



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

Кафедра морских информационных систем

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА

На тему: «Методика применения гидроакустических систем для построения
профиля дна и поиска затонувших объектов»

Исполнитель: Львов Андрей Николаевич

Руководитель: кандидат технических наук, доцент

Попов Николай Николаевич

«К защите допускаю»

и.а. заведующего кафедрой: _____

кандидат географических наук, доцент

Фомичева Анна Алексеевна

« » 2017 г.

Санкт-Петербург

2017

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профес-
сионального образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(РГГМУ)

Кафедра Морские информационные системы

Допущен к защите

Зав. кафедрой к.г.н.А. Фокичева

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА
«Методика применения гидроакустических систем для построения про-
филя дна и поиска затонувших объектов»

Выполнил: А.Н. Львов

Гр. КВ-Б13-1

Руководитель:

к.т.н. Н.Н. Попов

Санкт-Петербург

2017г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 АНАЛИЗ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ДНА И ПОИСКА ЗАТОНУВШИХ ОБЪЕКТОВ	5
Вывод.....	18
2 ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАБОТЫ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ	20
2.1 Анализ районов эксплуатации в Арктической зоне.....	20
2.2 Сравнение технических характеристик ГАС и отбор наиболее подходящих для работы в Арктической зоне.....	27
Вывод.....	41
3 РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ	42
Вывод.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

ВВЕДЕНИЕ

Все природные и антропогенные процессы, происходящие в океане, в прибрежных областях суши, в толще воды, в глубинах Земли отражаются в рельефе дна акваторий. Кроме того, антропогенные воздействия, такие как добыча полезных ископаемых, сброс сточных вод, строительство морских сооружений и т.д., имеющие место в придонном слое акваторий, так или иначе, определяют морфологию поверхности дна либо характер ее изменения во времени.

Наиболее эффективными средствами исследования морфологии дна акваторий и дистанционного мониторинга подводных объектов являются средства, реализующие метод гидролокации. Производительность таких систем достигает 15000 кв.км/сутки, ширина полосы обследуемой поверхности дна - 40км, размеры регистрируемых неоднородностей - от долей метра до нескольких километров. Рабочая глубина применения таких средств - от нескольких метров до максимальных глубин в океане.

Актуальность темы выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что на данный момент ведется активное освоение шельфа, связанной с разработкой природных ресурсов. Так на сайте рабочей группы «Развитие Арктики и Северного морского пути» говорится о том, что Шельф, которым владеет Россия, хранит до 25% запасов нефти и до 50% — всех разведанных запасов газа страны. Освоение шельфа несет с собой нарушение экологии, а за этим требуется тщательный мониторинг. Еще до освоения шельфа в СССР Арктическая зона использовалась как хранилище радиоактивных отходов. Начиная с 1959 года, Северный флот регулярно производил захоронения радиоактивных отходов в Баренцевом и Карском морях. Затапливались твердые и жидкие радиоактивные отходы, атомные реакторы, в том числе с невыгруженным топливом. Кроме того, в Баренцевом и Карском морях захоранивались РАО атомного ледокольного флота Мурманского Морского пароходства (ММП). Также в Северных морях постоянно проходят экспедиции по поиску судов и кораблей.

Объект исследования- гидроакустические системы для построения профиля дна и поиска затонувших объектов.

Предметом исследования является разработка практических рекомендаций использования гидроакустических систем для поиска затонувших объектов и профилирования дна в Арктической зоне.

Целью работы является разработка рекомендаций по выбору систем мониторинга дна и поиска затонувших объектов.

Задачи работы:

Анализ гидроакустических средств профилирования дна и поиска затонувших объектов;

Выбор технических средств для работы в Арктической зоне;

Разработка практических рекомендаций по применению систем мониторинга в Арктической зоне.

1 АНАЛИЗ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ДНА И ПОИСКА ЗАТОНУВШИХ ОБЪЕКТОВ

Для обследования, мониторинга морского дна используется множество разных гидроакустических средств (ГАС). Прежде чем начать рассматривать ГАС нужно выделить основные причины их применения. Как осуществляется поиск и мониторинг без ГАС. Данные операции непосредственно в воде будут осуществляться за счет видеотехники установленной на телеуправляемые необитаемые подводные аппараты(ТНПА), а также водолазами на небольших глубинах.

Проблемы, возникающая при данном обследовании дна – покрытие малой площади, возможности данных средств.

Вызвано это будет дальностью видимости видеотехники, а также человеческий фактор обусловленный физическими возможностями человека. Из этого следует большая продолжительность выполнения простых операций. Таким образом, применение ГАС для профилирования дна и поиска затонувших объектов позволит:

- сократить продолжительность работ;
- получить дополнительные возможности мониторинга;
- увеличить автономность;

Типы искомых подводных объектов могут быть разделены на четыре вида:

- точечные;
- линейные;
- площадные;
- комбинированные.

Точечными объектами являются объекты относительно небольшого размера, а также протяженные объекты, расположенные вертикально (мачты, опоры инженерных конструкций небольшого диаметра). Пример: затопленные бревна, строительный мусор (рис. 1.1). Точечные объекты представляют собой частный случай площадных объектов.

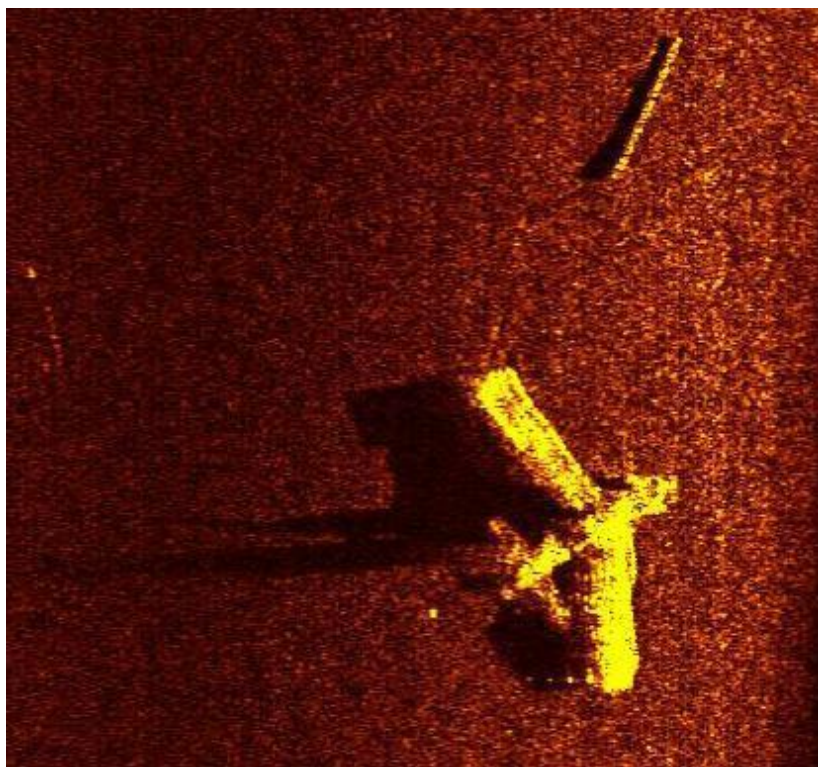


Рисунок 1.1 - Обломки самолета

Линейные объекты представляют собой линейно протяженные и расположенные горизонтально на поверхности дна объекты. Пример: трубопроводы, кабели и шлейфы (рис.1.2).

