



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Метеомониторинг водной поверхности»

Исполнитель Хромушкин Егор Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

доктор физико-математических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)

Кузнецов Анатолий Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество)

« » мая 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

Содержание	
Введение.....	4
1. Общая характеристика мониторинга водной поверхности	6
1.1 Изменение гидрофизических свойств океана	6
1.2 Автономные станции с поверхностным буём.....	14
2 Особенности и характеристики океанографических буюв.....	21
2.1 Дрифтеры	21
2.2 Волновые буи	22
2.3 Заякоренные буи	24
2.4 Профилирующие буи Арго	26
3 Метеомониторинг водной поверхности	29
3.1 Общая характеристика исследуемых АМС.....	29
3.2 Статистика ветра и волн по данным буйковых измерений	32
3.2 Статистика параметров температуры поверхности воды и воздуха	34
Заключение	42
Список использованных источников.....	44

Введение

Универсальность является отличительной чертой буюв для мониторинга окружающей среды, и именно этот широкий спектр приложений делает эти инструменты очень полезными для пользователей. Буйковые станции мониторинга окружающей среды просты в использовании и надежно обеспечивают высококачественные данные.

Буи для мониторинга окружающей среды предлагают пользователям множество преимуществ. Они надежны, просты в использовании, хорошо работают и предоставляют высокоточные данные. Они также достаточно прочны, чтобы противостоять бурному морю, сильному ветру и сильным штормам, несмотря на то, что они легкие и их легко транспортировать. Тем не менее, одним из самых больших преимуществ буюв для мониторинга окружающей среды является их удивительная универсальность для мониторинга различных компонентов окружающей среды, включая погоду, качество воды, волны и течения, качество воздуха и многое другое.

Буи для сбора данных об окружающей среде, используемые для наблюдения за погодой, обычно измеряют некоторые или все следующие параметры: температура воздуха; атмосферное давление и его тенденцию; течения; проходящая радиация и относительная влажность (относительно причалов); осадки; соленость и температура поверхности и подповерхностного слоя моря; высота волны, период и их диапазон; направление и скорость ветра; и другие биогеохимические характеристики, такие как флуоресценция, O_2 , CO_2 . Телекоммуникационные или телеметрические системы для этих буюв почти всегда позволяют получать всю эту информацию в режиме реального времени.

Данные о погоде с буюв для мониторинга окружающей среды также могут улучшить прогнозы экстремальных погодных явлений, таких как

циклоны и ураганы, поскольку буи могут дрейфовать в «горячие точки», где возникают штормы. Аналогичным образом, данные об океанских течениях и приземном ветре с метеорологических буюв могут помочь обеспечить безопасность путешественников и рабочих в море. Кроме того, данные о температуре поверхности моря могут помочь рыбным хозяйствам контролировать деятельность и предотвращать потери.

Особое внимание уделяется вопросам, связанным с потоком оперативной информации с мониторинговой платформы к конечному пользователю данной информации. С одной стороны, эти информационные системы считаются совместными для рассматриваемых дальше различных типов исследований. С иной стороны, на сегодняшний день у нас идёт переход на новую информационную систему ВМО, предусматривающую динамичное развитие метеомониторинговых и систем прогнозирования состояния находящейся вокруг окружающей среды. Эти условия нужно принимать во внимание при будущих разработках приложений нового мониторинга водной поверхности.

Это и объясняет актуальность выбранной нами темы исследования.

Предмет: Метеомониторинг водной поверхности.

Объект: метеорологические буи

Цель исследования: изучить особенности нового метеомониторинга водной поверхности.

Указанная цель предполагает решение следующих задач:

1. Изучить изменчивость гидрофизических характеристик океана;
2. Выявить особенности и характеристики океанографических буюв;
3. Рассмотреть автономные станции с поверхностным буюв;
4. Обозначить технические средства для проведения метеомониторинга;
5. Провести сравнительную характеристику буюковых АМС.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы.

1. Общая характеристика мониторинга водной поверхности

1.1 Изменение гидрофизических свойств океана

Проблема мониторинга и прогнозирования поверхности воды осложняется совместной задачей. Многообразие процессов, происходящих в большинстве случаев одновременно с их обычным пространственным и временным масштабом. На рис. 1.1. Перечислены основные процессы океана, схематически представлены характерные для них диапазоны пространственно-временных изменений. Схема наглядно демонстрирует, что для изучения эволюции данных океана нужно принимать во внимание трудную связь взаимодействия разнообразных процессов, делая упор на необходимую наблюдательную информацию. Чем более широкий спектр масштабов (по времени и по пространству) допускает наблюдательная система с нужным диапазоном измерений, тем эффективнее она.

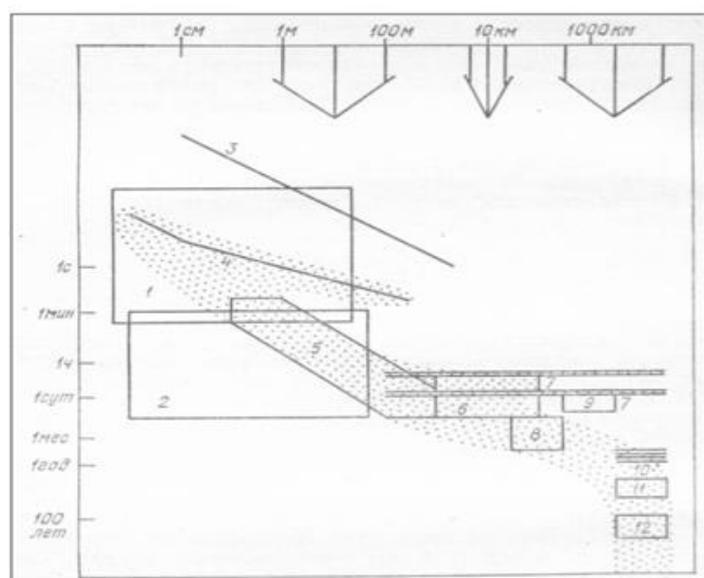


Рисунок 1.1 – Характерные пространственно-временные масштабы основных физических процессов, определяющих изменчивость характеристик океана

Соответствие цифр на рисунке 1.1:

1 – мелкомасштабная турбулентность; 2 – вертикальная микроструктура; 3 – акустические волны; 4 – капиллярные и гравитационные поверхностные волны; 5 – внутренние волны; 6 – инерционные колебания; 7 – приливные колебания; 8 – океанские вихри и волны Россби; 9 – атмосферные синоптические процессы; 10 – сезонные колебания; 11 – крупномасштабные океанические течения; 12 – стратификация океана. Стрелками на верхней оси указаны интервалы масштабов, в которых происходит приток кинетической энергии к океану. Заштрихованы области наиболее вероятных масштабов.

Наблюдаемые варианты термодинамических и гидрофизических параметров в океане можно поставить в соотношение процессам их формирующих в обычных пространственных диапазонах. Это позволяет определить требования наблюдательной системы в зависимости от физических механизмов, которые должны быть изучены, смоделированы и спрогнозированы. Аналогичная классификация, развитая А.С. Мониним и широко распространённая, приводится в работе. В таблице 1.1 представлены основные положения данной классификации.

Таблица 1.1

Основные океанские процессы и свойственные им характерные масштабы пространственно-временной изменчивости.

Диапазон (тип) изменчивости	Физические процессы	Пространственные масштабы	Временные масштабы
Мелкомасштабная изменчивость	Квазиизотропная мелкомасштабная турбулентность	1 мм – 1 м	10^{-3} с – 10^2 с
	Вертикальная слоистая микроструктура	1 мм – 10 м	10 мин – 10 час
	Акустические волны	1 см – 100 м	10^{-5} с – 1 с
	Капиллярные и гравитационные поверхностные волны	1 мм – 10 см 10 см – 100 м	10^{-2} с – 10^{-1} с 1 с – 100 с
Мезомасштабная изменчивость	Внутренние волны	1 м – 1 км	10 с – 10 час
	Инерционные колебания	1 км – 10 км	10 час – 1 сут
	Приливы на шельфе	1 км – 10 км	10 час – 1 сут
Синоптическая изменчивость	Синоптические вихри	1 км – 100 км	10 сут – 100 сут
	Волны Россби	10 км – 500 км	10 сут – 100 сут
Глобальная изменчивость	Сезонные колебания	10^3 км – 10^4 км	1 год
	Главные течения океана	10^3 км – 10^4 км	1 год – 10 лет
	Стратификация океана	10^2 км – 10^4 км	10 лет – 100 лет

Наименование “синоптические”, происходит из атмосферных вихрей - циклонов и антициклонов. Образование таких вихрей возникает из-за бароклинной неустойчивости крупномасштабных течений (процесс изменения потенциальной энергии в кинетическую энергию). Коэффициент $R1$ в океане похож на зональный и характеризуется убыванием значений от тропиков к возвышенным широтам приблизительно от 200 до 10 км.

Вихри имеют максимумы кинетических энергий. На рисунке 1.2 видно, что представлены средние диапазоны течений, полученных на различных глубинах с использованием данных на 19 буйковых станциях. Измерения велись в юго-западной части Саргассова моря с июля 1977 г. по сентябрь 1978 г., то есть были обусловлены сезонностью. Производились измерения течений на четырёх горизонтах, каждое с дискретностью в 10 мин. В диапазоне для каждого горизонта имеется узкий пик с периодом 12,5 ч и 24 ч. Но огромная доля энергии приходится на диапазон синоптических смещений дня и ночи (от 30 - 170 суток) с максимумами на периодах в пределах 60 суток.

