морской среды.

Для создания ЦД океана необходимо развитие сквозной автоматической обработки данных о морской среде в виде конвейера «от наблюдения до принятия решений» [46]. В настоящее время это возможно пока только в частных случаях, когда непосредственно на объекте ведутся наблюдения за всеми показателями состояния морской среды. Но учитывая потребности руководителей предприятий и темпы автоматизации, решение этой задачи будет возможно уже в ближайшие годы.

7.4.3 Состав данных для цифрового двойника, связанного с процессами воздействия опасных явлений на морскую деятельность

С точки зрения пользователей ЦД — это обычная БД. Это позволяет всегда иметь актуальные данные о состоянии океана и использовать их как для прогнозирования, так и анализа воздействий морской среды на различные объекты и их деятельность, а также создает возможности для моделирования и прогнозирования работы объектов в различных условиях и режимах. Такими инструментами ЦД должны стать модели оценки воздействий, ущерба, расчета стоимости превентивных мероприятий, а также моделирование последствий принятия решений.

ЦД основывается на данных исследований состояния морской среды и вспомогательных данных, связанных с существующими системами реального мира. Результаты исследований в области морской среды включают в себя данные:

– экспериментальные, собранные при активном участии исследователей;

– наблюденные, собранные путем измерения свойств процессов с помощью контактных и дистанционных приборов;

– смоделированные, созданные с помощью компьютерных моделей на основе имитации процессов или систем реального мира;

– скомпилированные / производные, созданные путем преобразования и / или комбинации уже собранных данных, в том числе из различных источников данных;

– анализы - результаты интерполяции наблюденных данных в узлы регулярной сетки с разными пространственно-временными масштабами;

– обобщенные, включая климатические данные, полученные путем агрегации наблюденных данных с различными пространственно-временными масштабами;

– прогностические с различной заблаговременностью - вычисленные значения свойств объектов, возможные в ближайшем или отдаленном будущем;

– архивные / документальные, созданные из существующих архивных источников и / или документы, в которых опубликованы экспериментальные данные или данные наблюдений;

– исторические - сведения об ОЯ с указанием, что произошло на объекте, какой ущерб был, что было сделано;

– локальные пороговые значения параметров ОЯ для различных уровней опасности и в зависимости от типа промышленного объекта, вида деятельности.

Для ЦД, кроме свойств морской среды, необходима социально-экономическая, технологическая, организационная и другая информация по объектам, которые подвергаются воздействию ОЯ. Перечень источников данных для ЦД представлен на рисунке 49.

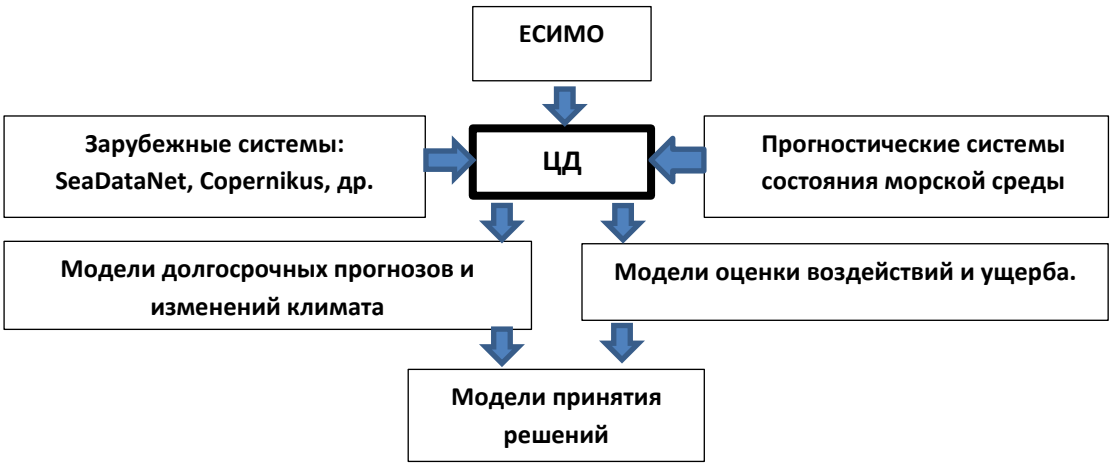


Рисунок 49 – Источники данных для ЦД

Организационная информация включает информацию для управления ГМО - это сведения об объектах, зависящих от условий среды; нормативная правовая информация; сведения о системе обслуживания; результаты учета, выдачи и передачи штормовых предупреждений об ОЯ; описания ситуаций с прогнозом воздействий ОЯ и рекомендациями для принятия решений; сведения о применяемых экономико-математических моделях; заявка на обслуживание; сведения о материалах, грузах, подвергаемых воздействию ОЯ; детальные технические характеристики объектов с указанием размеров и других свойств; сведения о прогностических органах; методах прогнозов; ответственных за ГМО; выпускаемой информационной продукции; экспертах; плановые показатели предприятий.