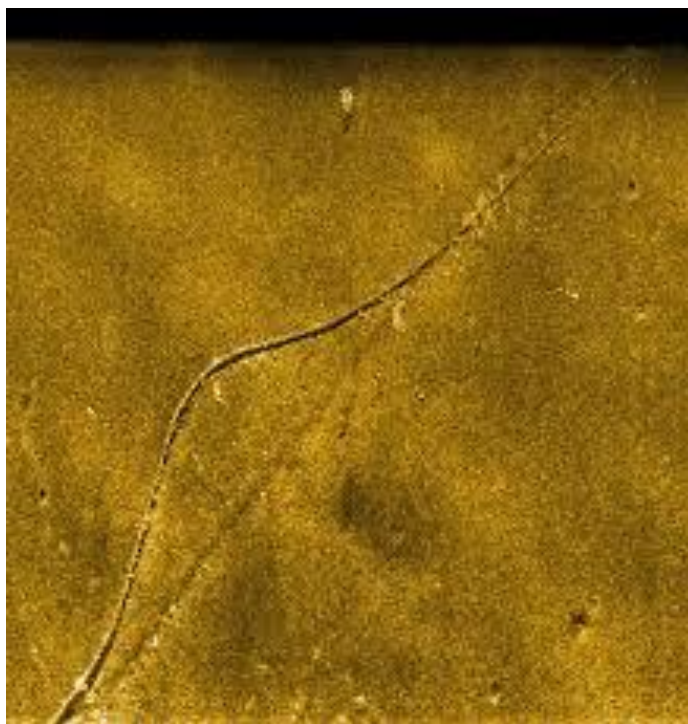


Рисунок 1.2 -Трубопровод

Площадные объекты представляют собой крупные суда, элементы техногенного рельефа и другие объекты, имеющие достаточно простые геометрические формы и обладающие большой площадью. Пример: затопленные баржи (рис. 1.3).

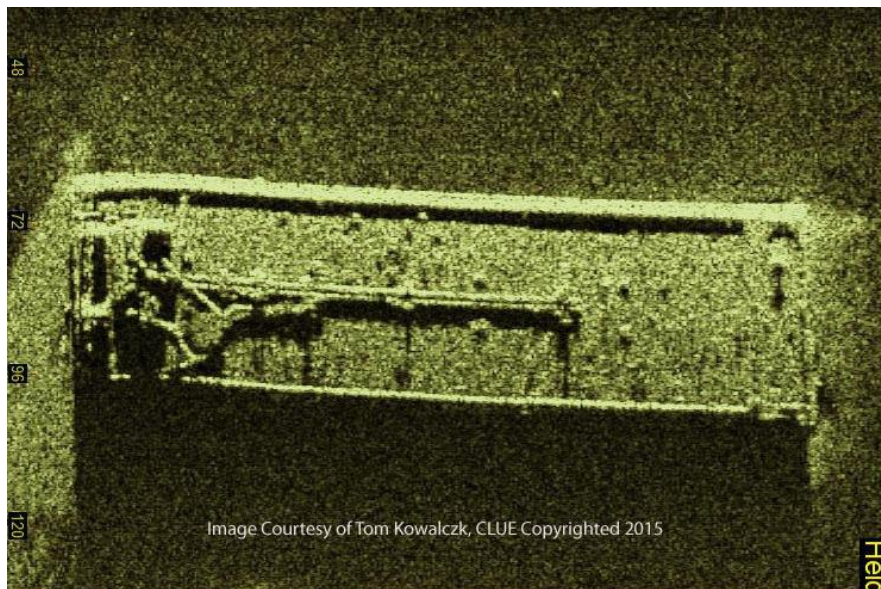


Рисунок 1.3 - Танкерная баржа

Комбинированные объекты представляют собой сложные объекты, которыми являются затопленные суда и подводные части различных инженерных подводных сооружений, являющихся комбинацией, всех рассмотренных ранее типов (рис.4). Пример: любые затопленные суда с множеством деталей.

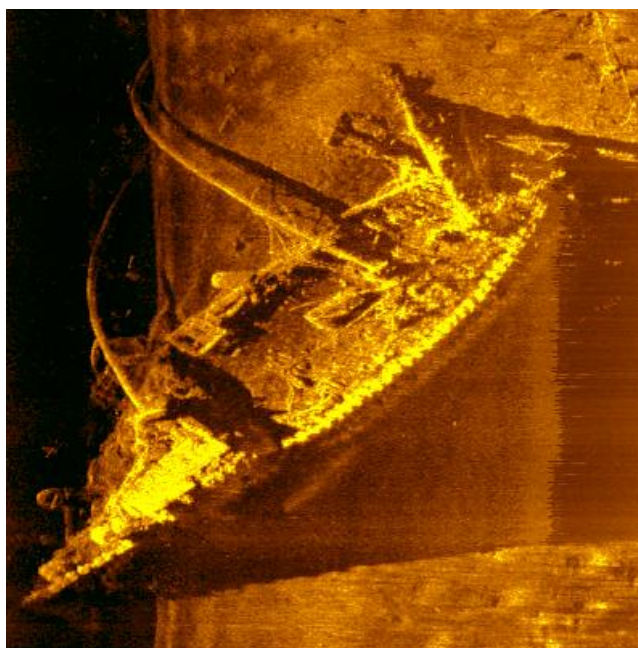


Рисунок 1.4 - Парусное судно

Для достижения целей работы рассмотрены **гидроакустические средства**, ориентированные на решение задач мониторинга дна и поиска затонувших объектов:

- Эхолот(Однолучевой, Многолучевой);
- Акустический профилограф;
- Гидролокатор бокового обзора;
- Сканирующий гидролокатор;

Эхолот. Первое и простейшее гидроакустическое средство, используемое при исследовании дна. Эхолот навигационный прибор для измерения глубин под килем корабля (судна). Принцип действия эхолота основан на измерении промежутка времени между посылкой прямого и приёмом отражённого от дна водоёма сигнала. Автоматическая запись глубин позволяет получать непрерывный профиль морского дна по курсу судна.