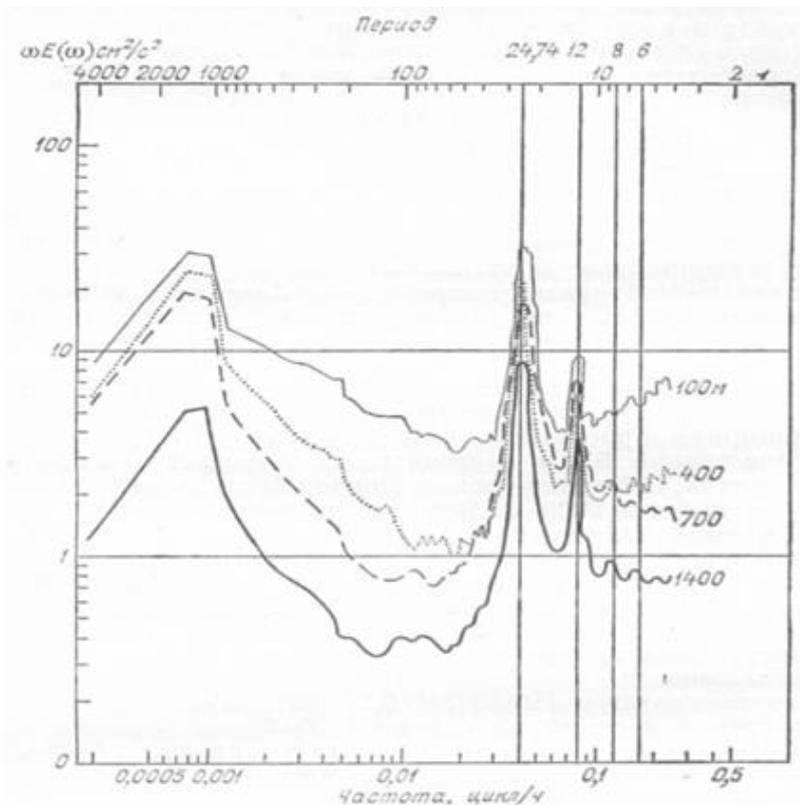


Рисунок 1.2 – Средние частотные спектры кинетической энергии течений на горизонтах 100, 400, 700 и 1400 м

Общая неустойчивость океана связана в первую очередь с крупными течениями и синоптическими вихрями. Описывая эти взаимосвязанные процессы движения в масштабах радиуса Россби или выше, принято считать общей циркуляцией океана. Таким образом, гидродинамическая модель, описывающая эволюцию океана в данных масштабах, называется (МОЦО - моделью), моделью общей циркуляции океана (МОЦО), аналогичной модели общей циркуляции атмосферы.

Информационная система ВМО

Прежде чем рассматривать конкретные системы наблюдения, следует обратиться к основным процедурам и технологиям распространения оперативной информации. С одной стороны, эти информационные технологии очень общие для рассматриваемых далее различных типов исследований. С иной стороны, сейчас происходит трансформация в новую информационную

систему ВМО, которая учитывает развитие мониторинговых и прогнозных систем. Об это необходимо помнить при будущих разработках приложений для оперативного океанического анализа.

По сути, организация и технология сбора оперативной информации о океане встраивалась в созданные ранее и уже благополучно работающие системы метеорологии, в значительной степени повторяя их. Обобщенная структура потока оперативной информации имеет два элемента. От наблюдательной площадки в океане данные измерений можно получить различными методами (радиосвязью, коммуникационными ИСЗ, по интернету и др.). Информация поступает в центры обработки и приёма данных. В большинстве случаев это центры национальной метеорологической службы или специальные центры, которые имеют иной статус. Здесь информацию объединяют и имеют возможность осуществлять высококачественный контроль данных. На следующей стадии эти данные переводятся в особые формы кодов и в ГСТ - Глобальную систему телесвязи. Данная система разработана для обеспечения основных функций связи Всемирной погодной службы ВМО. Открытый доступ к информации, передаваемой по каналам ГСТ, имеют лишь только соответствующие центры государственных метеослужб.

Данные оперативного исследования в ГСТ распространяются в особых форматах, которые называются кодовыми формами. Сведения о международных кодах, действующих сейчас и связанных с передачей данных оперативного океанографического наблюдения, представлены в Таблице 1. 2.

Процедурами ГСТ предусмотрено распространение, а также прогностическая продукция, которая выпускается большими метеорологическими центрами, как правило, представляет собой комплект отрегулированных цифровых кодов. Для этого также предусмотрены специальные формы кодов: архивный код FM 47-IX Ext. GRID и новый двоичный код FM 92-XIExt. GRIB с битовой упаковкой данных. Во времена, когда не было интернета, канал ГСТ был единственным каналом, который

распространял оперативную наблюдательную и прогностическую информацию между центрами ВМО.

Таблица 1.2

Международные кодовые формы обмена данными метеомониторинга водных наблюдений

Кодовая форма	Назначение	Наблюдательные платформы (измерительные приборы)
FM 13–XI Ext. SHIP	Сводка наблюдений на морской станции	Морские суда, заякоренные буи
FM 18–XII BUOY	Сводка измерений с буев	Дрейфующие буи, заякоренные буи
FM 62–XIII Ext. TRACKOB	Сводка попутных наблюдений за поверхностью моря	Специально оборудованные суда
FM 63–XI Ext. BATHY	Сводка профильных измерений температуры воды	Заякоренные буи, обрывные зонды ХВТ
FM 64–XI Ext. TESAC	Сводка измерений температуры, солености и течений на глубинах	Заякоренные буи, буи Арго, CTD-зонды
FM 65–XI Ext. WAVEOB	Сводка спектральных характеристик волнения	Волновые буи
FM 94–XI Ext. BUFR	Универсальный бинарный код для гидрометеорологических данных	Все типы океанографических измерений

В общем объёме данных, в частности контактных, хоть и внедряются свежие наблюдательные системы, их доля остается сравнительно мала. Спутниковые системы оперируют куда большими объёмами информации. Впрочем, практически всегда данный материал обрабатывается спец центрами, которые нередко не координируются напрямую с ВМО, а по каналам ГСТ распространяется лишь только небольшая доля данных в коде FM85-88.

Иначе дело обстоит с неизменной прогностической информацией. В настоящее время имеющая место быть тенденция, вероятно, сохранится и в будущем. Она заключается в неизменном повышении пространственных разрешений количественных моделей и от них напрямую зависит качество прогнозов погоды. Таким образом, прогрессивная массовая гидродинамическая модель атмосферы в самых удачных среднесрочных системах мониторинга оперирует уже с горизонтальным разрешением в пределах 10 км. Не так давно такое разрешение имели лишь только

региональные модели, предназначенные для прогноза метеорологического вещества в определённой зоне. Уже сотнями гигабайт измеряется суммарная порция полных прогностических данных для такой глобальной системы.

Эта обстановка, в большей форме, присуща и моделям океана. Пространственный размах весомых энергетических перемещений океана значительно меньше атмосферных на коэффициент радиуса Россби, который охарактеризовывает обычную величину синоптического возмущения. Это значит, собственно, что горизонтальное расстояние глобальной модели океанов должно быть не менее нескольких километров, чтобы очевидно описывать подобные возмущения. В информационных системах это, как и в случае с метеорологическими, значит, что требуется существенное увеличение объёмов прогностической информации.

На рис. 1.3 представлены схема передачи данных о наблюдениях и продуктах наблюдений, а также их распространении в режиме регулярной основы, а также в режиме предложенного. В режиме “запрос – ответ” пунктирные линии. Не все линии на представленном изображении означают выделенные физические каналы связи ГСТ, также предполагают иные возможности коммуникации в Интернете, спутниковой связи и т.д. На функционирующую и развиваемую ГСТ в новой системе закладываются функции передачи информации повышенной оперативности (наблюдения, опасные явления, штормовые предупреждения и т.п.).

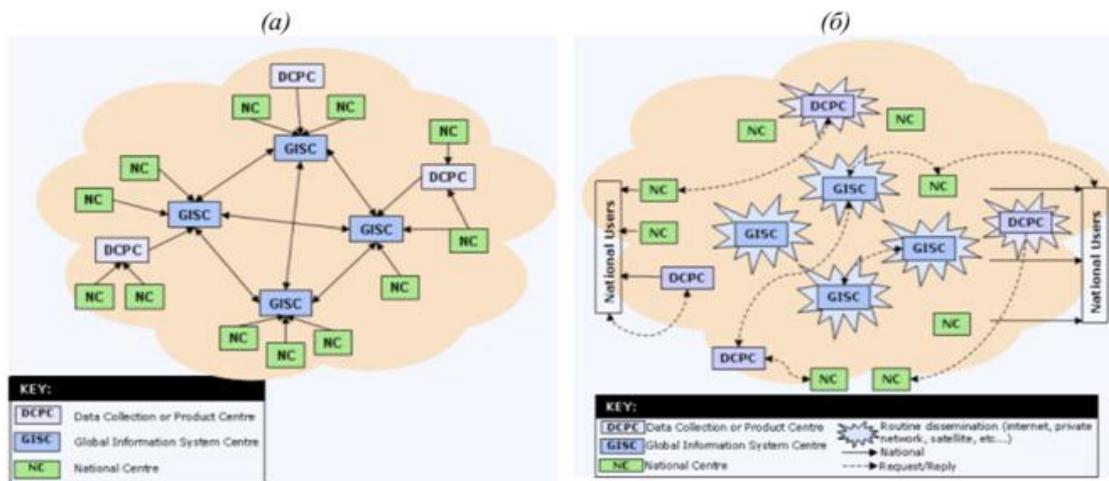


Рисунок 1.3 – Схема потоков данных в новой информационной системе ВМО:
(а) – режим сбора данных, (б) – распространение данных.

Необходимость в новых подходах к метеорологическому мониторингу поверхности водной среды связана с растущим развитием океанических и атмосферных исследований, включая мониторинг и прогноз состояния атмосферы. В результате этого развития возрастает число национальных проектов, имеющих информационные базы с многочисленными источниками наблюдений и однотипной информации.

