

С.С. Магазов

к.ф-м.н. Москва МГТУ им. Баумана 2006mag@mail.ru

Информационные ресурсы глобальных систем мониторинга океана для задач гидроакустики

Аннотация. В статье дается обзор двух глобальных систем наблюдения за океаном ARGO и Jason 1/2. Дан анализ возможности использования информационных ресурсов этих систем при решении задач гидроакустики.

Ключевые слова: глобальные системы наблюдения, NOAA, UN, UNESCO, ARGO, Jason 1/2, гидроакустика, спутник.

Введение

Прошло почти два десятилетия с того момента, как начали эксплуатироваться первые глобальные системы наблюдения за мировым океаном (GOOS –Global Ocean Observing System). На настоящий момент системы GOOS представляет собой сложную хорошо скоординированную систему, включающую в себя наземные и космические подсистемы. В состав наземных подсистем могут входить: сети морских береговых и устьевых гидрометеорологических станций, добровольные и штатные суда наблюдений, сети автоматических буйковых станций, самолеты метеостанции, общегосударственные службы наблюдений за загрязнением морей, и сети центров по приему и обработки информации. В состав космической подсистемы входят группировки метеорологических и специализированных спутников, наземные центры по приему и обработке космической информации.

Новые возможности, предоставляемые технологией GOOS, востребованы в научных исследованиях, субъектами хозяйской деятельности и военными ведомствами. При помощи этих технологий сделаны

фундаментальные открытия в теории процессов формирования климата. Технологии GOOS сделали возможным разработку надежных методов предупреждения катастрофических явлений, существенно улучшили информационное обеспечение морских операций, промыслового рыболовства и т.д. Возможности технологий GOOS далеко не исчерпаны, существует множество важных проблем, которые могут быть решены при помощи этих технологий.

В статье дается краткий обзор технологии возможностей и принципов организации ARGO и Jason 1/2. Проведен анализ проблем прикладной и фундаментальной гидроакустики, в решение которых возможно использовать информационные ресурсы ARGO и Jason 1/2..

В первой части статьи дан краткий обзор системы международных и национальных организаций занимающихся разработкой и эксплуатацией GOOS. Понимание системы административного управления необходимо для организации доступа к информационным ресурсам GOOS и участия в международных проектах. Более подробное изучение вопросов, касающихся сложившейся мировой системы управления GOOS, правовой базы, на основе которой они действуют, требует отдельного рассмотрения.

Вторая часть содержит описание научного инструментария используемого на спутниках Jason 1/2 и на буях ARGO.

Результатом работы GOOS является информация, ценность, которой заключается в том, что она позволяет принимать правильные и своевременные решения. Третья часть посвящена информационным ресурсам, предоставляемым Jason 1/2 и ARGO и технологии доступа к ним и характеристиками представляющими интерес для решения гидроакустических задач.

В четвертой части анализируются информационные ресурсы Jason 1/2 и ARGO на предмет, возможности для решения задач гидроакустики. Рассмотрены проблемы, возникающие на этом пути.

1. Подразделения ООН и ЮНЕСКО обеспечивающие мониторинг океана

Здесь дается обзор целей и функций подразделений, ООН и ЮНЕСКО, обеспечивающих функционирование и развитие важнейших GOOS.

ООН(UN):Всемирная Метеорологическая Организация

Одно из важнейших функций Всемирной Метеорологической Организации (WMO – World Meteorological Organization), действующей в рамках ООН является организация планетарного наблюдения за океаном, погодой, климатом и состоянием экологии. На рисунке 1 представлен фрагмент организационных структур WMO ответственный за сбор и распространение океанологических данных. Рассмотрим основные функции подразделений WMO ответственных за развитие технологий GOOS.

Конгресс

Согласно уставу WMO высшим органом управления является Конгресс. Конгресс созывается раз в четыре года. На нем принимаются директивные документы с учетом интересов всех стран участников WMO. Конгресс утверждает программы исследований, организационную структуру, бюджет WMO и т.д.. В таблице 1.1 приведены три программы WMO, которые могут быть полезны для гидроакустических исследований.

Исполнительный Совет (ЕС –Executive Council)

Исполнительный Совет реализует решения конгресса. Он руководит реализацией научно-технических, метеорологических и гидрологических программ, а также осуществляет оперативным управлением своими подразделениями.

Региональные ассоциации

В состав WMO входят шесть региональных ассоциаций, отвечающих за координацию метеорологических, гидрологических исследований в регионах. Росгидромет России входит в WMO на правах региональной ассоциации.

Технические комиссии (Technical commissions)

В составе ВМО действуют восемь технических комиссий. В круг обязанностей, комиссий входит: разработка методик, стандартов проведения и использования метеорологических наблюдений, реализация научно-исследовательских программ и т.д. Следующие комиссии решают проблемы, которые могут представлять интерес для гидроакустических исследований:

Комиссии по основным системам (CBS). CBS является ведущей технической комиссии по обеспечению реализации общих программ Всемирной Службы Погоды (WWW) и космических программ ВМО. Основные направления деятельности комиссии связаны с разработкой, внедрением, эксплуатации GOOS, систем передачи данных и т.д.. В состав CBS входят следующие подразделения: групп управления интегрированными системами наблюдений, групп информационных систем и обработки данных.

Объединенная техническая комиссия по океанографии и морской метеорологии (JCOMM). Объединенная техническая комиссия по океанографии и морской метеорологии JCOMM (Joint WMO/IOC Technical Commission for Oceanographic and Marine Meteorology) обеспечивает механизм международной координации океанографических, морских метеорологических наблюдений, а так же отвечает за обмен океанологическими данными полученными GOOS. JCOMM разрабатывает и рекомендует стандарты и процедуры для океанологических наблюдений. В область компетенции JCOMMOPS входит определение потребности в: данных наблюдений, технологиях измерений и режимах обмена т.д.. Каждое направление деятельности JCOMM управляется координатором при поддержке небольшой группы экспертов. В рамках JCOMM действует подкомиссия JCOMMOPS (OPS-Observing Platform Support Centre), которая объединяет усилия двух технических координаторов, обеспечивающая международную координацию океанографических наблюдений с дрейфующих и пришвартованных буев....