Условно эхолоты можно разделить на два типа: однолучевые, многолучевые. *Однолучевые эхолоты* считаются простейшими эхолотами. Принцип работы однолучевых эхолотов основан на том, что антенна эхолота излучает ультразвуковые импульсы в конусном луче и улавливает сигналы, отраженные от объектов и вернувшиеся на антенну. По измерениям времени между излучением импульса и возвращением отраженных сигналов определяются расстояния до обнаруженных объектов и глубина, как расстояния до ближайшей точки поверхности дна. Эхолот определяет только расстояния до обнаруженных объектов. Каждому излучаемому антенной импульсу соответствует один вертикальный столбец экрана. Обнаруженные при очередном импульсе объекты изображаются в виде штрихов в правом масштабированном столбце экрана. Затем изображение на экране сдвигается на один столбец влево, а на освободившееся место в крайнем правом столбце поступают результаты следующего измерения. Таким образом формируется гидроакустическое изображение на экране. При пе-

перемещении плавсредства с установленным эхолотом картина дна на мониторе соответствует рельефу дна под антенной эхолота.

Недостатки и плюсы:

Измерение геометрических параметров объектов точечного и комбинированного типа с помощью однолучевого эхолота не представляется возможным, в связи с вертикальной направленностью сигнала и низкой плотностью точек.

Измерение геометрических параметров объектов площадного типа с помощью однолучевого эхолота теоретически возможно, при условии достаточно большого числа точек измерений на промерных галсах, расположенных над поверхностью объекта.

При измерении линейно протяженных объектов с использованием однолучевого эхолота, основным условием также является увеличение количества точек путем сгущения сетки съёмочных галсов. Одиночные галсы позволяют обеспечить надёжное обнаружение только для таких объектов, размеры которых соизмеримы с размерами междугалсового расстояния. Для подводных трубопроводов и прочих объектов поиска, имеющих протяженность менее, чем шаг междугалсового расстояния, вероятность их обнаружения оказывается крайне низкой.

Многолучевые эхолоты применяются для выполнения промерных работ на больших площадях, с большой производительностью, с большой детальностью и с гарантированным сплошным покрытием дна используются многолучевые эхолоты.

Принцип работы многолучевых эхолотов основан на формировании с использованием антенной решетки и/или электронным способом пучка узких лучей, расходящихся веером в плоскости, перпендикулярной направлению движения судна.

С учетом параметров движения судна (курс, крен, дифферент, вертикальные перемещения) и распределения скорости звука по глубине обследуемой акватории в результате каждого сканирования получается набор данных по глубинам акватории по линии, перпендикулярной траектории движения судна.

Ширина области зондирования, как правило, кратна глубине (обычно составляет от 3 до 7 глубин). Число лучей, так же, как и методы их формирования и обработки информации, в различных моделях многолучевых эхолотов существенно различаются. Обязательным дополнением к самому многолучевому эхолоту являются: навигационное оборудование для определения точных координат судна-носителя, система определения параметров движения судна (гирокомпас, крен-дифферент, датчик вертикальных перемещений), датчик определения вертикального распределения скорости звука в воде (STD-зонд).

Недостатки и плюсы:

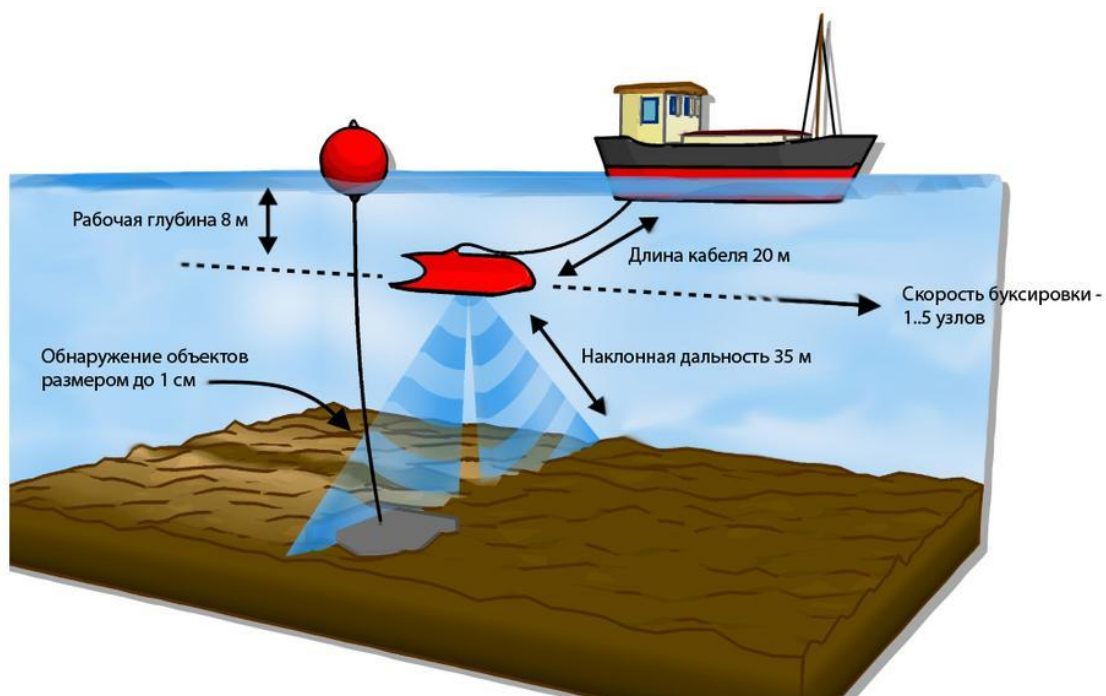
Многолучевые эхолоты отлично подходят для качественного подробного акустического освещения дна, что открывает возможности для детального изучения дна, путем создания его трехмерной модели, это было невозможно при использовании однолучевых эхолотов. Кроме того, с помощью многолучевых систем, возможно надежное обнаружение объектов на поверхности дна.

Отсюда, многолучевой эхолот является эффективным инструментом не только для поиска, но и для уверенного измерения геометрических параметров любых типов подводных объектов.