Другой пример, уже относящийся к океанологическому, это связано с системой измерений толщины океана на основе профилирующих буёв Арго. Кроме GST, данные о оперативном наблюдении предоставлены двумя центрами глобального сбора Арго, а также рядом региональных центров. В частности, в спутниках набор данных еще разнообразнее, состоит из проектов исследований, миссий спутников, измерителей, величин, и так далее.

С 2020 года внедрение новой информационной системы ВМО идет на постепенном этапе и пока ещё не совсем понятно, в какой мере и в каком случае будут достигнуты поставленные цели, и появиться возможность использования в полном объёме её единых технологий. Сейчас, при разработке приложений для оперативного метеорологического мониторинга поверхности

водной среды, необходимо ориентироваться на использование различных источников данных, а также на прогностическую метеорологическую информацию.

1.2 Автономные станции с поверхностным буём

АБС и поверхностный буй отличаются простыми конструкциями и невысокой стоимостью. Однако этот вид наблюдений обладает недостатками, связанным с собственным движением буя в якоре под влиянием волнения, ветра и приближенным, по необходимости, расчетом нагрузки на элементы буя.

Существенно затрудняет его применение необходимость достаточно точного предварительного расчета длины буйрепа и связанная с этим точная привязка к району постановки. Такие станции сложно устанавливать в районах со значительным уклоном дна, так как задача попадания якоря-груза на нужную глубину становится очень трудной и неопределенной, даже при условии проведения тщательных промерных работ.

Кроме того, точный расчет длины и набор буйрепа для АБС с поверхностным буюм часто вообще невозможен, поскольку заранее трудно оценить возможные силу и характер течений, ветровых и волновых особенностей в месте постановки. Поэтому такие станции подвержены повышенному риску потери из-за обрыва буйрепов, подвергающихся непрерывному воздействию динамических переменных нагрузок.

Нередки случаи дрейфа станций по дну в районах с сильными течениями и ветрами. Приборы на них испытывают постоянные вертикальные и горизонтальные перемещения такой интенсивности, что нередко случаи выхода приборов из строя. Учет воздействия собственных движений буя на измерители течений представляет собой отдельную сложно решаемую задачу, что во многом снижает качество получаемых данных.

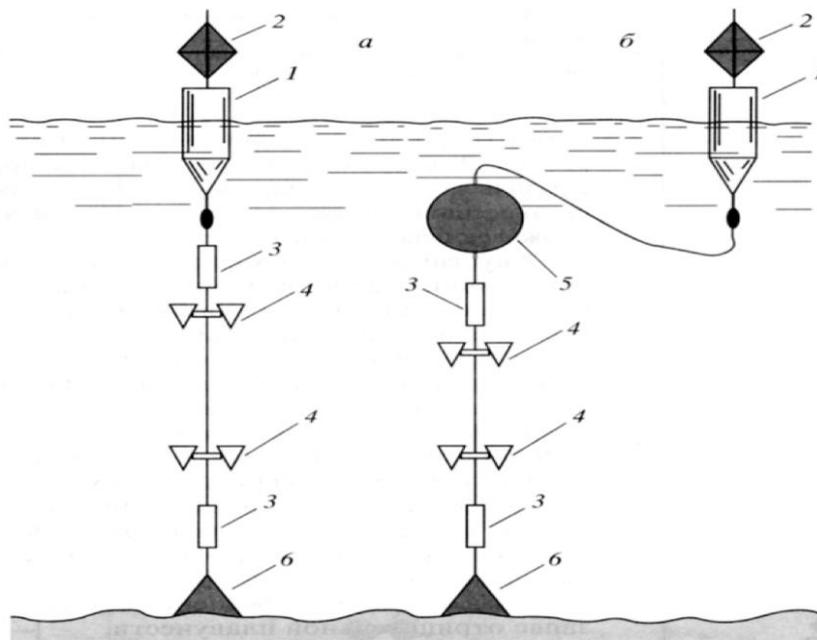


Рисунок 1.4 – Примеры автономных буйковых станций

(а) с поверхностным буюм, (б) с несущим притопленным и маркировочным поверхностным буюм

Несмотря на большой опыт постановок АБС с поверхностными буюми в самых разных условиях и районах Мирового океана, накопленный отечественными океанологами, в современной практике их чаще всего используют на сравнительно небольших и средних глубинах. В качестве буйрепа предпочтительно применение металлических тросов, а для снижения вертикальных и горизонтальных нагрузок на буйреп рекомендуется применять вертикальные цилиндрические буйи увеличенных размеров. Хорошим компромиссом между простотой конструкции АБС с поверхностным буюм и необходимостью уменьшения влияния отмеченных недостатков является применение смешанной конструкции, при которой подводное оборудование поддерживается в толще воды притопленными плавучестями, а на поверхности располагается простой маркировочный буй со средствами обнаружения (рис. 1.5).

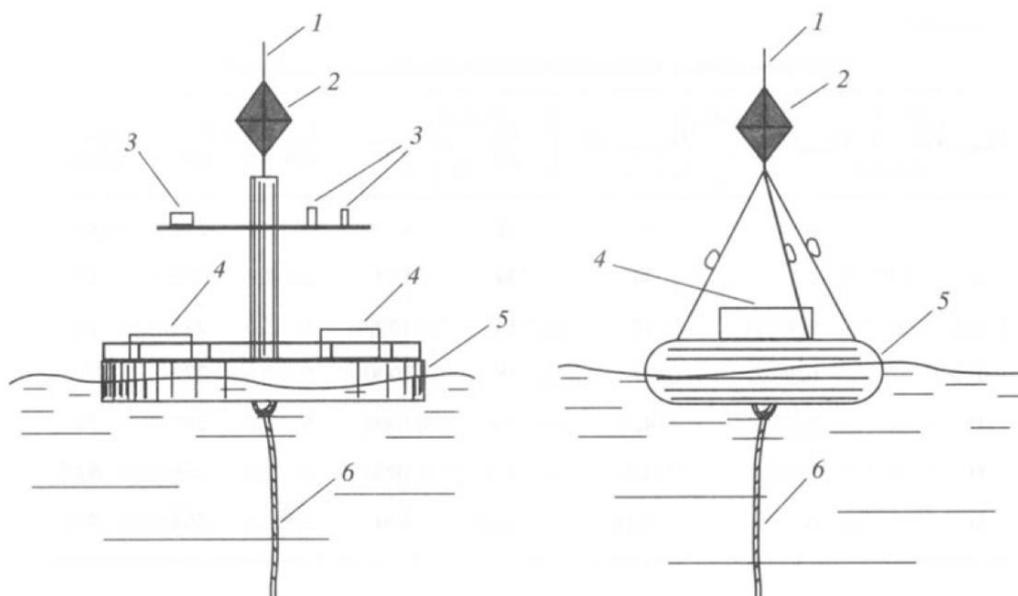


Рисунок 1.5 – Типы поверхностных буюв, следующих изменениям формы водной поверхности

Поверхностные плавучести (буи). Обычно, применяются пустотелые емкости из различных материалов – стали, алюминия или стеклопластика. Металлические корпуса, особенно алюминиевые, обязательно должны иметь специальное антикоррозионное покрытие. Наибольшей долговечностью обладают стеклопластиковые емкости, однако они достаточно дороги. [2]

Конструктивно и по назначению различают два вида поверхностных буюв.

Первый тип (рис.1.5) предназначен для станций, у которых на самом буюе расположены различные метеорологические и океанологические приборы, предназначенные для исследования гидрофизических параметров в приповерхностном слое океана и атмосферы. Такие буи должны обладать хорошей плавучестью и устойчивостью с тем, чтобы следовать всем изменениям формы водной поверхности, возникающим в процессе эксплуатации АБС, без опрокидывания при ветровых нагрузках или вследствие

обледенения. Такие буи испытывают интенсивную бортовую качку и заметные вертикальные перемещения.

Второй тип – это буи, имеющие форму удлиненного вертикального цилиндра, для уменьшения гидродинамического сопротивления, часто имеющего сужение к нижнему концу. Снизу буй обычно подгружается противовесом. Такая конструкция в значительно меньшей степени подвержена вертикальным перемещениям, и, следовательно, требования к прочности используемых тросов можно уменьшить.

Основное оборудование стандартной автономной буйковой станции с поверхностным буюм (без перечня датчиков) приведено в таблице 1.3.

Установленная в море автономная буйковая станция, кроме собственного веса, подвержена влиянию ветра, волн и течений, которые создают гидродинамическую и механическую нагрузку на её составляющие. Перед постановкой автономной буйковой станции необходимо приближенно рассчитать эти нагрузки, чтобы сделать станцию способной выдержать их действие.

Таблица 1.3

Основное оборудование стандартной автономной буйковой станции с
поверхностным буюм

Поддерживающий буй с мачтой, грузоподъемностью 2300 кг, шт	1
Угловой отражатель, шт	1
Герметический сигнальный светильник с герметическим источником тока, шт	1
Отрезки цепи диаметром звена 11-11.5 мм, длиной 1 м, шт	2-3
Шарикоподшипниковые вертлюги для нагрузки от 2 до 5 т, шт	3-6
Набор тросов диаметром от 6 до 11 мм, м	6 000-10 000
Набор коушей, шт	20
Якоря адмиралтейские массой 200 кг, шт	2
Якоря донные сегментные массой 50-100 кг, шт	5
Кронштейны для крепления приборов к тросу, шт	до 15
Канат манильский диаметром 50 мм, м	50
Буй опознавательный, шт	1
Набор такелажных скоб для нагрузки от 1 до 5т, шт	20
Стопоры для троса, шт	2

1.3 Технические средства для проведения метеомониторинга

Системы с притопленным несущем буюм дают возможность получать более высококачественную информацию, поскольку они не подвержены конкретному влиянию ветра и поверхностного волнения, в итоге данные АБС обладают большей надежностью.