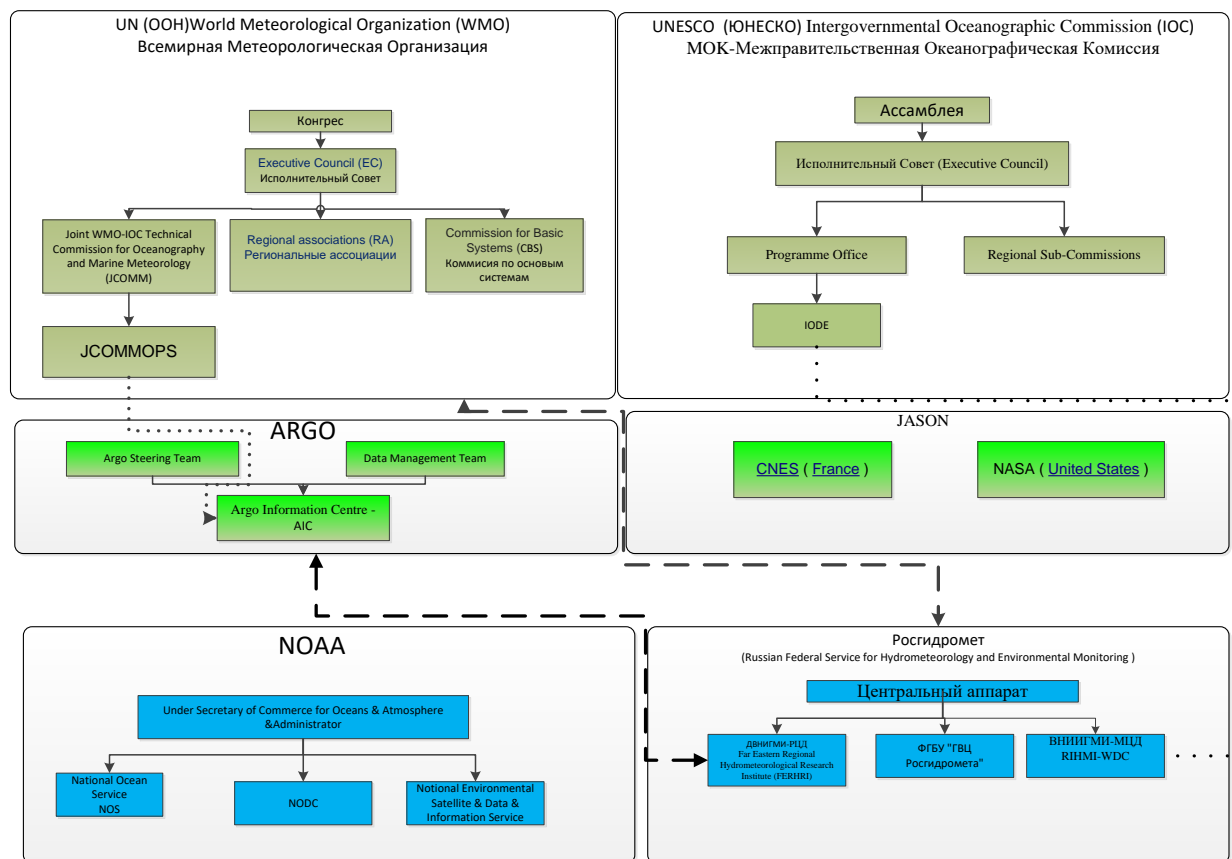


Рисунок 1.1 Фрагменты международных и национальных организаций участвующие в развитии и эксплуатации GOOS. (Пунктирные линии обозначают информационные связи)

Таблицы 1.1 Программы Всемирная Метеорологическая Организация представляющие интерес для гидроакустических исследований.

Программы Всемирной Службы Погоды (WWW –World Weather Watch)	Космические программы (WMO Space Programme)	Программы по морской метеорологии и океанографии (MMOP - Marine Meteorology and Oceanography Programme)
<ul style="list-style-type: none"> - глобальные системы наблюдений; - глобальные системы связи; - глобальные системы обработки данных и прогнозирования; - вспомогательные программы управления данными; - вспомогательные программы систем мониторинга; - вспомогательных программ оперативного информационного обслуживания; - программное обеспечение приборов наблюдения; - методики наблюдения за океаном. 	<ul style="list-style-type: none"> - интегрированные космические системы наблюдения; - доступ к спутниковым данным; - подготовка кадров. 	<ul style="list-style-type: none"> - регулирование, координации и содействия устойчивого обеспечения данными наблюдений глобального и регионального масштаба стран участниц WMO; - развитие технологий интегрального представления данных; - разработка технических стандартов; - разработка систем управление данными и сервисных систем.

Примечание. MMOP действует по схеме, когда каждая национальная метеорологическая служба отвечает за закрепленную за ней область открытого моря и побережья.

ЮНЕСКО (UNESCO): Межправительственная океанографическая комиссия

В рамках UNESCO действует МОК – Межправительственная Океанографическая Комиссия (ИОС – Intergovernmental Oceanographic Commission). Организационная структура ИОС похожа на структуру ВМО, часть подразделений работает в регионах, часть занимается реализацией и координацией важнейших общезначимых программ. В частности такими программами являются:

- развитие систем глобального мониторинга за океаном;
- развитие сетей обмена океанографической информацией;
- создание и развитию национальных и региональных центров данных.

На рисунке 1.1 представлены подразделения ИОС в обязанности, которых входит формирование океанографической информации. Кратко опишем функции этих подразделений.

Ассамблея

Ассамблея высший орган управления ИОС. Раз в четыре года проводятся сессия, на которых исполнительный совет отчитывается о проделанной работе, и принимаются директивные документы.

Исполнительный Совет (Executive Council)

Исполнительный совет реализует решения Ассамблеей, осуществляет оперативное управление подразделениями, и отвечает за реализацию научно-технических программ в целом.

Региональные подкомиссии (Regional Sub-Commissions)

Региональные подкомиссии призваны способствовать реализации программ ИОС в регионах, принимая во внимание специфические интересы и приоритеты государств – членов региона. Региональные подкомиссии

взаимодействуют с региональными офисами, реализующими программы ИОС в регионах.

Управления проектом (Project Office)

Управления проектом разрабатывают: технологии, стандарты, рекомендации, научные программы ИОС и т.д. Управление может иметь сложную организационную структуру, состоящую из множества подразделений, например, IODE.

Международное управление обмена океанографическими данными и информацией (IODE – International Oceanographic Data and Information Exchange). IODE отвечает за развитие информационной системы сбор, хранения и обработки океанографической информации, а так же ее распространение. Многие страны – члены ИОС создали национальные центры управления данными, которые ведут информационный обмен с глобальными ресурсами IODE. IODE имеет сложную организационную структуру (Рисунок 1.2).

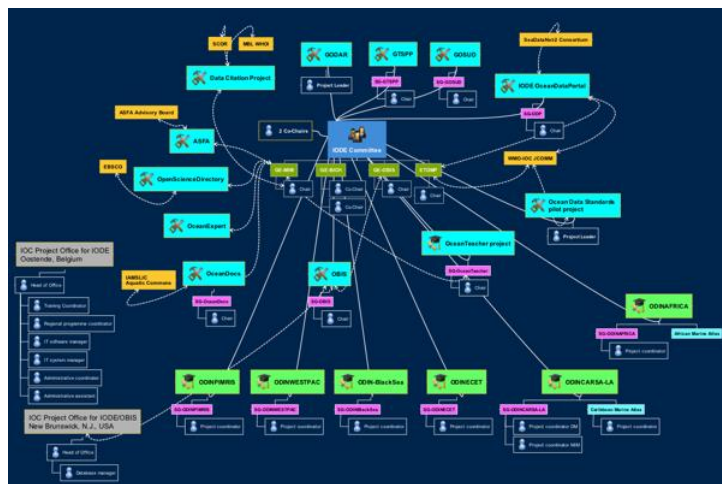


Рисунок 1.2. Организационная структура и информационное взаимодействие IODE.

В состав IODE входят ряд подразделений, обеспечивающих управление мировыми центрами данных. Особый интерес для гидроакустическим

исследований представляет подразделение занимающиеся поддержание базы данных температуры и солености (GTSP Global Temperature and Salinity Profile Programme). Офис GTSP расположен в Великобритании.

Таблицы 2 Программы ЮНЕСКО представляющие интерес для гидроакустических исследований.

<i>Программы международного обмена океанографическими данными и информацией (IODE – "International Oceanographic Data and Information Exchange")</i>	<i>Глобальные программы измерения профайлов температуры и солености (GTSP – Global Temperature and Salinity Profile Programme)</i>
<ul style="list-style-type: none"> - развивать исследования океана путем обмену океанографическими данными и информацией в режимах: реального времени, близкому к реальному времени и задержки; - содействовать использованию международных стандартов, в соответствии с Политика МОК; - поощрять долгосрочное архивирование, сохранение, документирование, управление и услуги по всем морским данным и получению новых данных и информации; - разработать или использовать существующие методы управления, обмена морским данным и информацией, - контроль качества и информационных технологий международным стандартам; - оказывать помощь членам ИОС в приобретении необходимого потенциала для управления морскими исследованиями и управления данными; - поддержка международных научных и оперативных морских программ, включая рамочные программы наблюдений за океаном. 	<ul style="list-style-type: none"> – разработка системы мониторинга потока данных в режиме реальном времени и данных в отложенном режиме. – контроля качества данных согласно международным требованиям. – развитию систем анализа, данные – формирования глобальной баз данных температуры, профайлов солености (GTSP) – обеспечить доступ к данным (температура, соленость) в режиме реального времени. – данные от якорных буев.

2. Национальные организации, обеспечивающие мониторинга океана

Здесь дается краткое описание целей, функций и организационных структур крупнейших национальных организаций США и России, обеспечивающих наблюдения за океаном.