Многолучевой эхолот производительнее однолучевого в задачах высокоточной съемки рельефа дна для обеспечения безопасности плавания. Связано это с шириной охвата многолучевого эхолота по сравнению с однолучевым, что также уменьшает количество промерных галсов.

Гидролокатор бокового обзора (ГБО) - один из наиболее известных используемых и эффективных средств для подводных исследований. Первые гидроакустические средства появились в 50х годах, а уже в 60х активно использовались. В настоящее время является самым распространенным инструментом для поиска затонувших объектов и исследования акваторий. ГБО могут быстро исследовать большие площади и «видеть» дно независимо от прозрачности воды. Применение термина «боковой обзор» обусловлено тем, что этот тип гидролокаторов «смотрит» в обе стороны, а не вниз или вперед, и формирует изо-

бражение при физическом движении антенны гидролокатора над поверхностью дна (рис. 6,7). Никакой другой тип гидролокатора не может дать столь ясно ин-

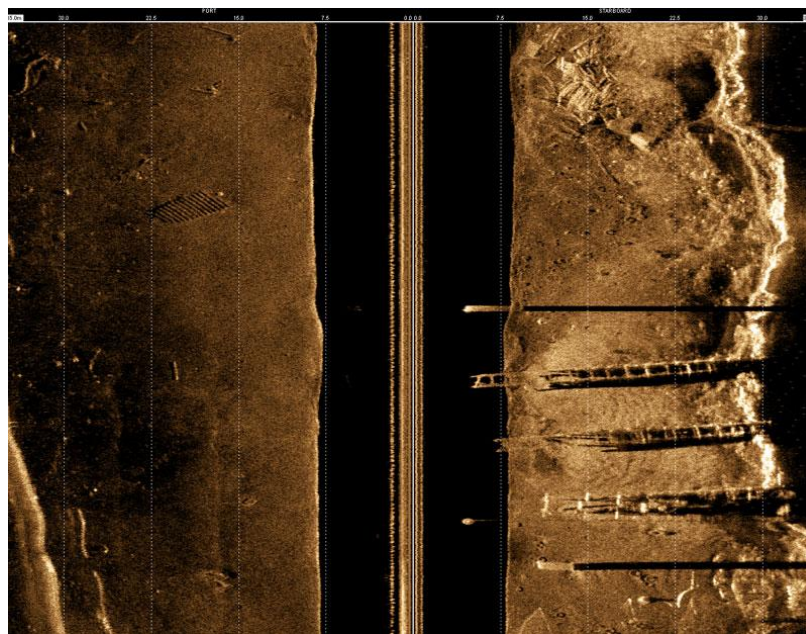


терпретируемой картины поверхности дна и расположенных на нем объектов.

Рисунки 1.6 - Схема работы ГБО на примере буксируемого Starfish 452f

Рисунок 1.7 – Пример изображения ГБО Starfish 452f

Типовой гидролокатор бокового обзора (ГБО) является разновидностью активной гидроакустической системы, содержащей приемопередаточные антенны с веерообразной диаграммой направленности, входящие в состав буксируемого модуля и устройство регистрации сигнала и управления его характеристиками для формирования картины подводной обстановки. При перемещении буксируемого модуля по прямолинейной траектории на устройстве регистрации



получается тоновое изображение поверхности дна в полосе, и ширина которой зависит от параметров конкретного ГБО, и что важно от рабочей частоты данного ГБО. В зависимости частоты излучения гидролокаторы можно подразделить на несколько групп:

- низкочастотные, работа на частоте до 7кГц
 - обеспечивают наибольшую дальность
 - низкое разрешение
- среднечастотные, работа на частоте от 70 до 100кГц
 - наклонная дальность сотни метров
 - разрешение порядка десятков метров
- высокочастотные, работа на частоте до 400кГц и более
 - наклонная дальность несколько десятков метров
 - разрешение до 0,2 м

Для визуализации и регистрации сигналов данных ГБО ранее использовались графические регистраторы со строчной разверткой, на данный момент используются портативные персональные компьютеры - ноутбуки. В процессе управления компьютером появляется возможность управления большим набором характеристик ГБО во время съемки, можно записывать сигнал ГБО параллельно с навигационными данными, например, с GPS-приемника, что поможет в построении карты дна. В процессе обработки несложно получить любую степень детализации обследованных объектов, определить их координаты, размеры, масштаб, а также их взаиморасположение.

Недостатки и плюсы:

Одним из главных достоинств гидролокационной съемки ГБО является широкая полоса сканирования донной поверхности, но при работе в районе сложного рельефа, таком как скалы или коралловые рифы идентификация целей может быть затруднена, связано это с эффектом донной реверберацией (рассеяние звуковых волн неровностями и акустическими неоднородностями в процессе их многократного отражения). А некоторые могут оказаться незафиксированными при попадании в гидроакустическую тень. Также измерение гео-

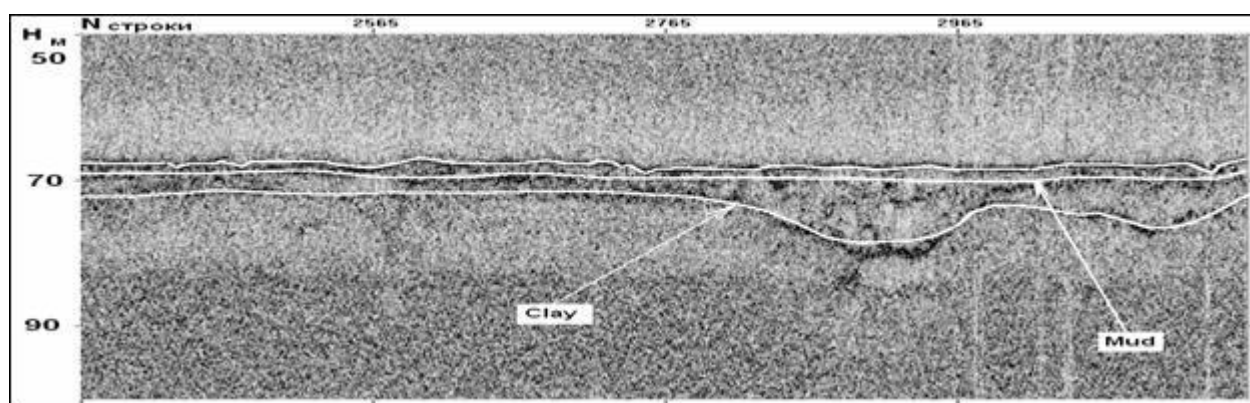
метрических параметров объектов гидролокатором бокового обзора возможно лишь частично, так как с помощью гидролокационного снимка значение глубины определяется лишь приблизительно, и поэтому построение полной трехмерной модели объекта невозможно.