Недостатки:

1. Невозможность измерения верхнего, деятельного слоя океана, который находится выше притопленного бую.
2. Невозможность метеорологического наблюдения.
3. Длина станции буйрепа, а также определяемая этим глубина бую, рассчитываются в определенной глубине океана. Но фактически глубина места

установки АБС, в особенности при пересечении рельефа и дрейфа судна отличается от установленной, что приводит к изменению глубины углубления буя, а значит к смещению горизонта наблюдения.

4. Увеличение аэро и гидродинамического давления на поверхностный буй приводит к увеличению осаждения буя и натяжению буйрепа, что не изменяет углы отклонений буйрепа от вертикали или горизонта размещения прибора. Увеличение гидродинамического давления на притопленные буи, обладающие постоянной плавучей силой, компенсируется натяжением троса при больших отклонениях угла от вертикали, что позволяет значительно изменить глубину нахождения прибора (до 100 м).

Последние годы широко распространены в океанологии дрейфовые буй-дрифтеры, которые используются для исследования процессов, происходящих в поверхностных слоях океана, а также в атмосфере. Передача данных о расположении и гидрометеопоказателях осуществляется через радиоканал на берег или ИСЗ. Дрифтеры можно сбрасывать в океан с корабля или самолета, вертолётном, позволяя проводить исследование в недоступных местах.

Буй-лаборатории. Для научно-исследовательской и поисковой работы, особенно для выполнения «тонких» экспериментов по океанологии и исследования высокочувствительных измерительных гидрофизических аппаратов, создано множество обитаемых, автономных буйёв - лабораторий. Эти приборы могут быть использованы в широком спектре, на них можно разместить целый измерительный комплекс, который позволяет долго находиться в определённом районе.

Стационарные и передвижные платформы для океанологических исследований. Для исключения «паразитного» воздействия в океане, нашли применение стационарные и переносные, включая полупогруженные, платформы, которые могут быть установлены на большой глубине. Особенно широко используются эти платформы для изучения мелких процессов океана и

длительного непрерывного гидрофизического, гидрометеорологического исследования на значительной удалённости от моря.

Подводные аппараты. Сейчас в мире существует большое количество различных подводных аппаратов. Они разные по конструкции, предназначены, в основном, для решения конкретных задач по рыболовству, геологии моря, кладке труб в дно, бурению и т.д. В настоящее время не существует точно установленного и общепринятого классификатора подводных аппаратов, но их условно можно разделить следующим образом:

- обитаемые (с человеком на борту) и необитаемые или автоматы с дистанционным управлением;
- привязные (поддерживаемые тросом гидростаты, батисферы), беспоплавковые (поддерживаемые плавучестью прочного корпуса), поплавковые- батискафы, донные- передвигающиеся по дну;
- транспортируемые (доставляемые судном в район исследований и буксируемые на тросе), автономные (доставляемые судном и самостоятельно перемещающиеся после спуска на воду), полностью автономные.

Неконтактный технический инструмент для океанологического исследования. В последние годы огромное значение для исследования мирового океана уделяется неконтактным средствам, применение которых предполагает получение данных, излучаемых или отражаемых объектами океана электромагнитными излучениями в широком спектре волн. При этом неконтактная измерительная аппаратура (т.е. аппаратура, не имеющая непосредственного контакта с исследуемой средой) может быть установлена не только на борту НИС, но и, чаще всего, на борту как авиационных, так и космических носителей.

2 Особенности и характеристики океанографических буюв

На данный момент действуют четыре основные наблюдательные подсистемы данного типа, их информация поступает оперативно. Системы регулярного измерения данных в океане имеют постоянную связь со спутниками. Сначала наблюдения осуществлялись на береговой станции и кораблях, а затем как платформы для наблюдений за поверхностью океана, использовались дрейфующие буйи и заякоренные.

2.1 Дрифтеры

В эпоху, когда 2-3-тонные буйи, живущие от 10 до 15 лет, собирают миллионы наблюдений каждый день, гораздо меньший по размеру и недолговечный дрейфующий буй, или «дрифтер», может показаться лишним инструментом. Каждый дрифтер имеет длину менее 22 футов, весит не более 100 фунтов и живет в среднем всего 450 дней.

Незначительные сами по себе, но их количество численностью около 1000 штук патрулирует Мировой океан и записывает ключевые данные для мониторинга климата и исследований. Поскольку дрифтеры обеспечивают достоверное представление о течениях, они прекрасно сочетаются со спутниковыми наблюдениями для изучения проблем в климатическом масштабе. Обслуживаются они Глобальной программой дрифтеров NOAA.

Каждый дрифтер состоит из надводного бую и подводного плавучего тела, скреплённых длинным тонким тросом. На бую находятся термометр, датчики давления, аккумуляторы и прочая электроника. Тормозом служит якорь, цилиндр из четырех-семи секций с большим отверстием в центре каждой секции, придающим ему вид дырявого носка.

Отверстия помогают сгладить движение дрейфтера по воде так же, как ямочки на мяче для гольфа ускоряют его полет по воздуху. Дрейфтеры оставляют после себя более спокойный след, это означает меньшее сопротивление дрейфтера, поэтому его скорость и направление лучше соответствуют реальным течениям. Помимо течений, дрейфтеры измеряют температуру, соленость, атмосферное давление, а также скорость и направление приповерхностного ветра.

Дрейфтеры предоставляют важные данные о температуре поверхности моря и океанских течениях, используемые в климатических моделях. Их наблюдения особенно полезны для отслеживания воздействия Эль-Ниньо и Ла-Ниньо на глобальные океанские течения. Время от времени NOAA запускает дрейфтеры перед ураганами, чтобы улучшить прогнозы и исследовать, как океан и атмосфера взаимодействуют во время шторма и вокруг него.

2.2 Волновые буи

Волновые буи используются для измерения состояния поверхности океана, в первую очередь высоты волн. Используя акселерометры и внутренние гироскопические системы, эти волновые буи собирают дополнительную и важную информацию, включая направление волны. Измерения этих параметров волнения в режиме реального времени играют важную роль в разработке и проверке моделей волнения, калибровке и проверке новых спутниковых приборов, и анализе волнового климата.

Технология измерения основана на том, чтобы отслеживать движения поверхностных поплавков корпуса буя и пересчитывать их в традиционные характеристики поверхностной гравитационной волны. На первых буях акселерометр измерял только вертикальное смещение поверхности, как правило, 20 мин, с дискретностью 0,5 с., по которой "бортовой" компьютер рассчитывал одномерный спектр волновых движений. На буях нового

поколения уже измеряются трёхмерные колебания и расчёты двумерной частоты.

Внедрение радиосвязи при сборе данных с волновых буёв вытесняется всё больше применением коммуникационных аппаратов (Iridium, Argos, Orbcomm). Обычно данные спектра с буёв поступают ежедневно и дальше в оперативной форме распространяются по ГСТ каналам. Для этого существуют специальные коды ВМО (FM65-XIExt.WAVEOBI), предусматривающие передачу и одномерного, и двухмерного волнового спектра.

Биообрастание является одним из основных факторов, влияющих на масштаб финансовых затрат. Скопление микроорганизмов, растений, водорослей или животных на влажных поверхностях может значительно снизить точность информации, производимой волновыми буями и другим оборудованием, находящимся в океане. В процессе очистки поврежденных буев могут участвовать водолазы или просто доставлять буи на судно для полной очистки и обслуживания перед повторным развертыванием. Обе процедуры включают несколько часов работы, выполняемой несколькими сотрудниками.

Нередко буи, расположенные в районах с предсказуемо неблагоприятной погодой, выносятся на сушу в определенные периоды года. Это сделано для того, чтобы уменьшить вероятность потерь, когда тросы рвутся под воздействием сильного ветра и волн. Тем не менее, буи нередко исчезают во время шторма.

Помимо естественного воздействия, вмешательство человека также может сыграть неприятную роль в обслуживании буев. Косяки рыб, как правило, собираются вокруг буев, поэтому рыбаки часто бросают якорь у них. Все эти явления увеличивают износ оборудования. На территориях, где существует угроза цунами, большую роль в поднятии тревоги играют буи. Несмотря на это, буи часто оказываются сломанными. Фактически, в конце 2018 года в Индонезии произошло сильное землетрясение, вызвавшее цунами.

Представитель Индонезийского агентства погоды, климата и геофизики сообщил, что с 2012 года все 22 буй для предупреждения цунами были сломаны.

2.3 Заякоренные буи

Учёные и инженеры-океанологи часто используют заякоренные инструменты или буи. Заякоренный буй состоит из длинного троса или троса с якорем на одном конце, поплавком на другом и инструментами, прикрепленными к тросу между ними или к поплавку на поверхности. Это позволяет исследователям измерять такие свойства, как скорость воды, солёность и температура в нескольких местах и в течение длительных периодов времени. Они также позволяют ученым исследовать сложные взаимодействия между океаном и атмосферой, которые трудно отслеживать со спутников.

Якорь удерживает швартовку на одном месте, а поплавок держится вертикально в толще воды. Поплавок может качаться на поверхности, и в этом случае это буй, или под поверхностью, чтобы оставаться неподвижным и не мешать судам. Надводные буи могут содержать метеорологические приборы, такие как датчики дождя, солнца и ветра. Они также могут содержать коммуникационное оборудование, которое позволяет учёным отслеживать информацию с приборов, находящихся далеко от земли, в режиме реального времени.