Экономическая информация включает сведения об ущербах; результатах функционирования объектов - эффективности использования информации о состоянии морской среды, результатах обслуживания различных объектов и т.п.

Технологическая информация включает, например, сведения о торговых судах на подходе к порту в очереди и под разгрузкой, движении экспортных и импортных грузов в порту, моделях принятия решений и др.

Технико-экономическая информация включает сведения об объектах, определяет характеристики опасности объекта. К ней относится удаленность от уреза воды, крупного населенного пункта; расстояние до ближайшего убежища; критическое время воздействия; год постройки; размеры конструкции; устойчивость к ветровому напору; характеристики глубин, грунта. Некоторая часть этих сведений уже включена в паспорта безопасности объектов.

Социальная информация включает место жительства, работы населения, расположение мест скопления людей, др.

Нужны сведения о видах деятельности предприятий; насыщенности объектов средствами борьбы с ОЯ; местных дорогах; населенных пунктах, включая информацию о составе населения; гидрографических объектах; технических ресурсах для использования в период ОЯ; химических и загрязняющих веществах; транспортных средствах для перевозки химических веществ, случаях с разливами нефти, нефтепродуктов и ядовитых веществ.

Ключевой особенностью ЦД является наличие обогащенных цифровых данных (данные высокого разрешения в пространстве и во времени). При создании технико-экономической и социально-экономической информации, паспортов предприятий до 90% данных по каждому объекту экономики будут созданы и останутся неизменными, а остальные показатели будут динамически изменяться. Переход на интегрированные данные позволяет получить обогащенные данные и дополнительные срезы данных на деятельность предприятия (показатели выпуска продукции, количество работающих); сведения о выпускаемой предприятием продукции (средние значения).

Для полноценного принятия решений, кроме перечисленных выше сущностей, необходимо существенное развитие информационных ресурсов об морской среде, которые сейчас не готовятся, например, очень мало долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов условий морской среды. Они либо отсутствуют в существующих информационных системах, либо представлены в форме, непригодной для автоматического анализа (даются в виде неформализованного текста).

Самым очевидным способом наполнения ЦД данными является получение нужных данных автономно извне от физических систем (интернет вещей, RFID, мобильных интернет-устройств); других ИТ-систем с помощью API и REST сервисов; поставщиков

данных для интегрированной системы. В связи необходимостью учета условий морской среды предприятия закупают собственные автоматические станции и другие приборы, с помощью которых контролирует только минимальный список параметров, необходимых для решения исключительно их задач. Полученные данные не всегда входят в государственную сеть наблюдений и не предоставляются в систему сбора данных Росгидромета. Предприятия создают свой состав, структуру, типы хранения и обозначения данных. Для управления внешними источниками данных, как пишет автор [47], «ЦД служит фреймворком для разработки новых сервисов и создания тренажеров».

7.4.4 Требования к хранению данных цифровых двойников

ЦД должен иметь набор сервисов, возможностей поиска и доступности к данным, которые позволят потребителям получить необходимый набор данных для решения отдельной прикладной задачи. Данные для ЦД возникают на этапе проектирования, строительства и эксплуатации предприятий, и, меняясь во времени, сопровождают на протяжении всего их жизненного цикла.

Сейчас данные для ЦД располагаются в различных источниках, БД и файловых системах. Большое число источников данных, каждый из которых имеет свои правила форматирования, систему локальных имен, используемых классификаторов различного уровня стандартизации, является одним из основных трудностей для интеграции данных. При интеграции данных из нескольких источников необходимо проанализировать множество деталей, чтобы представить данные в понятном для всех потребителей виде. Согласование различных форматов и классификаторов из различных источников, стандартизация имен параметров и другой информации – это необходимые процессы при проведении интеграции данных. Для функционирования ЦД необходимо использовать собираемые и вычисляемые по моделям данные независимо от ведомства. Базовыми основами для создания и развития ЦД являются:

– интеграция данных - объединение ресурсов морской среды в одном логическом месте для их дальнейшего использования;

– наличие МД об источниках интегрируемых данных;

– обеспечение совместимости интегрированных данных по единству наименований атрибутов для одинаковых сущностей, использованию общих классификаторов;

– стандартизация представления свойств объектов, используемых в разных БД (например, координаты места - широта, долгота, времени - дата или отдельно год, месяц, число, время должны иметь одни и те же имена);

– использование единой системы классификаторов и кодов - используемые в данных от различных поставщиков локальные, ведомственные, национальные и международные классификаторы должны приводиться к более высокому уровню стандартизации;

– связывание данных из различных источников о рассматриваемом объекте.

Вся необходимая информация для создания ЦД объекта должна быть интегрирована в рамках одной системы и всегда актуальной.