Акустический профилограф. В настоящее время, существуют и успешно используются акустические профилографы, гидроакустические средства, объединяющие в себе функции обычного эхолота и устройства, визуализирующего придонные и поддонные структуры. Данные устройства являются мощным инструментом для проведения поисковых, контрольных, проекто-изыскательных, осмотровых, промерных, мониторинговых работ в акваториях морских портов, в шельфовой зоне.

Профилографы могут использоваться как самостоятельно, так и в составе гидрографических комплексов. Часто гидроакустические профилографы становятся единственным средством визуализации структуры донных отложений, поиска и оконтуривания заиленных объектов, включая нефте- и газопроводы, другие подводные и затонувшие объекты (рис.1.8).

Рисунок 1.8 - Результаты профилирования дна. Слева указана глубина в метрах. Указания на профилограмме: mud – ил, clay – глина.

Основным отличием профилографов от эхолотов является использование



в них низкочастотных (1-12 кГц) широкополосных излучателей при сравнительно небольшой длительности импульса, обеспечивающей разрешающую способность в пределах от нескольких сантиметров до нескольких дециметров.

В настоящее время существует ряд профилографов, отличающихся главным образом конструктивными особенностями и техническими параметрами. В их состав, как и в состав любого эхолота, входят акустическая антенна, приёмный и передающий тракты и сигнальный процессор. Акустические антенны профилографов могут устанавливаться как непосредственно на судне, так и в специальном буксируемом снаряде (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Буксируемый профилограф

В последнем случае, снижается уровень собственных помех, что позволяет вести исследования при скорости судна до 7-10 узлов, уменьшаются потери, связанные с бесполезным, в данном случае, распространением сигнала в воде, увеличивается частота следования зондирующих импульсов, улучшается угловая разрешающая способность.

Принцип преобразования электрической энергии в акустическую в антеннах профилографов может отличаться от принятого в эхолотах. Так, например, в некоторых профилографах с буксируемой антенной используются электродинамические преобразователи, искровые разрядники, гидравлические, поршневые и другие электромеханические излучатели. Обычно излучается мощность 3-12 кВт.

Проникающая способность профилографов зависит как от рабочей частоты и мощности зондирующих сигналов, так и от структуры слоёв, через которые распространяются акустические сигналы, и лежит в пределах от 1 м до 500 м и более. Некоторые устройства работают одновременно на двух различных

частотах. При этом низкие частоты (10-500 Гц) хорошо проникают в осадочные слои, но не обеспечивают получения достаточной разрешающей способности; высокие (3-15 кГц) позволяют получить лучшую разрешающую способность, но имеют меньшую проникаемость.

Как правило, при проведении съемки на небольших глубинах необходимо выбрать между сейсмоакустическими приборами - спарксом и бумером, а также акустическими импульсным профилографом (пингсом) и сравнительно недавним пополнением –профилографом с линейно частотной модуляцией. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

Основная задача - увеличить глубину проникновения сигнала до нескольких десятков метров в почти любом ожидаемом типе донных пород. Это требует значительной энергии на малых частотах. Но чтобы получить информацию о свойствах донных пород или чтобы различить несколько тонких слоев, необходимо получить высокое разрешение. Эти два требования противоречивы.

Спаркер - гидролокатор, излучающий низкочастотные импульсы. В основе лежит электроискровой принцип. Для каждого излучения накапливается заряд в большом высоковольтном блоке конденсаторов. Затем излучается в виде электрической дуги между двумя электродами в воде, что создает плазму высокого давления и пузырьки пара, которые расширяются и разрушаются, производя громкий звук. Частота производимого звука полезного для изучения лежит в районе 20 до 200 Гц.

Бумер используется для неглубоких сейсмических исследований дна, в основном для инженерных обследований. В отличие от спаркера используется электродинамический принцип.

CHIRP-профилографы (профилографы с линейно частотной модуляцией), обычно покрывающие частотный диапазон от чуть ниже 1 кГц и до чуть выше 10 кГц, потенциально дают возможность исключить компромисс между глубиной проникновения и разрешением.

Дополнительно к этому подавляются боковые лепестки излучающей и приемной антенн, в то время как корреляция, присущая CHIRP- обработке,

обеспечивает преимущество в 25 Дб по отношению «сигнал/помеха» в сравнении с традиционными приемными устройствами таких профилографов, как воздушные пушки, спарксы, бумеры и импульсные профилографы - пингеры. Усиление при обработке сигнала увеличивается как с длиной импульса, так и с полосой сигнала. Однако существующие CHIRP- профилографы имеют ограничение со стороны излучающих элементов (вибраторов) в К.П.Д. на низких частотах и в широкополосности, что дополняется низким К.Г1.Д. существующих линейных усилителей. Это в результате дает низкий уровень излучаемой энергии на низких частотах. На практике это означает относительно низкую глубину проникновения в донные грунты, состоящие из довольно крупных частиц (крупный песок и т. п.).

Второе поколение профилографов CHIRP (CHIRPII) пытается решить эти проблемы. Излучатель сигнала имеет линейный усилитель мощности с К.П.Д. выше 90 %, который дает на выходе 4 Вт или 2 Втс пиковой мощностью вдвое выше. Частота импульсов составляет около 10 Гц, длительность импульса от 5 до 50 мсек, причем он может работать с длинным кабелем. При этом амплитуда, частота и фаза излучаемого сигнала точно контролируются. Новые акустические антенны позволяют профилографу CHIRPII, по сравнению с бумером «закачать» в воду в единичном импульсе больше энергии, но в то же время обеспечить более высокое разрешение (даже по сравнению с CHIRP первого поколения). В настоящее время это обеспечивает лучшую производительность по сравнению с другими перечисленными системами. Полученные профилограммы позволяют обнаруживать объекты даже в условиях крупного песка.

В настоящий момент линейка CHIRP- профилографов обновлена аппаратурой третьего поколения, еще более улучшившей производительность работы, в основном за счет улучшения алгоритмов цифровой обработки сигнала.

При выполнении диагностики подводных переходов, положение трубопровода под слоем грунта определяется по величине амплитуды отражённого сигнала, т. е. по контрасту записи многократно отражённого от трубопровода

сигнала, для которого отсутствует амплитудное ограничение в приёмном тракте профилографа.