На буйках обычно измеряется комплекс метеорологических параметров. К тому же ряды приборов, установленные на нескольких горизонтах, позволяют измерять температуру воды, солёность и иногда скорость течения. В отличие от других подсистем заякоренные буи отличаются высокой частотой наблюдений, многие из них осуществляют ежечасные измерения. Кроме высочайшей частоты и стационарности поступления данных, к плюсам данной подсистемы

можно отнести и относительно высокую точность измерений большинства характеристик.

Сбор и распространение данных различаются для различных буёв, которые поддерживают разные операторы. В основном результаты измерения передаются через телекоммуникационные спутники Argos и Iridium с буёв на береговые центры, где проводится упрощённый контроль качества, а также внедряются в систему ГСТ, чтобы в дальнейшем распространить их. Эти данные циркулируют в ГСТ - каналах двух кодовых форм: FM-18 BUOY и FM-94 BUFR. Однако, второй код, постепенно вытесняет первый, что позволяет передать больше информации, включая важнейшие метаданные для измерительных приборов. Кроме того, большая часть данных передаётся соответствующим операторам в режиме реального времени.

Заякоренные буи очень сложны в разработке и развертывании. Кабели могут иметь длину более трех миль, а инструменты и поплавки должны выдерживать коррозию, мороз, давление до 10 000 фунтов на квадратный дюйм, сильные течения, бушующие волны и даже рыбу, которая принимает их за пищу.

Буи были развёрнуты по отдельности или в нескольких ключевых районах, таких как Гольфстрим. Они также были размещены в огромных массивах, чтобы покрыть большую часть океана инструментами. В 1970-х и 1980-х годах в нескольких крупных проектах по изучению океана использовались заякоренные инструменты для выявления основных систем течений, которые играют решающую роль в климатической системе Земли. Буи также обеспечивают непрерывные данные из труднодоступных мест о критических процессах, таких как движение цунами через океанские бассейны или взаимодействия воздуха и моря в центральной части Тихого океана, которые вызывают явления Эль-Ниньо и Ла-Ниньо.

2.4 Профилирующие буи Арго

Argo — это международная программа, которая собирает информацию из глубины океана с помощью роботизированных инструментов, которые дрейфуют вместе с океанскими течениями и перемещаются вверх и вниз между поверхностью и средним уровнем воды. Каждый инструмент (поплавок) практически всю свою жизнь проводит под поверхностью. Название Argo было выбрано потому, что массив поплавков работает в партнерстве со спутниками наблюдения за Землей Jason, которые измеряют форму поверхности океана.

Данные Арго в настоящее время являются наиболее распространенным источником подводной температуры, солёности и профилей давления в океане. Эти данные помогают ученым понять, как со временем меняется физическое состояние океана. Профили Deep Argo теперь доходят до дна океана, что поможет нам лучше понять потепление океана и движение воды по всему миру. Биогеохимические данные, поступающие с BGC Argo помогают учёным отслеживать и управлять ресурсами океана, углеродным циклом, закислением и цветом океана.

С 2016 года буи Argo измеряют тенденцию к потеплению на большой территории, охватывающей Исландский бассейн, Пиренейскую равнину и восточную часть бассейна острова Ньюфаундленда. Показано, что это потепление, резко прервавшее десятилетнее похолодание региона, явилось результатом сдвига циркуляции океана, усилившего проникновение на северо-восток теплых и солёных вод из западных субтропиков. Этот механизм был подтверждён экспериментами с трассерами на основе альтиметрии, а также алгоритмом машинного обучения, построенным на статистической неконтролируемой классификации профилей Арго.

Argo постоянно пытается улучшить качество своих данных и охват, а это означает, что необходимо решить некоторые технологические проблемы, чтобы

буи хорошо работали во всех частях мирового океана. Помните, что почти все поплавки сбрасываются в океан, а не извлекаются, поэтому поплавки должны быть прочными, долговечными и точными в иногда очень суровых морских условиях.

Цикл Argo по запуску включает в себя следующие стадии:

- погружение на глубину нижней границы слоя зондирования (обычно 2000 м);
- погружение (со скоростью ~ 10 см·с⁻¹) на заданную глубину свободного дрейфа буя, называемую также глубиной парковки
- нахождение на поверхности океана в течение нескольких часов для передачи данных измерений на спутник;
- дрейф буя на глубине погружения в течение примерно 9 суток;
- всплытие (со скоростью ~ 10 см·с⁻¹) с одновременным измерением температуры и солености (электропроводности) воды, посредством STD
- зонда; подъём на поверхность океана для передачи данных. Помимо температуры и солености на некоторых буях производятся не столь массовые измерения гидрохимических и биохимических параметров.

Один из самых простых способов продлить срок службы поплавков — убедиться, что внутри поплавков достаточно заряда батареи, чтобы обеспечить их питание в течение многих лет. Когда в начале 2000-х появилась компания Argo, во всех поплавках использовались щелочные батареи, а целевой срок службы поплавков составлял от 3 до 5 лет. После мониторинга технических данных, присланных поплавками, стало ясно, что примерно через три года в щелочных батареях закончилась энергия. Было протестировано несколько альтернативных вариантов для повышения производительности батареи, и теперь большинство поплавков Argo питаются от литиевых или гибридных батарей. Эти батареи могут лучше справляться с более холодными условиями, а также справляться с большими требованиями по току, например, те, которые необходимы для запуска всплытия или спуска поплавка. Кроме того, к

некоторым типам поплавков, которые потребляют много энергии, например, поплавкам BGC, которые имеют от 4 до 6 дополнительных датчиков, было добавлено больше аккумуляторных батарей.

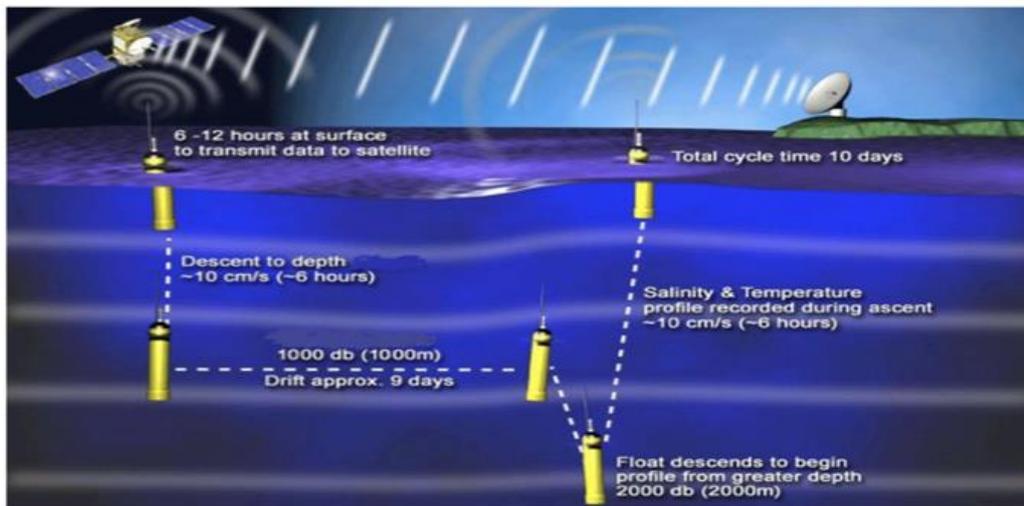


Рисунок 2.1 – Схема типового цикла работы буя Арго

В настоящее время связь улучшилась, и в большинстве поплавков используются передатчики Iridium, которые обладают высокой пропускной способностью и требуют, чтобы поплавок находился на поверхности всего 15–30 минут. Это значительно уменьшило количество поплавков, выброшенных на берег или потерянных из-за посадки на мель (застревание на дне из-за того, что глубина дна меньше 2000 м). Еще одно преимущество высокоскоростной связи заключается в том, что можно отправить гораздо больше данных, что позволяет использовать профили с более высоким разрешением. Кроме того, операторы поплавков могут отправлять поплавкам инструкции по изменению параметров их миссии, что помогает избежать опасностей или получить информацию о предстоящих погодных явлениях. Однако высокоскоростные системы связи не обеспечивают точное определение местоположения, поэтому на буях теперь установлены устройства GPS, которые получают более точные координаты.

3 Метеомониторинг водной поверхности

3.1 Общая характеристика исследуемых АМС

На настоящее время существует множество сайтов, приложений, которые предоставляют информацию с буйковых станций в разных регионах. Но для комфортного их использования в NDBC (Национальном центре буйковых данных) создали интерактивную карту, расположенную на их официальном сайте[13], которая показывает точные координаты морских станций (рис. 3.1). Чтобы получить необходимую информацию, достаточно нажать на нужную станцию. После нажатия на станцию, там вы сможете найти данные о самой станции, о продолжительности срока наблюдений, текущую информацию и, по номеру станции, архивные данные для дальнейших научных исследований. [1]