Для создания ЦД необходимо применять:

– средства интеграции данных из различных доменов на основе Единой системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО, http://esimo.ru);

– системы контроля и диагностики технологических процессов и видов деятельности в период ОЯ (предсказание отклонений);

– системы решения задач оптимизации расходов энергоресурсов, технологических процессов, различных видов деятельности в зависимости от условий среды;

– средства контроля технического состояния оборудования в режиме реального времени в зависимости от внешних условий;

– средства оценки производственных потерь, в т. ч. рабочего времени из-за ОЯ;

– систему – советчик для поддержки решений.

Для точного изготовления ЦД океана должны использоваться данные с гидрометеорологических станций, работающих в реальном времени. Данные должны быть актуальными и обновляться в соответствии с регламентом. Каждый набор данных включает фиксированные свойства - МД, динамические – его жизненный цикл, связи с другими данными.

Данные, представляемые в виде анализов и прогнозов должны удовлетворять следующим требования - выпускаться с временным разрешением до 3 часов, а в некоторых случаях и до 20 минут, с пространственным разрешением до 3 км и менее. К данным, которые необходимы для ЦД, предъявляются следующие требования:

– больше формализованной информации о возможных воздействиях морской среды на различные предприятия, виды деятельности, материалы, продукцию и население;

– информация должна быть качественной и детализированной от срочных наблюдений до климатических обобщений;

– информации должна быть в цифровом виде.

Паспорта предприятий, спутниковые изображения и другая информация должны быть формализованы, оцифрованы, нормализованы и интегрированы. Фактически должна быть создана комплексная среда моделирования, учитывающая воздействия, как в точке, так и по району.

Разнородные данные интегрируются, обрабатываются и используются для создания новых систем (моделирования, прогноза, поддержки решений). Все данные должны управляться от момента попадания в систему до момента их использования. ЦД должен быть создан таким образом, чтобы любое приложение могло получить необходимый срез данных без участия человека. Важно, чтобы ЦД отражал складывающиеся ситуации на промышленном объекте, то есть данные должны постоянно актуализироваться, проверятся на корректность и быть доступны в режиме реального времени. Такая архитектура должна обеспечить безопасный доступ потребителей к ЦД.

ЦД должен также соответствовать принципам FAIR (поисковость, доступность, интероперабельность, повторное использование) [48], хранилище для ЦД должно удовлетворять критериям TRUST (прозрачность, ответственность, ориентировка на пользователя, устойчивость, технологичность) [49] и CARE (коллективная выгода, полномочия по контролю, ответственность, этика) [50]. Основная цель критериев TRUST - оценить надежность репозитория исследовательских данных, хранящихся в ЦД.

7.4.5 Модель данных для цифрового двойника

В ЦД основной единицей управления данными должен стать минимальный объект мира, структура которого стандартизована на ведомственном, национальном или международном уровнях. Например, уже сейчас имеются стандарты на структуры данных для таких объектов как персона, проект, организация и целая серия микроформатов (новости, рецензии, другие). Объектное хранение представляет собой архитектуру, в которой данными управляют как объектами — в противоположность файловым системам, где данными управляют как иерархией файлов.

Одной из важнейших задач создания ЦД является разработка модели данных, которая должна:

– обладать расширяемостью по содержанию данных, независимо от предметной области;

– сохранять целостность при добавлении новых объектов, экземпляров, связей без изменения модели данных и программ доступа к ним;

– не зависеть от используемых систем управления базами данных (СУБД) и операционных систем;

– позволять работать не с записями, а с различными объектами мира, отражаемыми в МД и данных;

– хранить история жизни всех объектов ЦД;

– представлять измеренные данные в точках (в т. ч. в виде временных рядов), профилях (по высоте или глубине), узлах регулярных сеток.

В платформе UniData предлагается новый подход по созданию модели для хранения нормативно-справочной информации. Объектами модели данных являются реестры, справочники и перечисления.

Реестры - представляет собой записи с набором атрибутов и их значений, а также связи между записями. В модели реестра описываются правила валидации и обогащения данных. Такими объектами могут быть как МД (сведения о массивах данных, организациях, проектах, другие), так и данные.

Классификаторы. Основное их отличие от реестров заключается в том, что у них нет связей.

Перечисления – простой список возможных значений. За счет перечислений можно в одном атрибуте хранить большое количество свойств объекта. Фактически каждое перечисление представляет собой ключевые атрибуты для поиска и перечень свойств объекта.

В этой модели применяются следующие принципы:

– все объекты хранятся в одной таблице;

– все объекты имеют одинаковые поисковые атрибуты (ID объекта МД, ID записи, название объекта, имя таблицы, организация-автор, куратор, дата создания);

– все единичные свойства объектов записываются в виде списка значений через разделитель;

– множественные значения свойств объектов записываются в других атрибутах в виде отдельных списков значений через разделитель;

– каждый объект имеет уникальный идентификатор (ИД), благодаря которому приложения находят и обращаются к данным, что значительно упрощает работу систем;

– каждый объект имеет МД, что облегчает поиск объектов;

– для доступа к таким объектам используются API интерфейсы.