Национальное управление океанических и атмосферных исследований США NOAA

Правительство США придает большое значение развитию систем наблюдению за окружающей средой, так Национальное Управление Океанических и Атмосферных Исследований (NOAA-*National Oceanic and Atmospheric Administration*) является структурным подразделением всесильного Министерства Торговли США. Руководитель NOAA имеет статус заместитель-секретаря этого министерства.

NOAA располагает интегрированной системой наблюдения, которая включает спутники, радары, поверхностные автоматизированные метеорологические станции, погодные воздушные шары, эхолоты, буи, специально оснащенные самолеты и т.д. Для обработки данных создана интегрированная информационная инфраструктура, которая, обеспечивает достижение четырех основных целей: обеспечение адаптации нации к изменению климата и смягчению его последствий, наблюдение за состоянием океана, прибрежными зонами и экосистемами. Интегрированная информационная инфраструктура обеспечивает экономику США океанографической информацией. Так NOAA выпустила в 2013 базу данных по мировому океану, которая включает наиболее полную на сегодняшний день коллекцию научной океанологической информации. База данных содержит записи, начиная с 1772 году, и в настоящий момент содержит около 13 миллионов профилей температуры, и чуть менее шести миллионов измерений солености примерно 90 стран мира.

Штаб-квартира NOAA (headquarters NOAA)

Штаб-квартира NOAA обеспечивает выполнение общих кооперативных функций, планирование, формирование бюджета и т.д. Из штаб-квартиры ведет оперативное управление службами, рассмотрением две из них: NOS и NESDIS.

Национальная океаническая служба(National Ocean Service, NOS)

NOS состоит из восьми управлений, работающих над реализацией программ направленных на изучение прибрежных зон, и трех специализированных управлений, один из которых занимается интегральной системой наблюдения за океаном. Интегральная система наблюдения интегрирует данные от различных источников (спутники, датчики температуры воды и т.д) и обеспечивает доступ к комплексной информации в режиме реального времени, а также ретроспективно.

Национальная служба экологических спутниковых данных и информации (NESDIS)

В состав NESDIS (The National Environmental Satellite, Data, and Information Service) входит ряд управлений и специализированных центров, а также три Национальных Центра Данных. Цель NESDIS предоставлять разнообразные информационные услуги, в частности: обеспечение доступа к данным полученных со спутников, проведение официальных экспертиз окружающей среды и т.д.. NESDIS вносит важный вклад в национальную безопасность США, предоставления военным в режиме реального времени или близком к реальному времени данные о состоянии окружающей среде по всему миру.

NESDIS получает данные с двух группировок спутников POES и GOES. Эти группировки и наземные службы обеспечивают непрерывный поток данных в информационные системы NESDIS.

Спутники группировки POES имеют почти полярные орбиты на высоте около 520 км над поверхностью Земли.

Спутники группировки GOES, движутся геостационарной орбите. В настоящее время в рабочем состоянии находятся четыре спутника. Несколько спутников находятся в законсервированном состоянии или в режиме ограниченной функциональности.

При оптимальных условиях скорость передачи данных со спутников составляет около 2,048 Мбит/с в двух направлениях.

Данные получение от GOES и POES используются при прогнозе погоды, климатических исследований и прогнозирования глобальных измерений температуры поверхности моря, атмосферных зондирований температуры и влажности, океанических исследованиях, мониторинге извержения вулканов, обнаружения лесных пожаров, поисков спасательных работах и т.д.

NESDIS работает с партнерами из Европейской организации, эксплуатирующей метеорологические спутники серии METEOSAT, которые дополняют возможности американской группировки.

Национальный центр океанографических данных (NODC)

NODC расположен в Силвер-Спринг, штат Мэриленд, и состоит из пяти подразделений. Центр предоставляет информацию и услуги по передаче данных для ученых, инженеров, менеджеров и других пользователей в США и во всем мире. NODC поддерживает базы данных с профилями различных параметров океан, то есть измерениями, проведенными одновременно одном месте на разных глубинах. Например, широко известна база данных WOD по температуре и солености. БД WOD создана в 1994 и постоянно расширяющаяся и дополняется. Эта базы данных являются мощным инструментом в исследовании климата, и использоваться для решения гидроакустических задач. Особую ценность представляют профили солености и температуры.

Национальная система мониторинга морей России

Наблюдением за океаном является одной из важных государственных задач, так разработана федеральная целевая программа "Мировой океан" (Постановление Правительства РФ от 10 августа 1998 г. N 919), обеспечивающая развитие национальных систем мониторинга океана. Создана единая нормативно-методическая и правовая база, определяющая порядок функционирования систем мониторинга океанов. Федеральным космическим агентством подготовлена концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года. В концепцию включены пункты, касающиеся океанологии. Выполнение программы должно обеспечить преодоление отставания.

Росгидромет

Росгидромет - это головная организация, обеспечивающая функционирование системы наблюдений за окружающей средой. Система управления Росгидромет иерархическая. На вершине управленческой иерархии стоит администрация, которая обеспечивает решение общекорпоративных задач, управляет наблюдательной сетью и т.д. В ее подчинении находятся 17 отделов и лабораторий.

Информационный ресурс создаваемые Росгидромета используются для повышения безопасности и эффективности морских операций, управления промыслами, отслеживания морских млекопитающих и других областей экономики. Безусловно, часть этой информации может быть использована в задачах гидроакустики, так например оперативные данные по волнению моря.

Дадим краткую характеристику подразделением обеспечивающих проведение морских метеорологических, гидрометеорологических и океанографических наблюдений за морской средой и предоставляемой ими информации.

ОТДЕЛ МОРСКИХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Отдел подготавливает следующую информацию:

- штормовые предупреждения (экстремальные ветры высоты волн, штормовые нагоны, и т.д.); информация помещается в ежедневном гидрометеорологическом бюллетене Гидрометцентра.
- краткосрочные (на 2-е суток) прогнозы ветра и волнения — информация распространяется по каналам связи Главный радиометеорологический центр (ГРМЦ);
- среднесрочные и долгосрочные прогнозы характеристик ледяного покрова неарктических морей России;
- анализы температуры поверхности воды по акваториям северных частей Атлантического и Тихого океанов и тропической зоне Мирового океана — продукция распространяется по каналам связи ГРМЦ.

Очевидно, что эта информация представляет большую ценность для оперативных гидроакустических расчетов.

ОТДЕЛ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Отдел осуществляет прием от центров космической связи, наблюдательных платформ и зарубежных центров информации. В отделе осуществляет раскодирование и размещение информации в базах данных АСООИ-CRAY и АСООИ-COMPAREX. Этот же отдел курирует фонд гидрометеорологических данных.

ВНИИГМИ-МЦД

ВНИИГМИ-МЦД - всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации. Институт занимается разработкой методов и технологий для Российского государственного фонда данных, созданием и внедрением информационных технологий сбора, обработки,

хранения информации, разработка эмпирико-статистических методов анализа данных и т.д.

ВНИИГМИ-МЦД состоит из ряда подведомственных учреждений, которые интересны для гидроакустических исследований деятельность

Центр океанографических данных.

В задачи центра входит:

- разработка концепций и проектов по автоматизации сбора, накопления, обработки и обмена информации о морской среде;
- разработка технологии интеграции данных;
- разработка программных средств прикладной обработки океанографических данных.

ЦЕНТРА ПАРТНЕРСТВА ДАННЫХ ПОРТАЛ МООД OCEAN

Партнерский центр по обеспечению работу по программе международного обмена океанографическими данными (МООД). Портал океанических данных был официально открыт 10 сентября 2013 года при ВНИИГМИ-МЦД. Центр был создан при поддержке IODE и по решению Межведомственной национальной океанографической комиссии Российской Федерации, а так же Исполнительного совета МОК.

Портал океанических данных МООД призван обеспечить беспрепятственный доступ к морских данных в сети МООД.

Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ФГБУ "ДВНИГМИ")

ДВНИГМИ является филиалом «ВНИИГМИ-МЦД». На базе ДВНИГМИ создан региональный центр океанографических данных по Дальневосточному региону. В базе данных содержатся данные 35 прибрежных гидрометеорологических станций, 102 тысячи станций глубоководных океанографических наблюдений в Охотском море, многолетние данные попутных и прибрежных судовых наблюдений,

инструментальные наблюдения над течениями и другая информация полезная для задач гидроакустики. Все эти данные доступны широкому кругу пользователей

3. Международные проекты

Общепризнано, что достигнуть эффективного управления глобальными системами наблюдения можно только путем широкой международной кооперации технологических возможностей и опыта. Интеграция усилий происходит не только на уровне ООН и ЮНЕСКО, параллельно действуют региональные и национальные проекты исследования океана. Здесь мы рассмотрим два международных проекта глобальной системы наблюдения: спутниковая система Jason-1/2 и ARGO.

Существуют и другие глобальные системы наблюдения, например NOAA (США) имеет мощную группировку спутников. Что касается отечественных спутниковых группировок то, к сожалению, наблюдается отставание, как по числу, так и по возможностям научного оборудования. В настоящее время исследование ведутся при помощи спутников серий «Океан», «Ресурс», «Метеор».

Проект Jason-1/2

Дистанционное зондирование Мирового Океана из космоса на настоящий момент является одним из самых мощным методом исследования океана. Крупнейшие организации CNES ([France](#)), NOAA, NASA ([UnitedStates](#)), EUMETSAT разработали первый масштабный проект спутниковой глобальной системы наблюдения за океаном TOPEX/Poseidon. TOPEX/Poseidon начал систематически проводить измерения топографии поверхности океана с конца 1990 года. Проект оказался чрезвычайно успешным, задачи, которые были решены с его помощью, в принципе невозможно решить наземными средствами наблюдения. К 2008 году TOPEX/Poseidon выработал свой ресурс и ее сменила группировка спутников Jason-1, OSTM/Jason-2. В декабре 2001 года был запущен Jason-1,

затем в июле 2008 был запущен Jason-2. Jason-1 и Jason-2 движутся по одной и той же орбите. Jason-1 находится противоположной стороне Земли относительно спутника Jason-2. Центры управления группировкой находятся в США и Франции.

Работа спутниковой системы Jason-1/2 поддерживается развитой наземной инфраструктурой. Так в дополнение к бортовой GPSP-станции, для калибровки орбит спутников используется наземная лазерная система слежения LRA (Laser Retroreflector Array), которая представляет собой сеть от 10 до 15 наземных спутниковых станций лазерной локации. Так же в систему входит 60 разбросанных по всему миру маяков, обеспечивающих точное доплеровское измерение скорости. Эти наземные системы позволяют определять орбиту спутника с точностью до трех сантиметров, измерять уровень моря с точностью 2-3 см.

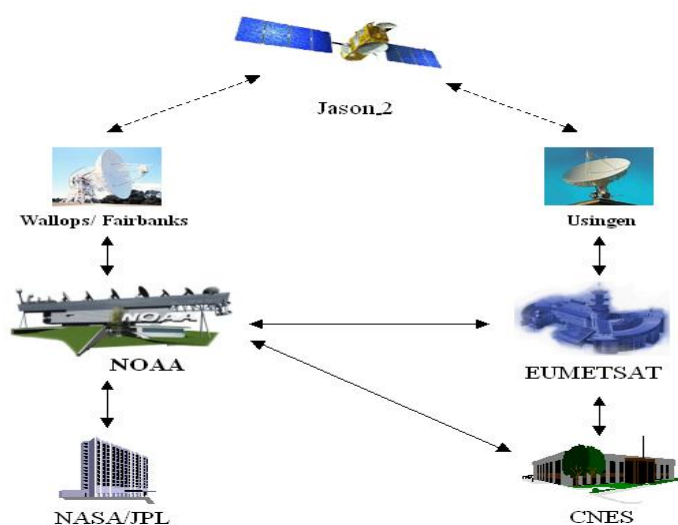


Рисунок Схема информационных потоков Jason

Для обработки потоков информации поступающей со спутников создана два информационных центров, которые обрабатывают данные в режиме близком к реальному времени. Французский информационный центр Jason-1/2 входит в европейский проект DUACS. В 2002 году проект DUACS был интегрирован в сегмент CNES (основанный в 1961 году Национальный

центр космических исследований) системы SSALTO. Этот переход позволил DUACS перейти из исследовательского проекта в режим оперативной системы SSALTO/DUACS. SSALTO/DUACS стал основным многофункциональным центром обработки данных. DUACS частично финансируется в рамках программы окружающей Среды и Климатической программы Европейской комиссии. Американский центр подчинен OSPO, эта организация является частью NOAA.

Центры обеспечивают высокое качество информации, которая доводится до пользователя в режиме почти реального времени и в отложенном режиме. Информация доступна для широкого круга исследователей при помощи современных Internet технологий.

Jason-1/2 и TOPEX/Poseidon предназначены для отслеживания изменения климата на основе очень точных измерений уровня моря. Измерения топографии поверхности океана позволили рассчитать скорость и направление океанических течений и контролировать глобальную океаническую циркуляцию, выявить, где тепло сохраняется тепло в океане и как она движется вокруг Земли и как эти процессы влияют на погоду и климат. В число задач решаемых при помощи спутниковой группировки Jason входят:

- океанологическая топография
- расчет мезомасштабной изменчивости и глобальных характеристик вихрей,
- мониторинг фронтов Антарктического Циркумполярного тока,
- глобальной циркуляции и моделирование теплового баланса океана,
- наблюдение за Rossby волнами,
- отслеживание климатических изменений,
- прогнозирование межгодовых и сезонных изменений;
- составление карт течения, вихрей и векторных ветров.

Благодаря SSALTO/DUACS было проведено исследование 20 летние мезомасштабное альтиметрией. В проекте участвовало ряд крупнейших научных центров Европы. Для задач гидроакустики представляет интерес наблюдение вихрей и течений в частности, мезомасштабных вихрей, длиннопериодические океанские волны, апвеллингов изменения океана топографии поверхности.

ARGO

Наблюдения за океаном при помощи буев являются традиционным и незаменимым инструментом мониторинга Океана. Глобальный массив буев ARGO разрабатывался как инструмент, дополняющий технологию спутниковой альтиметрии. Проект ARGO был впервые предложен в 1999 г. небольшой группой ученых во главе с Дином Ремишем (Dean Roemmich). Предполагалось создание глобального массива ныряющих буев. Проект был принят в рамках программы CLIVAR. В настоящее время в проекте участвует более 30 стран, каждый участник ARGO имеет право организовать центр обработки данных, работающий по общей технологии и стандартам. О важности проекта можно судить по тому, что он интегрирован в программы JCOMMOPS и тесно взаимодействует с NOAA (Рисунок 1).

Запланированный в начале проекта массив из 3000 буев был сформирован уже к ноябрю 2007 года. В настоящее время за год производится порядка 100000 измерений профилей.

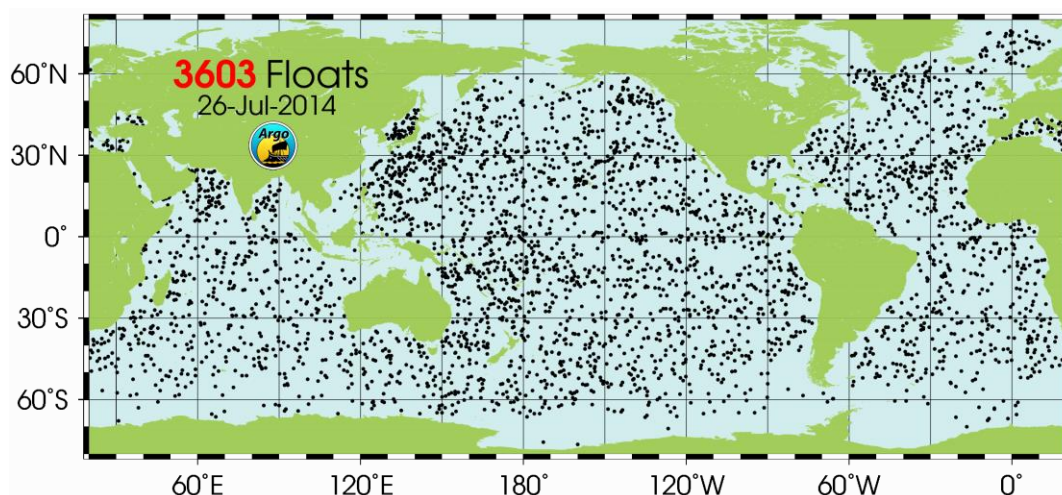


Рисунок 3.1 Карта распределения буев ARGO в Мировом Океане.