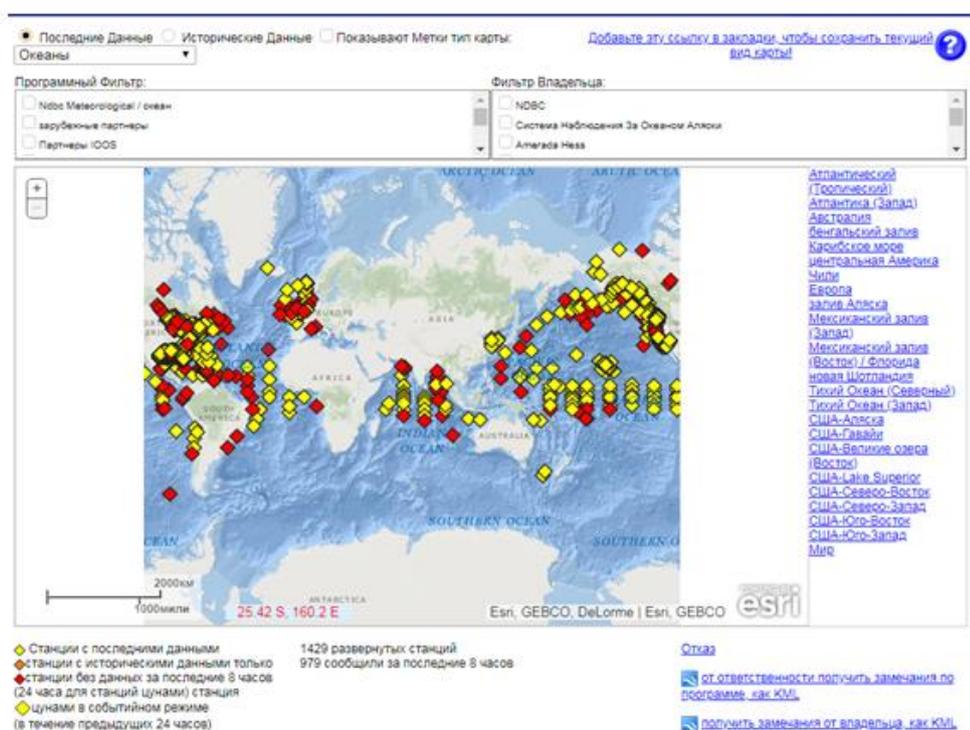


Рисунок 3.1 – Мировая интерактивная карта данных заякоренных АМС

У побережья Северной Америки расположено огромное количество метеобуёв. Для расчётов было выбрано 3 буя, в различных местах. Схема расположения выбранных буев показана на рисунке 3.2, а координаты этих буев приведены в таблице 3.1.

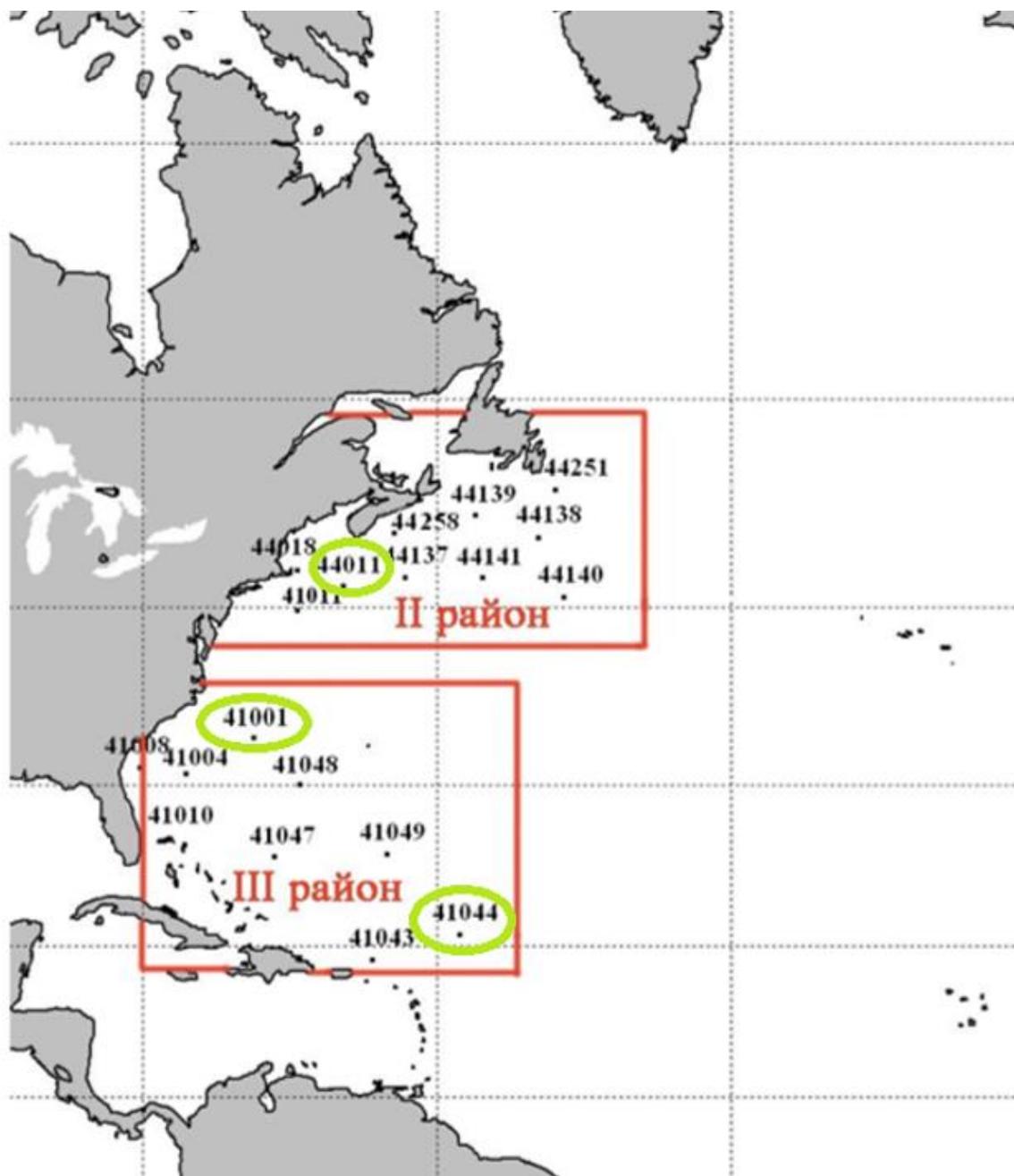


Рисунок 3.2 - Выбранные станции

Таблица 3.1

Координаты выбранных буев

Юго-западный сектор		
44011	41,11	-66,60
41001	34,56	-72,63
41044	21,06	-64,97

Примечание: Знак минус означает, что долгота западная

Было изучено 4 холодных периода года, использовались такие характеристики, как высота волн и ветер: 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 и 2020/2021 гг., включающие в себя месяцы с октября по март. Фрагмент базы данных для станции 41001 за 2019 год показан на рисунке 3.3.

#YY	MM	DD	hh	mm	WDIR	WSPD	GST	WVHT	DPD	APD	MWD	PRES	ATMP	WTMP	DEWP	VIS	TIDE
#yr	mo	dy	hr	mn	degT	m/s	m/s	m	sec	sec	degT	hPa	degC	degC	degC	mi	ft
2019	5	1	18	40	76	0,1	1,2	99	99	99	999	1029	25,8	27,5	18,1	99	99
2019	5	1	18	50	57	0,1	0,8	99	99	99	999	1029	25,7	27,3	18,1	99	99
2019	5	1	19	0	65	0,1	1,2	99	99	99	999	1029	25,5	28,2	18,2	99	99
2019	5	1	19	10	69	0,1	0,7	99	99	99	999	1029	25,8	28,5	18,3	99	99
2019	5	1	19	20	64	0,1	1,3	99	99	99	999	1029	25,9	29	18,3	99	99
2019	5	1	19	30	52	0,2	1,8	99	99	99	999	1029	25,4	30	18,2	99	99
2019	5	1	19	40	59	0,1	1	0,66	11,4	8,16	149	1029	25,4	30,1	18,1	99	99
2019	5	1	19	50	60	0,1	0,9	99	99	99	999	1029	25,4	30,2	18,3	99	99
2019	5	1	20	0	81	0,1	0,8	99	99	99	999	1029	25,2	30,5	18,2	99	99
2019	5	1	20	10	75	0,1	0,8	99	99	99	999	1028	24,8	31,8	18,2	99	99
2019	5	1	20	20	90	0	0,7	99	99	99	999	1028	24,6	30,4	18,1	99	99
2019	5	1	20	30	86	0,1	0,6	99	99	99	999	1028	24,4	29,4	18,1	99	99
2019	5	1	20	40	115	0,1	0,8	0,62	10	8,29	142	1028	24,4	28,7	18,1	99	99
2019	5	1	20	50	128	0,1	0,9	99	99	99	999	1028	24,5	28,4	18,1	99	99

Рисунок 3.3 Фрагмент базы данных для станции 41001 за 2019 год

3.2 Статистика ветра и волн по данным буйковых измерений

Основными источниками информации стали данных ветре и волнах снятые автоматических заякоренных буюв, размещенных в акватории Северной Америки. Полученные данные собираются геостационарными метеорологическими спутниками, а сводки распространяются по ГСТ в международном коде SHIP (FM13-IX). Со временем координаты буюв незначительно меняются. Данные ветра и высоты волн были выбраны за четыре синоптических срока: 00, 06, 12 и 18 ч.

Посмотрим, как изменяются данные наблюдений о ветре и высоте волны в различных синоптических ситуациях. Анализ проводился по данным с октября по март во время периода активного волнообразования в области исследования. Зимой шторм может длиться до 200 часов и отличаться большим интенсивным характером. В условиях шторма волна может достигать высоты восьми и более метров. А такая высокая волна опасна для кораблей.

Наиболее наглядно изменчивость ветра и высоты волн можно посмотреть по графикам значений, измеренным буйковой станцией с дискретностью 3 часа. В период 15.01.2021 г. по 31.03.2021 г. временной ход параметров для бую 41044 (район Саргассова моря), продемонстрирован на рисунке 3.4.

Легко отметить, что данная информация имеет некую периодичность: смена штормов и «окон погоды». Продолжительность периодов не постоянна и колеблется от нескольких суток до месяца. Анализ корреляционных и спектральных функций свидетельствует о наличии периодов временного изменения 3–5 и 13–15 суток. Первая, пожалуй, объясняется прохождением барических образований (циклонов, ложбин и т.д.). Вторая соответствует наиболее вероятному периоду существования определенного типа циркуляции атмосферы.