Достоинством такого подхода является то, что использование иерархии позволяет хранить единичные и множественные свойства любого объекта в одной таблице. Таким образом, единицей управления становится объект мира. Формат хранения тематических атрибутов определятся через словарь параметров. Связи с другими объектами,

классификаторами организуются как в обычной реляционной БД в виде ссылок на них. Для атрибутов с множественными значениями **(**горизонт, параметр, значение) данные хранятся в виде списков через запятую.

Объектной системой хранения данных называется такой тип хранилища, в котором хранятся данные различного состава свойств и объема в виде объектов с МД, описывающими их. Отличительной особенностью объектной модели является то, что данные хранятся в так называемой плоской таблице**.**

Для ЦД необходимо обеспечить универсальный доступ к данным независимо от того, где они находятся. Современные сервисы должны хранить и извлекать данные на основе их имен, абстрагируясь от средств интеграции данных, БД и файловых систем. Так, например, вместо задания значений поисковых атрибутов, пользователь ищет данные по DOI или даже просто идентификатор (ИД) информационного ресурса.

Управление данными ЦД должно быть сосредоточено на объектах, а не атрибутах, как в существующих СУБД. Все свойства каждого объекта, включая множественные, должны храниться в одной таблице. Для широкого обмена данными и МД требуется стандартизация свойств объектов для их представления в ЦД. Для этого состав свойств объектов должен включать стандартизованные микроформаты. Если разработчики ЦД будут их использовать, поисковым системам станет легче извлекать данные. Благодаря микроформатам разработчики могут создавать ЦД для разных предметных областей с включением необходимых объектов, а главное обмениваться данными в стандартизованных структурах. Применение микроформатов обещает обеспечить стандартизацию структур данных в ЦД и децентрализацию разработки сервисов, моделей и других приложений.

Наиболее подходящей моделью данных для ЦД является модель ЮНИДАТА (https://unidata-platform.ru/mdm/), которая позволяет хранить сведения о любом объекте в одной таблице. Предложенная модель данных для ЦД включает оперативные и исторические данные; отражает пространственные и временные свойства данных; хранит множество независимых, но связанных между собой объектов.

По мере необходимости в ЦД можно добавлять новые объекты без изменения модели данных и программ доступа к данным. Проектирование отдельных объектов ЦД и программных средств можно разнести во времени и распределить между разработчиками. Возможно использование уже готовых программ для формирования, просмотра и обработки данных за счет типизации структур данных. Становится возможным более просто интегрировать данные из разных предметных областей. Все это упрощает

проектирование, разработку, создание, эксплуатацию ЦД и соответственно уменьшит затраты на реализацию этих процессов. С помощью предложенной модели можно представить измеренные данные в точках (в т. ч. в виде временных рядов), профилях, узлах сеток и объектных файлах в типовой структуре с фиксированным набором таблиц. Такая модель данных обладает расширяемостью по содержанию данных, она независима от предметной области. Она проста в использовании, не зависит от используемых СУБД и операционных систем.

7.4.6 Создание и использование ЦД

ЦДО может быть создан для:

- водных объектов, как для всего Мирового океана, так и отдельных морей, других водных акваторий;

- физических процессов, происходящих в Мировом океане и морях (волновых, течений, льдообразования, взаимодействия океана и атмосферы и т.п.), включая климатические изменения;

- экологических (загрязнение воды, дна, атмосферы);

- геологических процессов (сейсмических, морфологических и др.);

- биологических и других процессов.

Учитывая универсальную структуру данных для объектов ЦДО решение ПЗ ГМО должно проводиться с использованием одного ЦДО, из которого будут использоваться для прогноза, анализа, оценки состояния для необходимых водных объектов. Для этого должны широко использоваться API сервисы на основе языка GraphQL, картографические сервисы Open Geospatial Consorcium (OGC).

Работы по созданию ЦД включают определение состава данных; поиск источников данных; проведение интеграции данных; управление данными; прогноз состояния морской среды. ЦД должен использоваться для прогноза изменений климата; выявления уровня опасности на основе локальных пороговых значений; моделирования воздействий на объекты экономики и население; прогноз возможных воздействий; расчет ущерба; выдача рекомендаций; расчет стоимости превентивных мероприятий; оптимизация - выбор альтернативных решений; принятие решений.

Возможности развития ГМОМД на основе ЦД включают:

– сбор аналитики в различных срезах;

– онлайн мониторинг состояния контролируемых параметров и просмотр истории событий по объекту;

– нанесение на карту всех объектов (стационарных и подвижных) и визуализация необходимых данных об объекте;

– объединение данных из различных систем в единое информационное пространство;

– обслуживание потребителей на всех этапах жизненного цикла объекта.