Данные, полученные ARGOЮ, позволили лучше понять причины глобального повышения уровня океана, так же они позволили выявлять и анализировать крупномасштабные океанические циркуляции, последствия изменения климата, а так же обеспечивают калибровку и проверку данных спутниковой альтиметрии. Скоординированная обработка информации ARGO и спутниковых систем наблюдения за океаном создала синергетический эффект, который позволил принципиально улучшить наблюдение за течениями Гольфстрим и Куроисио, при этом существенно расширились возможности наблюдения за биологическими и химическими изменениями в океане.

Рассмотрим систему административного управления ARGO. Оперативное управление осуществляют две группы: AST-группа (International Argo Steering Team - Международная группа управления ARGO) и ADMT-группа (ARGO Data Management Team - группа управления данными). За архив данных ARGO отвечает внешняя организация NODC/США.

Международная группа управления (AST). Группа AST обеспечивает научное руководство и осуществляет надзор за развитием и эксплуатацией массива буев. В перечень функций AST входит:

- определение способов доставки, численность массива и районы дислокации;

- поощрение развертывания ARGO в различных регионах земного шара;
- предоставление данных для научных исследований и производственных потребностей;
- поддержание связи с другими глобальными системами наблюдения, в том числе, с системами спутниковой альтиметрии, корабельной гидрографией, в частности, с OOPC, GSSC, GCOS SC, JCOMM/OCG и JCOMMOPS.
- обеспечение научного руководства CLIVAR (программа изучения климата) и других исследовательских групп;
- содействие финансированию национальных и региональных программ, обеспечивающих функционирование массива буев ARGO.

Группа управления данными (ADMT)

Группа управления данными ARGO обеспечивает:

- функционирование сайта управления данными;
- предоставление информации по методам обработке данных;
- документацию по форматам данных и процедурам контроля качества;
- доступ к справочной базе данных, необходимой для обработки сырых данных;
- доступ к данным глобального информационного центра;
- доступ к региональным центрам ARGO.

Функционирование информационной системы обеспечивает сеть информационных центров (рисунок 3.2). Данные ARGO обрабатываются и распространяются через сеть GTS и Internet .

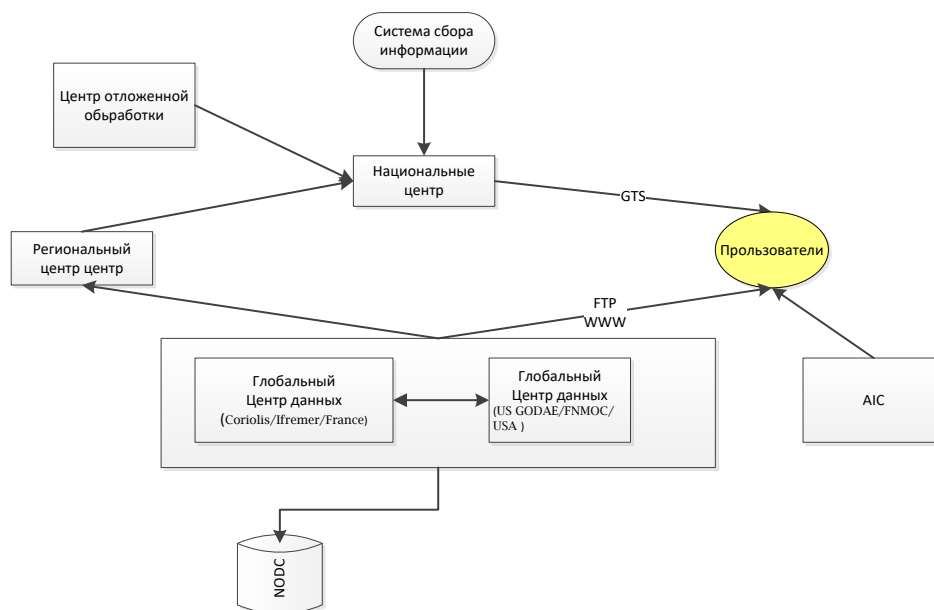


Рисунок 3.2 Схема взаимодействия центров обработки информации ARGO

Информационный центр (AIC)

AIC входит в состав системы мониторинга и оперативного управления ARGO. AIC подчиняется JCOMMOPS. AIC отвечает за поступление данных от буев. Для обеспечения функционирования AIC было разработано оригинальное программное обеспечение. Часть программного обеспечения доступна для всех пользователей, а часть специальных приложений доступна только для ограниченной группы пользователей. Информационный центр AIC ответственный за предоставление информации о программе ARGO расположен в Тулузе(Франция).

Глобальные центры сбора данных (GDACs - Global Data Assembly Centers)

Глобальных центров сбора данных два: один расположен во Франции (Coriolis/Ifremer/France), а другой в США (GODAE/FNMOC/USA). Основной кластер серверов GODAE находится в офисе военно-морских исследований (ONR-Office of Naval Research). Информационный обмен между центрами происходит в режиме реального времени. Центры отвечают за:

- хранение архива океанографических наблюдений
- функционирование набора линейки океанографических моделей

- регулярные полные и достоверные описания температуры, солености и скорости течений.
- доступ к данным конечных пользователей.

Региональные центры

Участники проекта ARGO могут создавать региональные центры, список функций которых должен включать:

- проверку региональных данных на внутреннюю согласованность;
- проверку соответствия данных ARGO с данными судовых измерений;
- содействие развитию эталонной базы данных для контроля качества измерений;
- регулярное распространение информации ARGO, в частности еженедельные анализы температуры, солености и течений.

Национальные центры данных

Национальные центры данных собирают, обрабатывают и распространяют данные с буев. Данные распределяются по сети в течение 24 часов. Национальные центры также отправляют данные в глобальные центры данных.

Алгоритм работы центров следующий: данные с буев передаются через спутники на наземные станции, откуда несколько раз в день информация отправляется либо в национальные центры, либо в региональные центры. Каждый центр отвечает за данные, полученные от закрепленных за ним поплавков. Центры поддерживают в актуальном состоянии метаданные, касающиеся технических характеристик, а также информацию о поплавках. Проверенные данные поступают в глобальные центры данных, которые обеспечивают к ним доступ широкого круга исследователей.

4. Технологии глобальных систем наблюдения за океаном

Рассмотрим научные инструменты, с помощью которых ведется наблюдение за океаном.

Спутниковые инструменты наблюдения за океаном

Здесь мы кратко опишем научные инструменты спутниковых систем наблюдения за океаном.

Альтиметр (радиолокационный высотомер)

Альтиметр измеряет при помощи радиолокационных сигналов высоту, на которой находится космический аппарат. Альтиметр Poseidon-2, основной инструмент миссии Jason. Poseidon-2 использует импульсы на частотах 13,6 и 5,3 ГГц. Частота 5,3 ГГц используется для определения содержания электронов в атмосфере, что необходимо для точных расчетов высоты. Время приема-передачи сигнала оценивается очень точно, учитываются поправки от системы позиционирования. Poseidon-2 измеряет высоту морской поверхности с точностью около 1,7 см. Точность измерения высоты волн и модуля скорости приводного ветра составила 0,4 м и 1,5–1,7 м/с соответственно. Такая точность измерений сделала спутниковую альтиметрию эффективным методом контроля за изменением глобального среднего уровня моря.