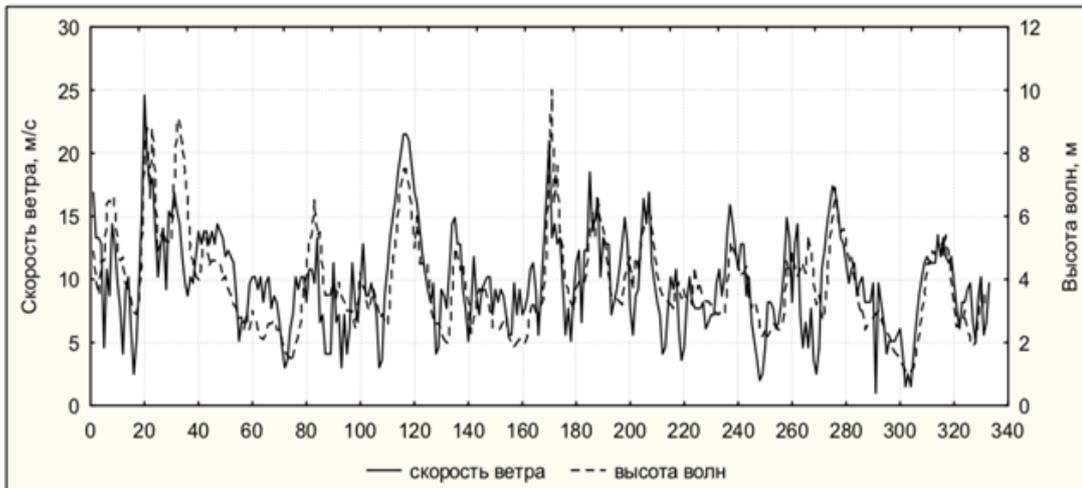


Рисунок 3.4 – Данные наблюдения скорости ветра и высоты волн с января по март 2021 года станция № 41044

Смена типа циркуляции влечёт за собой изменение погодных условий, рост или ослабление скорости ветра, а также, увеличение или уменьшение высоты волны. Вероятно, эти факторы определяют основную закономерность и особенность изменения высоты волн в синоптических масштабах.

Отметим, что изменение высоты волны тесно связано с изменчивостью ветра, что, вместе с тем, зависит особенностей атмосферных процессов.

По итогам мониторинга был произведён расчёт и анализ основных статистических характеристик изменения скорости ветра и высоты волн: Наряду с моментными характеристиками по временному ряду высот волн были определены максимальные и средние высоты волн, а также, средняя, непрерывная продолжительность штормов, и повторяемость высот волн выше заданных пороговых значений. Все расчеты были проведены в системе «STATISTICA» [5].

3.2 Статистика параметров температуры поверхности воды и воздуха

Далее рассмотрим сравнение параметров температуры поверхности воды и воздуха на примере данных станций №41044 и №44011. Для расчёта температур использованы данные за период с января по июнь 2013-2018 годов.

Сперва посмотрим, как по годам изменялась температура поверхности океана на станции 41044 (рис. 3.7) и температура воздуха (рис. 3.8).

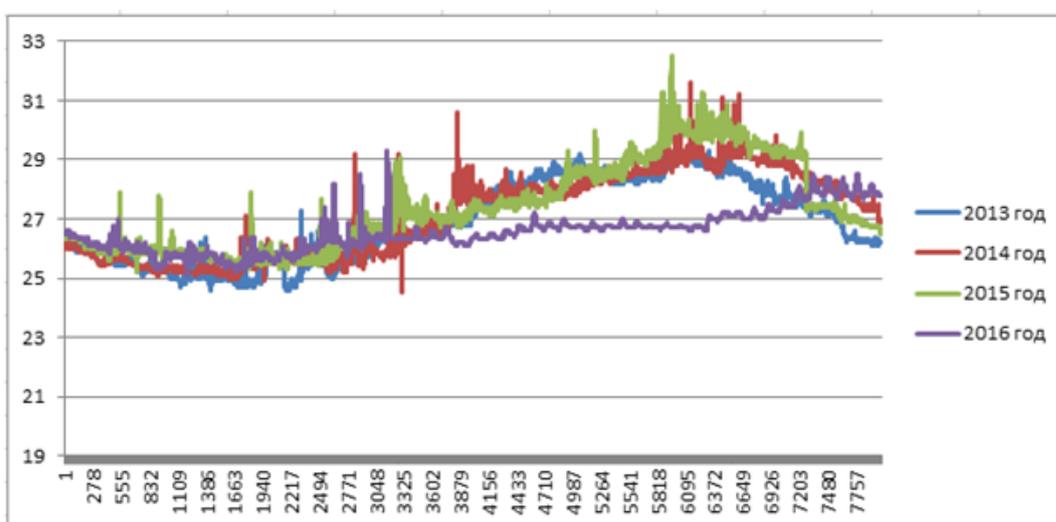


Рисунок 3.7 – Распределение температуры поверхности воды для станции №41044

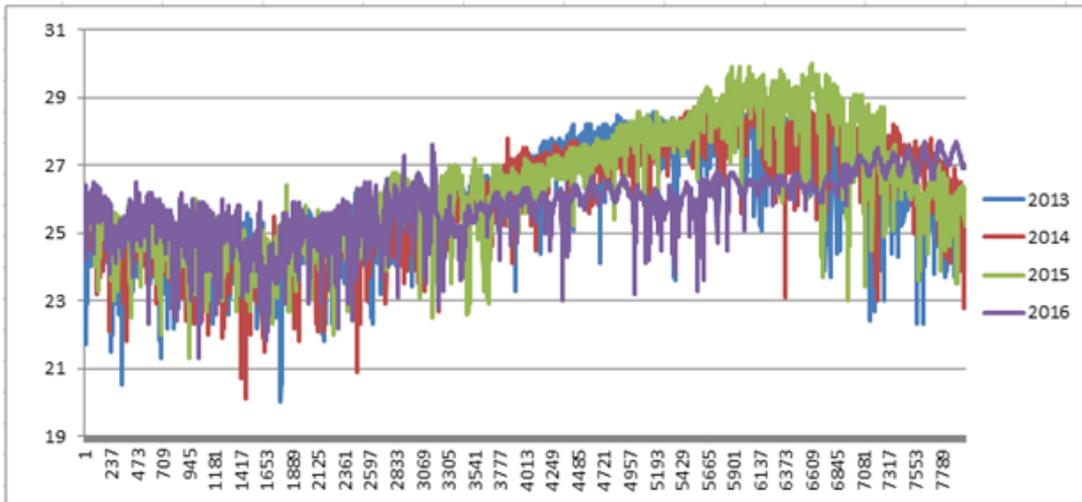


Рисунок 3.8 – Распределение температуры воздуха для станции №41044

Как видно из графиков период с 2013 по 2015 гг. температура поверхности и воздуха имела одинаковую тенденцию и отличия, в основном связанные с суточным ходом, имеются незначительные вариации. То 2016 г., особенно вторая половина рассматриваемого периода, кардинально отличается от предыдущих трех лет. Интересно, что именно в мае 2016 года, с 18 по 24 число, в районе установки буя наблюдалась плотная облачность и достаточно сильные грозы с осадками, кроме того район находился под влиянием залива холодного воздуха от циклона, сформировавшегося на северо-востоке.

Очевидно, что связь между значениями температур по годам тоже будет отличаться (рис. 3.9).

	2013	2014	2015	2016		2013	2014	2015	2016
2013	1				2013	1			
2014	0,92	1			2014	0,83	1		
2015	0,91	0,91	1		2015	0,81	0,84	1	
2016	0,55	0,67	0,56	1	2016	0,51	0,62	0,53	1

а)

б)

Рисунок 3.9 – Связь между температурными характеристиками для станции №41044 за период 2013-2016 гг

а) температур поверхности океана, б) температур воздуха

Было бы интересно проследить тенденцию изменения температур на станции за более поздний период, чтобы понять был ли 2016 год аномальным для района расположения буя или это изменение процесса.

Но тут возникли некоторые сложности:

- начиная с 2017 года, поменялась периодичность записи данных: с 1 часа в 2013-2016 гг до 10 минут;
- данные за период с 2018 по 2021 гг. на данном буе содержат большое количество временных разрывов, которые восстановить не представляется возможным.

Для сравнения можно использовать данные только за 2017 год (рис. 3.10).

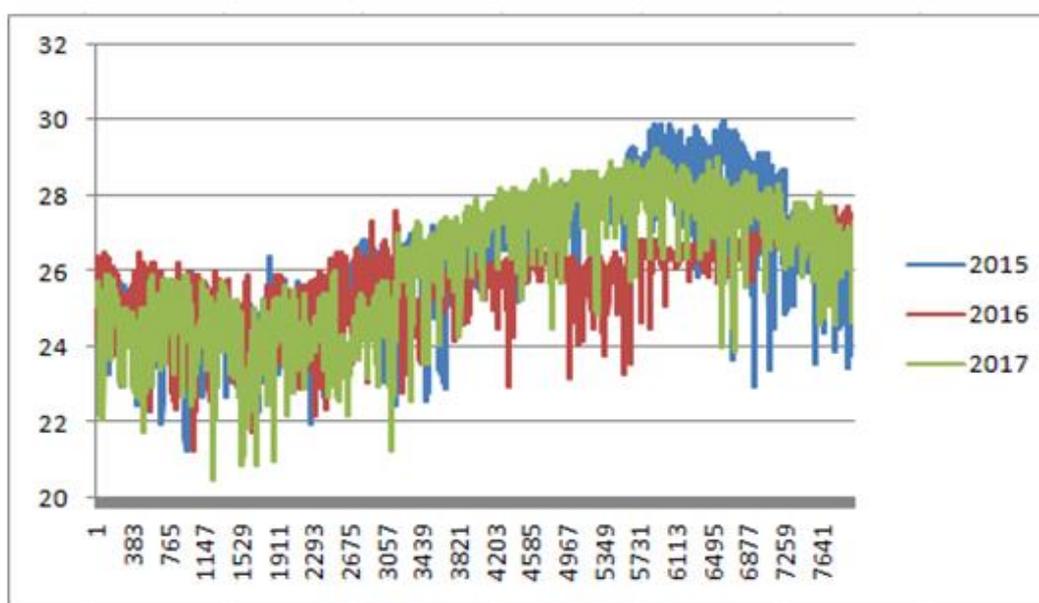


Рисунок 3.10 – Распределение температур воздуха для станции №41044

Очевидно, что показатели за 2016 год значительно ниже, чем за тот же период 2015 и 2017 гг.