В результате создания ЦД будет создан единый источник данных для последующего его использования в различных задачах. На его основе можно будет развивать приложения для учета влияния воздействий ОЯ на деятельность предприятий. Потребители смогут получать актуальные данные в любое время, по любому району и в необходимом составе атрибутов через одно «окно». ЦД позволит также уточнить уровни опасности на основе локальных пороговых значений для каждого объекта и вида деятельности. Настроенный ЦД предоставит различные интерфейсы в виде информационных панелей, МетеоМонитора для оператора и руководства.

Показателями работы ЦД являются:

– надежность работы инфраструктуры ЦД - не менее 99,9%;

– время отказа (простоя) ЦД не должно превышать 5 минут;

– время реакции на действия руководителя предприятия, использующего средства ЦД, не должно превышать 5 с.;

– актуальность данных – данные должны поступать с опозданием не более 30 минут;

– время сбора и обработки не должно превышать 40 минут после измерения для оперативных данных и 2 часов для прогноза основных метеопараметров после поступления их в центр сбора;

– измерение показателей ОЯ должно производиться как можно чаще, но не реже чем раз в три часа в период нормальной обстановки и учащенные наблюдения при проявлении явления;

– время доведения выявленных сведений об ОЯ не должно превышать 15 минут после его получения или выявления;

– время получения дополнительной информации о сложившейся обстановке не должно превышать трех минут после загрузки в БД.

ЦД – это переход на новый уровень абстракции и автоматизации обработки данных. Когда каждый конкретный источник данных уже не может удовлетворить в полном объеме информационные потребности предприятий, требуется предварительное согласование данных из различных источников как в части стандартизации структур

данных, применяемых имен атрибутов, единиц измерений, используемых классификаторов, так и организация быстрой доставки актуальных данных.

Безусловно, так же как когда-то создание БД, развитие ЦД океана потребует больших временных затрат на понимание проблемы всеми участниками процессов ГМО, его реализацию и использование. Если ЦД эмулирует процесс оценки воздействий морской среды на промышленные объекты он должен быть запущен в пилотном режиме и параллельно с реальными операциями процесса воздействий, пока не будет достигнут момент, когда каждый шаг и результат процесса будут точно зафиксированы в ЦД и начнут демонстрировать точное согласование между ЦД и объектом.

ЦД может использоваться как для совершенствования моделей анализов и прогнозов, так и повышения эффективности бизнес процессов предприятий с использованием ГМИ. Предположим компании необходимо прогностическое обслуживание его объектов (это буровые платформы, маршруты следования судов и т.п.). В его «двойнике» будет храниться информация о необходимых аспектах воздействия ОЯ на эти объекты. Это открывает перед компаниями определенные возможности по оптимизации производительности. С помощью ЦД океана компании могут отработать внесение тех или иных требований практически для любых бизнес процессов.

ЦД должен соединить разрозненные данные из различных доменов и предоставить возможности, необходимые для управления данными, обнаружения, подключения, интеграции, преобразования, анализа, использования и хранения данных, управление API, что позволяет решать множество возникающих задач в период ОЯ быстрее и с меньшей сложностью, чем при использовании существующих порталов и сайтов.

ЦДО направлен на предоставление цифровых продуктов на основе данных, которыми владеют доменные по предметным областям. Он позволяет потребителям данных их обнаруживать, понимать, доверять и использовать данные и продукты данных для обоснования и принятия решений. С помощью ЦД устранится имеющаяся в области морской среды информационная разрозненность данных. ЦД - это основной двигатель и инструмент, позволяющий получить осведомленность обо всех имеющихся данных, необходимых для решения прикладных задач. При этом значительно улучшится диагностика и мониторинга состояния не только программно-аппаратных средств, поддерживающих ЦД, но и его актуальность и полнота.

В операциях поиска требуется указать следующую информацию: что требуется найти - объект или отдельные его свойства; интервал времени, за который рассматриваются состояние объекта; используется последнее состояние или обобщенное

значение за определенный период; условия поиска. Должны быть предусмотрены операции, позволяющие получить текущее или первое состояния объекта, или первое и последнее наблюдение; получить множество всех состояний объекта, актуальных на какой-либо момент или интервал времени; получить множество ИД наблюдений из различных объектов, проведенных в какой-либо интервал времени.

Учитывая назначение ЦД, а также возможности его использования средства навигации по ЦД должны включать наглядную схему объектов их связи между собой. Вход в ЦД может начинаться с любого объекта, а далее по ссылкам потребитель может перейти в другие объекты или запустить тот или иной сервис. При этом вся навигация строится на основе МД, которые появляются на этапе создания объектов. Например, получив из МД сведения о наблюдательной платформе, пространственно-временном разрешении измерений, можно сделать автоматический вывод - какие средства обработки и визуализации можно применить для них.