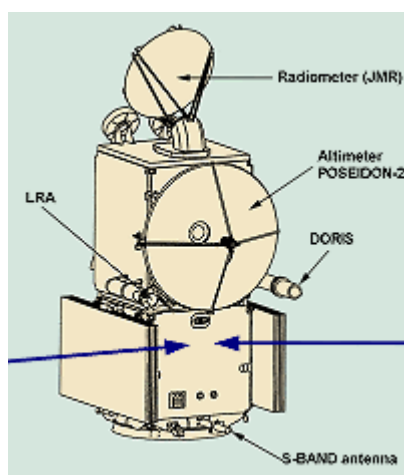


Рисунок 4.1 научное оборудование Poseidon-2

Микроволновый радиометр

Микроволновый радиометр представляет собой пассивный приемник, который на разных частотах измеряет радиояркость подстилающей поверхности. Антенна радиометра в радиочастотном диапазоне осуществляет коническое сканирование, заключающееся в перемещении визирного луча по

поверхности конуса. Ось конуса совпадает с земной вертикалью. Геометрические искажения, обусловленные таким сканированием, исправляются математически при обработке сигнала.

Физический принцип действия радиометра заключается в следующем: в каждом интервале частотного диапазона радиояркость излучения подстилающей поверхности по-разному зависит от значений геофизических параметров поверхности. В список параметров, влияющих на радиояркость, входят: соленость океана, поверхностный ветер, температура, концентрация водяного пара, облаков, и т.д.. Этот факт позволяет при определённых модельных предположениях вычислить значения каждого геофизического параметра в отдельности. Для этого решается обратная задача переноса или используется статистическая модель.

Спутники Jason-1 используют трехканальный микроволновый радиометр JMR (Jason Microwave Radiometer), Jason-2 использует AMR (Advanced Microwave Radiometer). Оба радиометра используют канал 23,8 ГГц для измерения интегрального содержания водяного пара в столбе атмосферы, а каналы 18,7 и 34 ГГц используются для учета скорости ветра и облачности соответственно. Эта информация позволяет рассчитать поправку на влажность, необходимую для обработки данных измерений альтиметра.

На спутниках группировки POES используются расширенные радиометры очень высокого разрешения AVHRR. AVHRR измеряют отражательную способность Земли в пяти относительно широких спектральных полосах. Первые две полосы сосредоточены на красном (500 ТГц) и ближнем инфракрасном (300 ТГц) участках спектра, третий полоса спектра в районе 3,5 микрометров, а последние два участка в районе 11 и 12 мкм соответственно.



Рисунок 4.2 Оптический радиометр SEVIRI

Европейские геостационарные метеорологические спутники серии METEOSAT снабжены оптическим радиометром SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager), который работает на 12-ти участках спектра и измеряет радиационный баланс Земли. SEVIRI разработан и производится в Европе. Эти спутники сбрасывают данные каждые 15 минут для оперативного использования метеорологами.

Скаттерометр (рефлектометр)

Скаттерометр — микроволновой радар, который облучает подстилающую поверхность и измеряет удельную эффективную площадь рассеивания (УЭПР). Существует зависимость УЭПР поверхности от геометрических параметров диаграммы направленности (угол падения луча, азимутальный угол) и характеристик зондирующего сигнала (длина волны, поляризация сигнала). На основании этих зависимостей определяются размеры и формы объектов, восстанавливается панорама движения воздушных потоков и морского волнения, и т.д.. Конструкция скаттерометра имеет параболическую вращающуюся антенну, при помощи которой ведется обзор земной поверхности. Диаграмма антенны остронаправленная. Обработка сигнала построена на основе теории рассеивания.

На сегодняшний день скаттерометр RapidScat, разработанный в США для работы на МКС, считается наиболее совершенным.

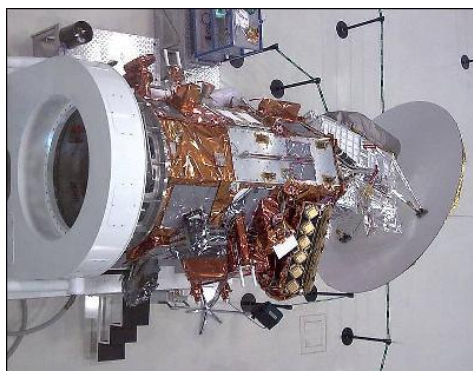


Рисунок 4.3 Скаттерометр спутника Aquarius/SAC-D

Таблица 4.1 Научные инструменты спутников

Спутник/ Инструмент наблюдения	Альтиметр	Микро волновой радиометр	Примечание
Jason-1	Poseidon-2	JMR	
Jason-2	Poseidon-3	AMR	Экспериментальные инструменты Carmen-2, LPT и T2L2
METEOSAT		SEVIRI	
POES		AVHRR	

Буи ARGO

Буи ARGO-мощный инструмент исследования широкого спектра физических характеристик Мирового Океана. Каждый буй комплектуется, как минимум, датчиками: давления, температуры и электропроводности, и может быть доукомплектован дополнительными датчиками.

Алгоритм работы буя представлен на рисунке 4.1.1. Буй погружается на заданную глубину и дрейфует в течение 10 дней, а затем всплывает со скоростью 1м/с. Во время всплытия он измеряет температуру и соленость. Если установлены соответствующие датчики, то буй измеряет содержание кислорода, нитратов, фосфатов, скорость и направление течения и т.д. Точность измерения удовлетворяет международным стандартам. Горизонт дрейфа на буях можно изменять командами, передаваемыми по спутниковому каналу связи. После всплытия буй находится на поверхности до тех пор, пока не передаст данные на спутник. Буи используют каналы

спутниковой связи международной компании Inmarsat. Объем информации передаваемый за сеанс составляет порядка 200 измерений.

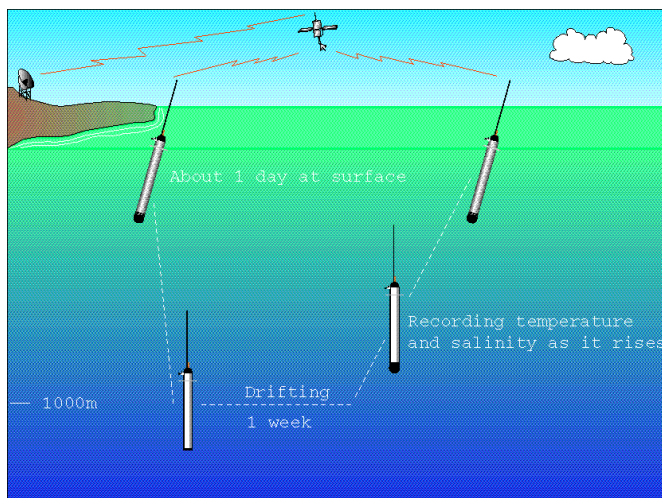


Рисунок 7 Схема цикла работы буя ARGO.

Буи ARGO имеют оригинальную конструкцию, которая была разработана с нуля. Производством буйев занимаются: американская фирма Teledyne Webb Research, японская фирма Tsurumi Seiki Co. Ltd. (TSK) в кооперации с JAMSTEC и французская фирма PROVOR. PROVOR и Teledyne Webb Research используют CTD (Conductivity, Temperature, and Depth) датчики фирм Sea-Bird electronics, Falmouth Scientific, Inc. (FSI). Японская фирма использует датчики фирмы The Tsurumi-Seiki и Sea-Bird electronics. Основные характеристики буйев приведены в таблице.