Недостатки и плюсы:

Так как данное ГАС узкоспециализированное, то его использование предполагается в комплексе с такими ГАС как эхолоты или гидролокаторами бокового обзора. Хотя и существует возможность самостоятельной эксплуатации. Данное ГАС наиболее подходит для поиска погребенных в ил точечных и линейных объектов, в некоторых случаях комбинированных. Рекомендуется использование новейших CHIRPпрофилографов.

Сканирующие гидролокаторы. Сканирующие гидролокаторы позволяют получать 3D облака точек с высоким разрешением путем механического вращения головы сонара, который находится в стационарном положении под водой (рис.1.10). Система механически сканирует выбранную область узким вертикальным лучом вокруг места установки сонара.

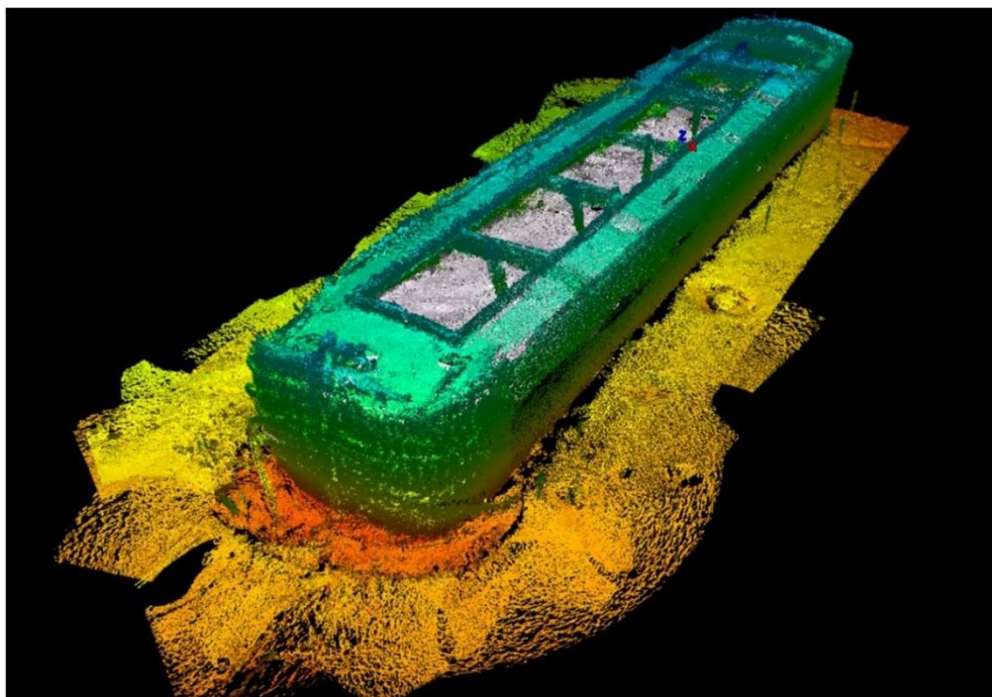


Рисунок 1.10 – Пример 3D модели созданной с помощью сканирующего гидролокатора (Затонувшее судно на дне озера Чамплейн).

В каждом направлении сканирования создается профиль/очертание поверхности объекта (находящегося в зоне сканирования), который затем добав-

ляется к другим профилям смежных направлений, тем самым создавая конечное облако 3D точек.

С помощью механического сканирующего сонара появилась возможность получения подводных 3D изображений, подобных лазерному сканированию, даже при низкой и нулевой видимости в воде и их последующей бесшовной интеграции с изображениями надводной части объекта, полученными традиционным лазерным наземным сканированием.

Недостатки и плюсы:

Сканирующие гидролокатор ГАС узкой специализации, призваны для создания точных 3Dмоделей. Стоит отметить, что до использования сканирующего гидролокатора для полного сбора данных о затонувшем объекте много времени. Так для сбора всех данных затонувшего судна в озере Чамплейн близ острова Слуп в 2000х требовалось около 300 погружений, с помощью же сканирующего гидролокатора потребовалось 3 дня.

Вывод

Проведен анализ типов затонувших объектов (таб. 1.1)

Таблица 1.1 – Классификация типов затонувших объектов.

Тип объекта	Характеристики	Особенности
Точечный	координаты	Конструкции небольшого диаметра, мусор (частный случай площадных объектов)
Линейные	координаты протяженность	Трубопроводы, кабели, шлейфы (протяженные объекты)
Площадные	координаты площадь	Затопленные баржи, элементы техногенного рельефа (объекты простых геометрических форм)
Комбинированные	координаты протяженность площадь	затопленные суда, подводные части гидротехнических сооружений (комбинация всех типов объектов)

Рассмотрены типовые ГАС применяемые для профилирования дна и поиска затонувших объектов (таб. 1.2)

Таблица 1.2 – Типовые ГАС применяемые для профилирования дна и поиска затонувших объектов.

Гидроакустическое средство	Характеристики	Особенности
Эхолот	□ низкочастотные, работа на частоте до 7кГц • среднечастотные, работа на частоте от 70 до 100кГц	профилирование дна и поиск затонувших объектов. Типы: однолучевой и многолучевой
Гидролокатор бокового обзора	• высокочастотные, работа на частоте до 400кГц и более	профилирование дна и поиск затонувших объектов, охват больших площадей
Акустический профилограф	частота от 1 до 12кГц	поиск затонувших объектов под слоем ила, профилирование осадочных грунтов.
Сканирующий гидролокатор	частота от 1 МГц	создание 3Dмоделей затонувших объектов.

2 ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАБОТЫ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

2.1 Анализ районов эксплуатации в Арктической зоне.

Основным местом работы гидроакустических средств, разбираемых в данном исследовании являются моря Северного Ледовитого океана. В этот список включены моря омывающие территорию России: *Баренцево море, Белое море, Карское море, Море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, Чукотское море*. Все эти моря окраинные, а то есть слабо отделённое полуостровами и островами от океана, из них лишь Белое море является внутренним, то есть глубоко вдающиеся в сушу и сообщаемые с океаном или с прилегающим морем проливами. Моря Северного Ледовитого океана отделены друг от друга и от Центрального полярного бассейна архипелагами островов, островами (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля, о. Врангеля и др.). Там, где нет четкой границы, ее проводят условно. Все моря расположены на шельфе материка и поэтому мелководны. Лишь северная часть моря Лаптевых занимает окраину глубоководной котловины Нансена. Морское дно здесь опускается до 3385 м. За счет этого средняя глубина моря Лаптевых составляет 533 м, что делает его самым глубоководным из морей Северного Ледовитого океана. На втором месте по глубинам — Баренцево море (средняя глубина 222 м, максимальная — 600 м). Самые мелководные — Восточно-Сибирское (средняя глубина 54 м) и Чукотское (71 м) моря. Дно этих морей ровное. Наибольшей пересеченностью отличается рельеф дна Баренцева и Карского морей, видно в сравнительной таблице (табл. 2.1). Также в данной таблице представлены средние температуры.