Создание ЦДО и включение этого решения в ЕСИМО позволит:

- существенно расширить использование данных ЕСИМО при решении задач моделирования и прогноза океанических процессов за счет стандартизации используемых структур данных в различных моделях;

- массово применить модели оценки воздействий морской среды на деятельность объектов морской деятельности (морской транспорт, морские порты, объекты отдых населения на море);

- повысить уровень точности и значимости морского территориального планирования при развитии новы промышленных районов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе третьего этапа работ в 2022 году получены следующие научные и технологические результаты:

– обзор информационных систем в области морской среды и морской деятельности, отчет о патентных исследованиях;

– программное обеспечение и программная документация интегрированного сетевого узла ЕСИМО нового поколения в контексте гидрометеорологического информационного обеспечения морской деятельности;

– усовершенствованные методы обработки данных, базы данных, другие средства тематических технологий ЕСИМО по формированию целевых информационных ресурсов в области ГМОМД;

– целевые информационные ресурсы ЕСИМО для гидрометеорологического обеспечения морской деятельности, соответствующий каталог данных;

– уточненные спецификации и макеты прикладных средств и технологий ЕСИМО по реализации первоочередных задач ГМОМД;

– результаты исследований по модернизации ЕСИМО, включающие методы применения облачной технологии, эскизные решения по построению цифровой экосистемы ЕСИМО, а также отчет по выполнению практического тестирования и освоения инструментального программного обеспечения сквозных цифровых технологий, исследования вопросов построения цифровых двойников океана в контексте гармонизации данных ЕСИМО.

Впервые предложено в качестве основы развития гидрометеорологического обеспечения морской деятельности использовать подходы и методы цифровой трансформации и цифровых технологий. Впервые исследованы и апробированы современные инструментальные информационные технологии в качестве инфраструктуры цифровой экосистемы информации об обстановке в Мировом океане как платформы ГМОМД. Впервые в России представлены подходы по созданию цифровых двойников океана в интересах развития возможностей комплексного информационного обеспечения морской деятельности.

Осуществлены демонстрация и популяризация проекта и полученных результатов посредством представления докладов на международных и отечественных конференциях и семинарах.

Полученные в рамках проекта результаты будут использованы в 2023-2024 годах при модернизации программных средств ЕСИМО в части развития средств и технологий

ГМОМД. Результаты работ по проекту предусматривается использовать в ЕСИМО в виде специальных средств и баз данных ГМОМД для обслуживания потребителей на федеральном (аппараты Правительства РФ, департаментов и агентств Минтранса России, МЧС России, Минобороны России и других ведомств), региональном (организации ведомств, коммерческие организации, администрации СМП, Морспасслужбы) и объектовом (порты, суда, платформы добычи и др.), что определяет широкую практическую значимость результатов проекта. Практическая применимость результатов проекта обеспечивается условиями их внедрения в качестве соответствующих компонентов ЕСИМО, что обеспечит широкое практическое использования разработанных методов, средств и баз данных для обслуживания заинтересованных пользователей единой системы в штатном режиме ее функционирования.

Все поставленные на 2022 год задачи и работы выполнены в полном объеме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михайлов Н. Н., Вязилов Е. Д., Воронцов А. А., Белов С. Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане и ее применение для информационной поддержки морской деятельности Российской Федерации//Труды ВНИИГМИ-МЦД. – 2014. Вып. 177. с.95-118.

2. РД 52.27.881-2019 “Руководство по гидрометеорологическому обеспечению морской деятельности”. – М.: ФГБУ «Гидрометцентр России». 2019. – 132 с.

3. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 N 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»

4. Н.Н.Михайлов, С.В.Белов, Е.Д.Вязилов, П.С. Лобачев, А.А. Кузнецов, С.А.Баталкина, К.В.Белова, Н.А. Вязилова, В.И.Ибрагимова, А.В.Козловцев, Д.А.Мельников, Н.В.Пузова, Г.И.Нефедова. Концепция гидрометеорологического обеспечения морской деятельности на основе единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане в контексте цифровой трансформации Росгидромета//Труды ВНИИГМИ-МЦД. – 2022. Вып. 189. в печати

5. Федеральный закон от 19.07.1998 N 113-ФЗ "О гидрометеорологической службе".

6. Постановлению Правительства РФ от 15 ноября 1997 г. N 1425 (редакция 2008 года) "Об информационных услугах в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды"

7. Pinardi N, Stander J, Legler DM, O’Brien K, Boyer T, Cuff T, Bahurel P, Belbeoch M, Belov S, Brunner S, Burger E, Carval T, Chang-Seng D, Charpentier E, Ciliberti S, Coppini G, Fischer A, Freeman E, Gallage C, Garcia H, Gates L, Gong Z, Hermes J, Heslop E, Grimes S, Hill K, Horsburgh K, Iona A, Mancini S, Moodie N, Ouellet M, Pissierssens P, Poli P, Proctor R, Smith N, Sun C, Swail V, Turton J and Xinyang Y (2019). The Joint IOC (of UNESCO) and WMO Collaborative Effort for Met-Ocean Services. Front. Mar. Sci. 6:410 - 23 p.