Таблица 4.2 Характеристики буйев

Хар./Буй	APEX	PROVOR-CTS3-DO	NINJA
Размеры:	диаметр 16,5 см, длина 196 см	диаметр 17,3 см, длина 170 см	диаметр 19,3 см длина 185 см
Масса	25 кг	34 кг	75 кг
Время жизни номинальная:	4 года, 150 циклов	6 года, 200 циклов	4 года, >120 циклов
Рабочая глубина погружения:	Программируема я до 2000 метров	Программируема я до 2000 метров	Программируема я до 3000 метров
Частота дискретизации:	24 Hz	24 Hz	24 Hz

Температура:	Интервал -5°C до 35°C, Точность $\pm 0.001^\circ\text{C}$ Уход 0.002°C / в год (Sea-Bird electronics)	Интервал -5°C до 35°C, Точность $\pm 0.002^\circ\text{C}$ Уход 0.002°C / в год. (Sea-Bird electronics)	Интервал -2°C до 35°C, Точность $\pm 0.001^\circ\text{C}$ Уход 0.002°C / в год. (The Tsurumi-Seiki)
Давление:	Интервал 0 2000/3000/6000/10,000/15,000 psia Точность $\pm 0,015\%$ Разрешимость 0,1 м. Стабильность 0,02% в год (Sea-Bird electronics)	Интервал 0 2000/3000/6000/10,000/15,000 psia Точность $\pm 0,015\%$ Разрешимость 0,1 м. Стабильность 0,02% в год (Sea-Bird electronics)	Интервал 0 до 1000 psia, Точность $\pm 0,25\%$ Разрешимость 0,1 м. Стабильность 0,1% в месяц (The Tsurumi-Seiki)
Проводимость:	Точность ± 0.0003 S/m Разрешимость 0,0001 S/m . Стабильность 0.02% (Sea-Bird electronics)	Точность ± 0.0003 S/m Разрешимость 0,0001 S/m . Стабильность 0.02% (Sea-Bird electronics)	Точность $\pm 0,001$ S/m Разрешимость 0,0001 S/m . Стабильность 0,0003 S/m в месяц (The Tsurumi-Seiki)

5. Информационные ресурсы глобальных систем наблюдений

GOOS создают информационные ресурсы, поэтому эффективность этих дорогостоящих систем определяется степенью востребованности создаваемой ими информации. В этой части статьи мы познакомимся с информационными ресурсами ARGO и Jason 1/2.

Система коммуникаций глобальных систем наблюдения

Оперативная доступность информации для широкого круга пользователей один из важнейших показателей эффективности глобальных

систем. Здесь дадим обзор информационных технологий, применяемых в глобальных системах наблюдения.

Глобальная телекоммуникационная система GTS

Глобальные системы сбора данных интегрированы в сеть передачи метеорологических данных GTS (Global Telecommunication System). GTS представляет собой сеть центров метеорологической телесвязи, соединённых каналами наземной и спутниковых связи. Сеть организована иерархически:

- главная сеть телесвязи (MTN);
- региональные сети метеорологической телесвязи (RMTN);
- национальные метеорологические телекоммуникационные сети (NMTN).

Соединения между узлами сети могут быть установлены как по схеме точка-точка, так и по многоточечной схеме. В этой сети используется формат данных TESAC.

Internet технологии

Кроме специализированных сетей в GOOS широко используются интернет-технологии. Каждая GOOS имеет сайты, через которые осуществляется доступ к данным широкого круга пользователей. Технология доступа к данным осуществляется через различные сервисы, для пересылки данных используются FTP сервера.

На серверах данные хранятся как в текстовом формате, так и двоичном NetCDF(Network Common Data Form) формате. Формат NetCDF был специально разработан фирмой US National Space Science Data Center для научных данных. Он обеспечивает кроссплатформенность, то есть, информация читается одинаковым образом на всех машинах и операционных системах. Существует две формы NetCDF - 32 битный и 64 битный. 64 битный формат создан для поддержки файлов размером более 2Гб. Данные содержат заголовок, который описывает структуру массива данных, а также метаданные в виде атрибутов имя / значение. Существует множество

продуктов, обеспечивающих просмотр NetCDF формата, например, таких как ncBrowser, NCO, Excel.

Информационные ресурсы Jason 1/2

Информационные центры CNES и NOAA, обслуживающие Jason 1/2, получают от спутников данные трех типов: телеметрия (level0), инженерные данные от датчиков (level1) и геофизические данные (level2). Данные спутниковой альтиметрии на серверах наземной станции хранятся в виде баз данных, в виде файлов полей аномалий высот морской поверхности и уровней моря на регулярной сетке. Информационные ресурсы доступны пользователям через интернет.

Обработка данных в информационных центрах заключается в:

- гомогенизации информации;
- редактировании данных;
- коррекции ошибок орбиты, проверке на непротиворечивость;
- поиске аномалий;
- оперативной обработке и интерпретации данных;
- оперативном доведении этой информации до потребителей.

Информационная система Jason 1/2 работает в трех режимах:

OGDR передает оперативные геофизические данные, которые не прошли полной вариации. В обработке данных используются расчетные параметры орбиты. Эти данные доступны с задержкой в 3-5 часов.

IGDR - не полностью подтвержденные данные. В расчетах используются предварительные данные параметров орбиты и предварительные геофизические поправки. Данные доступны с задержкой в 2 дня.

GDR - данные являются полностью подтвержденными, В расчетах использованы точные параметры орбиты и всевозможные геофизические поправки. Данные доступны с задержкой в 60 дней.

Информационные ресурсы ARGO

Распределенная информационная система ARGO, как мы уже знаем, имеет десятки разнесенных в пространстве центров обработки данных и тысячи пользователей. В системе все операции обработки данных стандартизированы: разработаны протоколы обмена, процедуры обработки и тестирования первичной информации и т.д.. Единообразная обработка данных по утверждённым требованиям позволила достичь высокого качества предоставляемой пользователям информации. Функциональные схемы работы национальных и региональных центров данных представлены на рисунке 5.1.

Информационные ресурсы ARGO доступны пользователям через глобальные центры данных (рисунок 3.2). Степень доступности информации зависит от страны и группы, к которой относится пользователь. Для ученых данные доступны с разрешения ответственного за них PI (principal investigator).

Информационная система ARGO работает в двух режимах: в режиме близкому к реальному времени, и в режиме отложенного времени.

Режим, близкий к реальному времени, обеспечивает доступ к данным в течение 24 через сеть GTS. В этом случае данные проходят только формальный контроль. Для улучшения качества данных в американском центре DACS проводится дополнительный визуальный контроль профилей, но это исключение. Процедура обработки данных в режиме, близком к реальному времени, гарантирует только то, что данные свободны от грубых ошибок.

Данные, предоставляемые в отложенном режиме, подвергаются детальной проверке экспертами. В проверку входит операция сравнения данных, полученных с буев ARGO, с данными из более надежных источников, например, таких как судовые CTD. Процесс верификации может затянуться до пяти месяцев.