Таблица 2.1.1 Сравнительная таблица гидрометеорологических характеристик

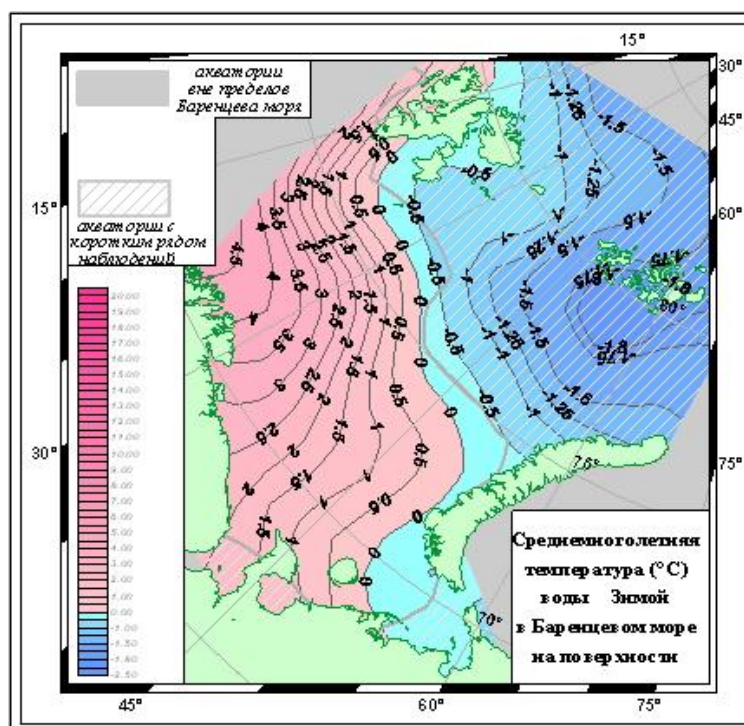
Моря	Тип моря	Площадь тыс. км ²	Объем км ³	Глубина		Средняя температура воды, °С		Соленость, ‰	Сток, км ³ /год
				макс.	средняя	январ.-февр.	июль-авг.		
Каспийское	море-озеро	371,0		1025		0...10	+24...+28	12,8—13,0	286,4
Азовское	внутреннее	39,1	0,29	13	7	~0	+23...+24	13,8	36,7
Черное	внутреннее	422,0	555,0	2210	1315	-0,5...+7	+25...+26	17—18 (13‰)	346,0
Балтийское	внутреннее	419,0	21,5	470	51	~1	+15...+17	5—10	433,0
Белое	внутреннее	90,0	6,0	350	67	-0,5...-1,9	+7...+5	21—34	215,0
Баренцево	материково-окраинное	1424,0	316,0	600	222	0...+5		32—35	163,0
Карское	материково-окраинное	883,0	98,0	620	111	-1,5...+1,7	0...6	3—5 до 34‰	1290,0
Лаптевых	материково-окраинное	662,0	353,0	3385	533	-0,8...+1,7	+0,8...+10	1—5 до 32‰	720,0
Восточно-Сибирское	материково-окраинное	913,0	49,0	(915) 155	54	-0,2...+1,7	0...+7—8	4—5 до 31—32‰	250,0
Чукотское	материково-окраинное	595,0	42,0	(1256) 160	71	-1,6...+1,8	-0,1...+4	28—32‰	72,0
Берингово	окраинное, смешанное материково-океанического типа	2315,0	3796,0	4151	1640	-1,5...+3	+4...+11	28—33‰	400,0
Охотское	— „ —	1603,0	1318,0	3521	821	-1,5...+1,8	+6...7 (+18—19)	28—33‰	600,0
Японское	окраинное океаническое	1062,0	1630,0	3699	1535	~0...+4	+18-20 (+25—27)	27—33‰	212,0

морей.

Средние рабочие температуры от -2 до 30 °С,

Один из основных пунктов влияющий на работоспособность ГАС - ледовитость.

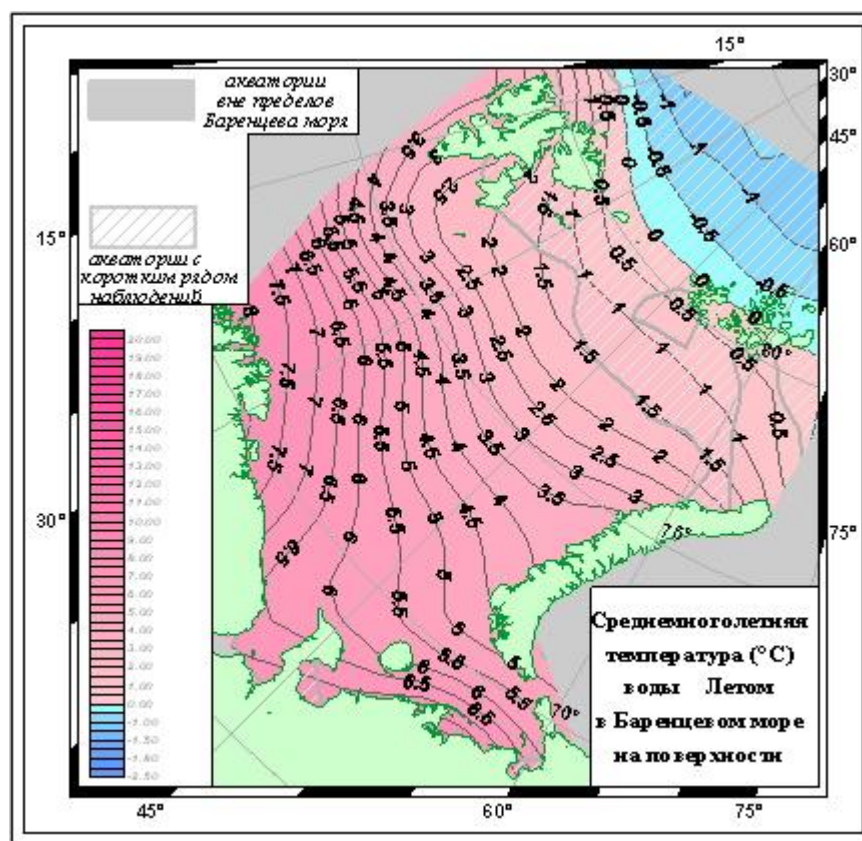
Баренцево море. Суровые климатические условия на севере и востоке Баренце-



ва моря определяют его большую ледовитость (рис. 2.1.1).