8.Observing Systems Capability Analysis and Review Tool (OSCAR)ю eUser requirements for observation (OSCAR/Requirements), URL: https://space.oscar.wmo.int/observingrequirements (дата обращения: 21.12.2022).

9. Наставление по Глобальной интегрированной системе наблюдений ВМО. Дополнение VIII к Техническому регламенту ВМО. Издание 2015 г., обновлено 2017 г., ВМО NP – 1160, - 105 с.

10. Наставление по морскому метеорологическому обслуживанию. Том I. Глобальные аспекты. ВМО-№ 558. 2012 (Дополнения 2018). – 81 с.

11. Лебедев А.Б., Караваев Д.М., Щукин Г.Г. Состояние и перспективы развития метеорологической спутниковой системы. Навигация и картография, 2015, №42, с.32-40.

12. Федеральная космическая программа России на 2016 – 2025 гг. с изменениями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 25 марта 2015 г. № 230.

13. Хартов В. В., Мартынов М. Б., Бабышкин В. Е. и др. Новая высокоэллиптическая гидрометеорологическая космическая система «Арктика-М» // Вестник НПО имени С. А. Лавочкина. 2014. № 3. С. 104–108.

14. Бурцев М. А., Антонов В. Н., Ефремов В. Ю. и др. Система работы с распределенными архивами результатов обработки спутниковых данных центров приема НИЦ «Планета» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9. № 5. С. 55–76.

15. Воронцов А. А., Олейников С. А., Баталкина С. А., Нефедова Г. И. Создание электронных справочных пособий с помощью технологий Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане для научной и практической деятельности // Труды ВНИГМИ-МЦД. 2010. Вып.174. С. 322 – 329.

16. Наставление по Глобальной системе обработки данных и прогнозирования Дополнение IV к Техническому регламенту ВМО. № 485. 2017. – 132 с.

17. Оперативное океанографическое обслуживание / З. К. Абузяров, И. О. Думанская, Е. С. Нестеров. – М.; Обнинск: «ИГ–СОЦИН», 2009, - 287 стр.

18. Терзиев Ф.С. и др. (ред.) Режимообразующие факторы, информационная база и методы ее анализа/ Л.: Гидрометеоиздат, 1989. — 316 с.

19. Зеленько А.А., Реснянский Ю.Д., Думанская И.О. и др. Создать и ввести в опытную эксплуатацию комплекс средств оперативной оценки гидрометеорологического состояния Мирового океана для информационного обеспечения морской деятельности средствами и ресурсами ЕСИМО // Отчет о НИР. Росгидромет. ГУ "Гидрометцентр России". М. 2010а. 121 с.

20. Сенова Л.Н. Обработка системой OMEGA данных, поступающих по каналам связи в коде BUFR //Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2020. Вып.186. С. 142-145

21. Наставление по кодам. Международные коды. ТОМ I.2. Часть B – Двоичные коды. Часть C – Общие элементы двоичных и буквенно-цифровых кодов. //Всемирная Метеорологическая Организация. ВМО-№306. Издание 2015 года. Обновлено в 2018 году.

22. Weather Reporting (WMO-No. 9). VOLUME C1 - CATALOGUE OF METEOROLOGICAL BULLETINS (https://community.wmo.int/activity-areas/operational-

information-service/volume-c1) [Электронный ресурс https://wis.wmo.int/operational-info/VolumeC1]

23. Беспрозванных А.В. и др./ Беспрозванных А.В., Потапова Е.П., Сенова Л.Н., Ульянич Н.Л., Шерстюкова Р.А. Прием, обработка и использование метеорологической информации, поступающей с каналов связи //Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып.174. С. 28-40.

24. Сенова Л.Н. Обработка системой OMEGA данных, поступающих по каналам связи в коде BUFR //Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2020. Вып.186. С. 142-145

25. Описание архива режимной морской прибрежной информации (БЕРЕГЕС). – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1985. – Инв. N 175. –38 с.

26. Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S.-K. Yang, J. J. Hnilo, M. Fiorino, and G. L. Potter. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) - Bull. Amer. Meteor. Soc. 2002. Vol. 83. PP.1631–1643.

27. Hersbach H. et. al. The ERA5 global reanalysis. Quart. J. Royal Meteor. Soc. 2020. Vol.146. PP.1999-2049.

28. Вербицкая Е.М. Система численного прогноза погоды регионального специализированного метеорологического центра в Хабаровске и перспективы ее развития и совершенствования//Труды ФГБУ «Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт». 2021. №156. С.57-72

29. Атлас районирования морей и океанов для гидрометеорологического обеспечения морской деятельности. – М.: Типография АМА-ПРЕСС, 2019. – 37 с.