Теперь посмотрим какова сила связи между годами (3.11). Заметно, что температура воздуха в 2016 году связана с предыдущим и последующими

годами достаточно слабо. Можно сделать вывод, что поведение температур в 2016 году было, скорее всего, исключением.

	2015	2016	2017
2015	1		
2016	0,53	1	
2017	0,80	0,58	1

Рисунок 3.11 – Связь между температурными параметрами за период с 2015 по 2017 гг. на станции №41044

Теперь на примере данных буя №41044 сравним характер связи температур воздуха и поверхности за 2015 год (рис. 3.12), как более теплый, и 2016 год (рис. 3.13), как более холодный.

Как видно из графиков, несмотря на разницу температур, выявленную выше, за каждый отдельно рассматриваемый год, температуры воды и воздуха связаны сильной зависимостью.

Степень связи в 2015 году ($r=0,92$), правда, несколько сильнее, чем в 2016 ($r=0,82$). Но обе связи можно назвать сильными и функциональными.

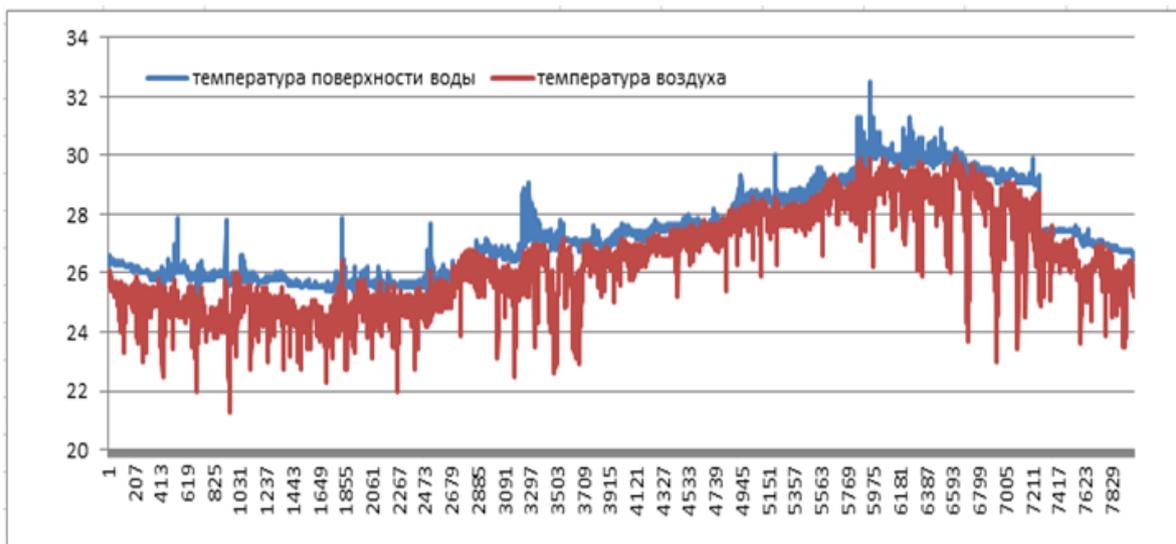


Рисунок 3.12 Ход температуры поверхности воды и воздуха для станции 41044 за 2015 год



Рисунок 3.13 Ход температуры поверхности воды и воздуха для станции 41044 за 2016 год



Рисунок 3.15 – Распределение температуры воздуха для станции №44011

3.3 Выводы

1. Анализируя результаты обработки мониторинговых данных о скорости ветра и высоте волн по данным буйковых станций за период с Января по Март, мы видим существенную неравномерность распределения данных по времени и по акватории в целом из-за различных физико - геофизических условий и климатической ситуации.

В зимних месяцах диапазон изменения высоты волны и скорость роста волн значительно выше, чем во всех других месяцах. Установлено, что средняя высота волны по годам незначительно менялась: в районе «II» от 2,8 до 3,2 м и районе «III» от 2,0 до 2,4 м. Максимальная за месяц высота волн в районе «II» составила 11,1 м и в районе «III» – 10,9 м.

2. Был выполнен анализ результатов обработки данных мониторинга температурных зависимостей для станции 41044 и 44011. Отмечено, что температурные параметры на каждой станции имеют тесную зависимость. Видно, что за исследуемый период температура поверхности воды была всегда выше температуры воздуха. Это связано с тем, что прогрев воды занимает

продолжительное количество времени, но затем вода дольше сохраняет тепло. Также немаловажным фактором следует учитывать течения, так как буй находится в районе Саргассова моря. Это море – район антициклонического круговорота вод в Атлантическом океане. То есть происходит постоянное перемешивание водных масс.

3. Температуры океана и воздуха на каждой станции довольно тесно по годам. Но надо сказать, что в 2016 году, начиная с мая месяца эта связь несколько ослабела в следствие циклонической деятельности. Однако тут нельзя исключать и влияния течения Гольфстрим.

4. Для выявления причин изменения температурных параметров на станциях и поиска возможных закономерностей необходимы непрерывные данные за большой временной период. К сожалению, на данный момент объем данных недостаточен.

Учитывая сложность проблемы, обработанные итоги не считаются окончательными и изучения в данном направлении будут продолжены.

Заключение

Одним из самых важных компонентов созданной наблюдательной сетки является поверхностный дрейфующий буй или дрифтер, предназначенный для мониторинга параметров поверхности воды. До недавних пор океанологи и гидрометеорологи использовали разные виды дрифтеров, так как метеорологические буи, расположенные на высокой мачте, имели большую парусность и не имели лагранжевых трассеров, а, следовательно, не могли быть использованы для исследования морских течений.

В работе мы изучили особенности новой техники наблюдения за состоянием водной среды, в том числе создание принципиально новейших зондов, позволяющих измерять скорость, температуру и солёность морских вод в широком масштабе пространства и времени, проводить полигонные эксперименты, позволяющие современным исследователям достичь качественного уровня познания процессов, определяющие состояние воды на нашей планете.

Подготовлены архивные данные об трёх буйковых станциях, находящихся в разных районах. Исследованы выбранные буйковые станции.

На основании полученных архивных данных проводился анализ изменений различных параметров метеорологической динамики, удельной влажности, атмосферного давления в местах установки буйков.

Проведены исследования изменений температуры воздуха, воды и воздуха над поверхностью, выявлены степени связи между ними.

Бурное развитие метеомониторинга дало возможность отслеживать погоду на океане в реальном времени, что сейчас делает настоящим среднесрочным прогноз её сезонного развития.

Конечно, в настоящее время степень достоверности данных по метеорологическим буям недостаточна, а периоды наблюдений, в основном,

пока невелики. Но в дальнейшем использование буйковых метеостанций будет доступнее.

Цель работы достигнута, задачи, поставленные в работе – решены.

Список использованных источников

1. Бабич С.В., Боков В.Н., Лопатухин Л.И. Вероятностный анализ и моделирование синоптической, сезонной и межгодовой изменчивости ветра и волнения // Вероятностный анализ и моделирование океанологических процессов. – М., 2008. - 345 с.
2. Берто Г.О. Океанографические буи. - Л.: Судостроение, стр.113-123. - 1979 с.
3. Бирман Б.А., Клен Л.А., Пармузина Т.А. Вероятность и продолжительность опасных для навигации скоростей ветра в Северной Атлантике. - М. – 2017. - 302 с.
4. Ветер и волны в океанах и морях. - Регистр СССР, стр.35. - Л.: Транспорт, 1974.
5. Давидан И.Н., Лопатухин Л.И., Рожков В.А. Ветровое волнение в Мировом океане. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 256 с.
6. К вопросу о пространственно-временной изменчивости высоты волн в Северной Атлантике Абузьяров З.К., Сиротов К.М., Сетт Л.С. // Труды Гидрометцентра СССР. – 1988. – Вып. 292. – 309 с.ё
7. Лопатухин Л.И., Заковряшин Ю.Д., Шатов Б.Н. Вероятностные характеристики штормов по натурным данным // Проблемы исследования и математического моделирования ветрового волнения. – СПб.: Гидрометеиздат, 2016. – 298 с.
8. Матушевский Г.В. Новый тип режимной функции распределения параметров ветровых волн // Метеорология и гидрология. – 1977. – No 3. – С. 66–72.
9. Режим, диагноз и прогноз ветрового волнения в океанах и морях / под ред. Е.С.Нестерова. – М., Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2021. – 295 с.
10. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеиздат, 1967. - 201 с.

11. Шехватов Б.И. Океанографические буи и буйковые лаборатории. Проблемы исследования и освоения Мирового океана. - Л.: Судостроение, стр.183-203, - 1979 с.

12. Информационная программа прибрежных данных (The Coastal Data Information Program (CDIP) [Электронный ресурс] <https://cdip.ucsd.edu/m/documents/intro.html>

13. Национальный Центр данных буйков [Электронный ресурс] <https://www.ndbc.noaa.gov/>

14. Организация предоставления приборов НТЦ Инфомар [Электронный ресурс] <http://infomarccompany.com/>

15. Гидрометцентр России [Электронный ресурс] <https://meteoinfo.ru>