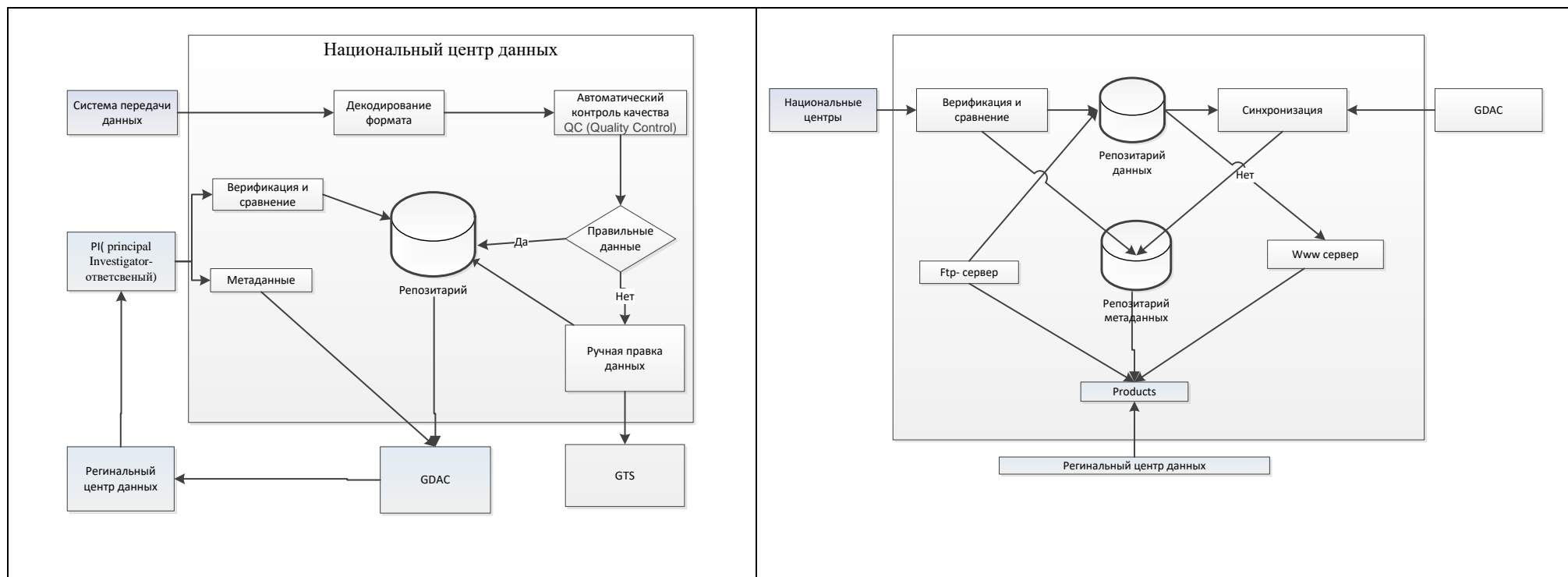


Рисунок 5.1 Примерная функциональная схема национального регионального центра данных ARGO

В результате тестирования и верифицирования определяется качество данных. Шкала качества состоит из пяти пунктов:

0. проверка не выполнялась;
1. качество хорошее;
2. качество вероятно хорошее (подразумевает некоторую неопределенность);
3. качество плохое, но может быть использовано;
4. качество плохое и неподдающееся восстановлению.

6. Глобальные системы наблюдения и задача расчета акустики полей

Проанализируем, как информационные ресурсы ARGO и Jason 1/2 могут быть использованы при решении задач расчета гидроакустических полей. Практика требует уметь производить расчет полей как в режиме реального времени, так и в режиме отложенного времени. Например, инженерные расчёты могут производиться десятками часов, а расчеты для задач гидролокации необходимо производить в доли секунды.

В том и в другом случае модели расчета полей требуют знания геофизических параметров волновода (таблица 5.1).

Таблица 5.1 Параметры волновода

Верхнее полупространство		Водная среда	Дно
Свободное водное пространство	Лед		
<ul style="list-style-type: none"> • высота волн • форма волн 	<ul style="list-style-type: none"> • коэффициент отражения • коэффициенты рассеивания • твердость, • шероховатость, • плотность 	<ul style="list-style-type: none"> • скорость продольная на разных глубинах • затухание продольное • плотность • движение (вихри) 	<ul style="list-style-type: none"> • Тип дна (эластичный, отражающий и т.д.) • скорость продольная • скорость поперечная

	<ul style="list-style-type: none"> • скорость продольная • скорость поперечная • затухание продольное затухание поперечное 	<ul style="list-style-type: none"> • наличие биологических объектов (планктон и т.д) 	<ul style="list-style-type: none"> • затухание подпольное • затухание поперечное • рельеф дна
--	--	---	--

Точность расчетов для реального времени зависит от точности описания волновода здесь и сейчас. Для инженерных расчетов часто бывает необходимо большая выборка реальных описаний волноводов для заданных районов Океана в разные промежутки времени. В обоих случаях информационные ресурсы глобальных систем полезны, но не решают проблему полностью. Укажем некоторые проблемы, с которыми сталкиваются пользователи информационных ресурсов ARGO и Jason 1/2.

Препятствием к использованию информации ARGO служат:

- нерегулярное распространение точек измерения в пространстве;
- не равномерное во времени снятие данных с буев;
- данные имеют разную степень достоверности;
- недостаточная оперативность получения данных.

Эти проблемы до некоторой степени могут быть решены при помощи соответствующей обработки данных, так для этих целей успешно используются методы:

- интерполяции и аппроксимации на нерегулярной сетке, с использованием базы полиномов;
- ассимиляции данных, позволяющей свести задачу интерполяции к решению специально поставленных краевых задач.

Наличие большой истории данных позволяет разрабатывать новые методы прогноза состояния канала, что особенно важно для задач реального времени.

Информационные ресурсы Jason 1/2 для задач реального времени так же не обладают достаточной оперативностью, и, опять же, наличие большой истории позволяет делать прогнозы с большой степенью достоверности.

Информация с Jason 1/2 позволяет учитывать в моделях течения, и циркуляции, что не делается в современных расчетах полей.

Заключение.

1. В настоящее время идет процесс формирования технологии глобального наблюдения за Землей. В этом процессе можно принять участие как потребитель информационных ресурсов и как разработчик, участвуя в международных проектах. Необходимо активное участие Российских организаций в этих процессах.
2. Россия - член ООН и ЮНЕСКО и имеет право участвовать в формировании стратегических концепций систем глобального наблюдения за Землей. Необходимо, чтобы концепции учитывали потребности гидроакустических исследований.
3. Необходимо развитие методов прогнозирования, экстраполяции интерполяции, учитывающие особенности и возможности информационного обеспечения решения гидроакустических задач.
4. Необходимы модели гидроакустических процессов учитывающие возможности технологии глобального наблюдения за Землей

Литература

1. Лаврова О. Ю., Костяной А. Г., Лебедев С. А., Митягина М. И., Гинзбург А. И., Шеремет Н. А. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. М., ИКИ РАН, 2011. — 480 с. ISBN 978-5-9903101-1-7
2. М.Ю. Захаров, Е.А.Лупян, А.А. Мазуров, Р.Р. Назиров, А.А. Прошин, Е.В. Флитман/ Система автоматического приема и архивирования спутниковых данных. М.: ИКИ РАН. Препринт. Пр-1988. 1998. 19 с.
3. Захаров М.Ю., Лупян Е.А., Мазуров А.А. Программа обработки данных прибора AVHRR спутников серии NOAA для персональных компьютеров Исследование Земли из космоса. 1993. N4. С. 62-68

4. Н.Б. Захарова, С.А. Лебедев Интерполяция оперативных данных буев ARGO для ассимиляции данных в модели циркуляции Мирового океана. //Современные проблемы зондирования Земли из космоса 2010 Т.7 N 4
5. Караваев Д.М., Шукин Г.Г., Применение методов СВЧ-радиометрии для диагноза содержания жидкокапельной влаги в облаках. -Труды НИЦ ДЗА, "Прикладная метеорология", 2004. вып.5 (553), с 99-120.
6. «Технология ведения интернет - портала и АРМов комплексного информационного обеспечения ЕСИМО», Общее описание технологии, Обнинск, 2006.
7. «Технические спецификации интерфейсов пользователей ЕСИМО», ВНИИГМИ-МЦД, 2006, 28 с.
8. «Технология по ведению базы данных проекта АРГО», Общее описание технологии, версия 2.0.1, ДВНИГМИ, Владивосток, 2008.
9. «Технология по ведению базы данных проекта АРГО», Описание информационной базы версия 2.0.1, ДВНИГМИ, Владивосток, 2008.
10. «Технология по ведению базы данных проекта АРГО», Руководство пользователя версия 0.1, ДВНИГМИ, Владивосток, 2008.
11. В. Караев, М.Каневский, Г.Баландина, Е.Мешков, П.Челленор, М.Срокосз, К. Гомменджинджер. Новые средства дистанционной диагностики океана: радиолокатор СВЧ-диапазона с ножевой диаграммой направленности антенны, Исследование Земли и Космоса, 2004, N 2, 41-52
12. Петров А.А. , Свистун З.П., Карнович И.А. Некоторые вопросы, оценки точности полиномиальной интерполяции метеорологических полей. Тр. ГМЦ СССР, 1975, вып.160, с.83-91.
13. ARGO USER'S MANUAL Version 3.02 July 18th 2013
14. MANUAL SSALTO/DUACS
15. ARGO USER'S MANUAL Version 3.02 July 18th 2013
16. New Developments in Approximation Theory: 2nd International Dortmund Meeting

17. Olaf Boebel, Howard Freeland, Brian King... On The Design and Implementation of Argo A Global Array of Profiling Floats