30. Отчет о научно-исследовательской работе «Совершенствование методов, средств и технологий функционирования Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (включая технологии обслуживания потребителей)». Промежуточный. «Разработка средств и технологий единой государственной системы информации в Мировом океане по гидрометеорологическому обеспечению морской деятельности в Северо-западном и Арктическом регионах, включая районы Северного морского пути». Шифр темы Плана НИОКР Росгидромета 5.3. Соисполнитель ФГБУ «ААНИИ». Санкт-Петербург. 2022. - 143 с.

31. Отчет о научно-исследовательской работе «Совершенствование методов, средств и технологий функционирования Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (включая технологии обслуживания потребителей)». Промежуточный. «Разработка средств и технологий единой государственной системы информации в Мировом океане по гидрометеорологическому обеспечению морской

деятельности в Дальневосточном регионе, включая районы восточной части Северного морского пути». Шифр темы Плана НИОКР Росгидромета 5.3. Соисполнитель ФГБУ «ДВНИГМИ». Владивосток. 2022. -52 с.

32. Отчет о научно-исследовательской работе «Совершенствование методов, средств и технологий функционирования Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (включая технологии обслуживания потребителей)». Промежуточный. «Разработка средств и технологий единой государственной системы информации в Мировом океане по обеспечению морской деятельности в области предупреждения о цунами, предоставления информации по радиационному и химическому загрязнению прибрежных районов России». Шифр темы Плана НИОКР Росгидромета 5.3. Соисполнитель ФГБУ «НПО Тайфун». Обнинск. 2022. -52 с.

33. Зеленько А.А. Оперативный модуль ЕСИМО – система гидрометобеспечения нового поколения // Труды VI Российской научно-технической конференции «Современное состояние и проблемы навигации и океанографии» («НО-2007»), 23-25 мая 2007 г. Санкт-Петербург. 2007. С. 473-479.

34. Облачные вычисления. Полное руководство. IBM Cloud Learn Hub (дата обращения: 11.12.2021).

35. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 августа 2019 г. № 1911-р. Концепция создания государственной единой облачной платформы.

36. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. Научный редактор профессор Боровков А. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 с.

37. ГОСТ Р 52439 2005 Digital terrain models. Feature catalogue. Requirements for structure. Группа Т43 https://docs.cntd.ru/document/1200044727

38. Использование данных ДЗЗ. GEOMATICS. 2013. Vol. 33. №4.

39. Билык К 2021 NVidia создаст цифрового двойника Земли на суперкомпьютере для прогнозирования изменений климата. Раздел «Новости» https://rb.ru/news/nvidia-supercomputer-climate/

40. Blair G. 2021 Digital twins of the natural environment. Patterns 2, October 8, 3 p. https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100359

41. ГОСТ Р 57700.37 2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения».

42. Третьяков И. 2021 Цифровой двойник – границы модели. https://aps365.ru/courses/digital-transformation/lesson/czifrovoj-dvojnik-graniczy-modeli/

?fbclid=IwAR3g6bQAMAQRdIP0FzpE_g7INiTFZ7Akj7VnmQScW3eAplclq4YrVtKN9jo

43. ERA5: data documentation. https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5%3A+data+documentation.

44. Земля 2021 Глобальная карта ветра, погода; океан: течения, волны. https://earth.nullschool.net

45. Вязилов Е. 2021 Цифровая трансформация гидрометеорологического обеспечения. Том 1 Подходы по реализации. Обнинск. ВНИИГМИ-МЦД 356 с.

46. Viazilov E, Melnikov D. and Mikheev A. 2021. On the development of a pipeline for processing hydrometeorological data. Supplementary Proceedings of the XXIII International Conference on Data Analytics and Management in Data Intensive Domains (DAMDID/RCDL 2021) http://ceur-ws.org/Vol-3036/paper08.pdf

47. Журавлев А. 2018 Как цифровые двойники помогут развитию экономики доступа на платформе “устройство как сервис” https://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=203508

48. FAIR Principles. 2021 https://www.go-fair.org/fair-principles/

49. Accreditation of WDS Network Members 2021. http://www.icsu-wds.org/services/certification/accreditation-of-wds-network-members

50. Carroll S. R., Garba I., Figueroa-Rodríguez O. L., Holbrook J., Lovett R., Materechera S., Parsons M., Raseroka K., Rodriguez-Lonebear D., Rowe R., Sara R., Walker J. D., Anderson J. and Hudson M. 2020. The CARE Principles for Indigenous Data Governance. Data Science Journal, 19(1), p.43. DOI: http://doi.org/10.5334/dsj-2020-043

51. Bauer P., Stevens B. & Hazeleger W. (2021) A digital twin of Earth for the green transition. Natural Climate Change 11 pp 8