Рисунок 2.1.1 - Температура поверхности воды Баренцева моря зимой.

Во все сезоны года остаётся свободной от льда только юго-западная часть моря. Наибольшего распространения ледяной покров достигает в апреле, когда около 75 % поверхности моря занято плавучими льдами. В исключительно неблагоприятные годы в конце зимы плавучие льды подходят непосредственно к берегам Кольского полуострова. Наименьшее количество льдов приходится на конец августа. В это время граница льдов отодвигается за 78° с. ш. На северо-западе и северо-востоке моря льды держатся обычно круглый год, но в отдельные, благоприятные годы море практически полностью или даже полностью



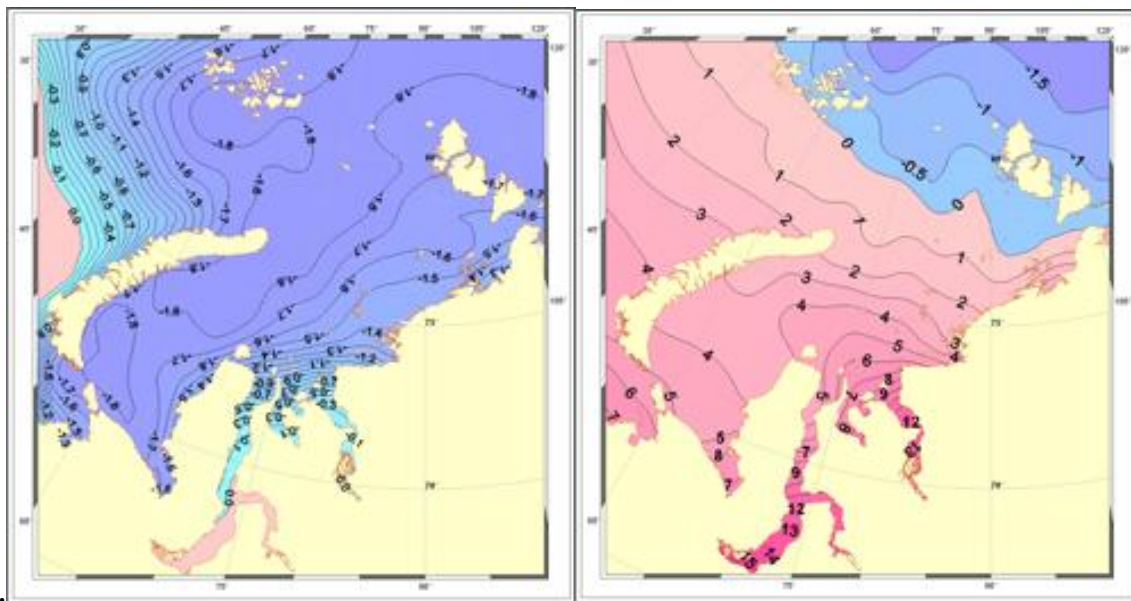
освобождается от льдов (рис. 2.1.2).

Рисунок 2.1.2 - Температура поверхности воды Баренцева моря летом.

Белое море. Зимой температура воды на поверхности равна температуре замерзания, т. е. $-0,5$ — $0,7^\circ$ в заливах, $-1,3^\circ$ — в Бассейне и достигает $-1,9^\circ$.

Карское море. В юго-западной части моря лед наблюдается в течение 7-8 месяцев, с ноября по июнь-июль. Северо-восточная часть моря в летний период не

полностью очищается от льда. Ледообразование в Карском море обычно начинается в сентябре в северных районах и в октябре - ноябре на юге (рис. 2.1.3, 2.1.4).



Рисунки 2.1.3(а), 2.1.4(б) – Температура поверхности воды Карского моря зимой(а), летом(б).

Море Лаптевых. Его поверхность покрыта льдом практически постоянно. Только в августе и сентябре оно частично освобождается ото льда (рис. 2.1.5, 2.1.6). Находясь на значительном удалении от Атлантического и Тихого океанов, море Лаптевых лишено их обогревающего воздействия.

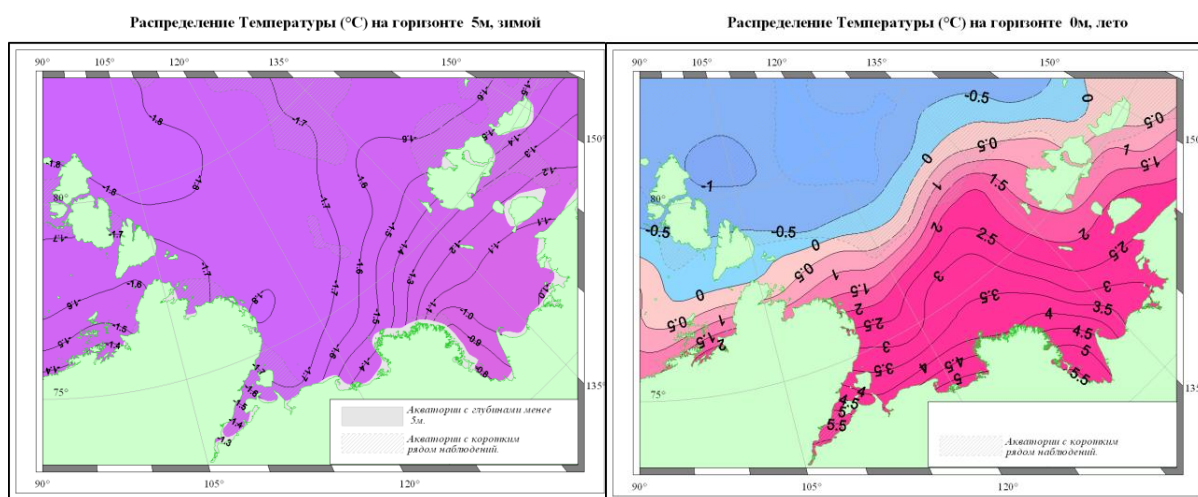


Рисунок 2.1.5(а), 2.1.6(б) – Температура поверхности воды Моря Лаптевых зимой(а), летом(б).

Чукотское море. Зимой все море покрыто льдом. В течение лета часть моря остается покрытая льдом, с севера в море вдается Чукотский отрог многолетних

льдов, вблизи острова Врангель сохраняется Врангелевский ледяной массив.

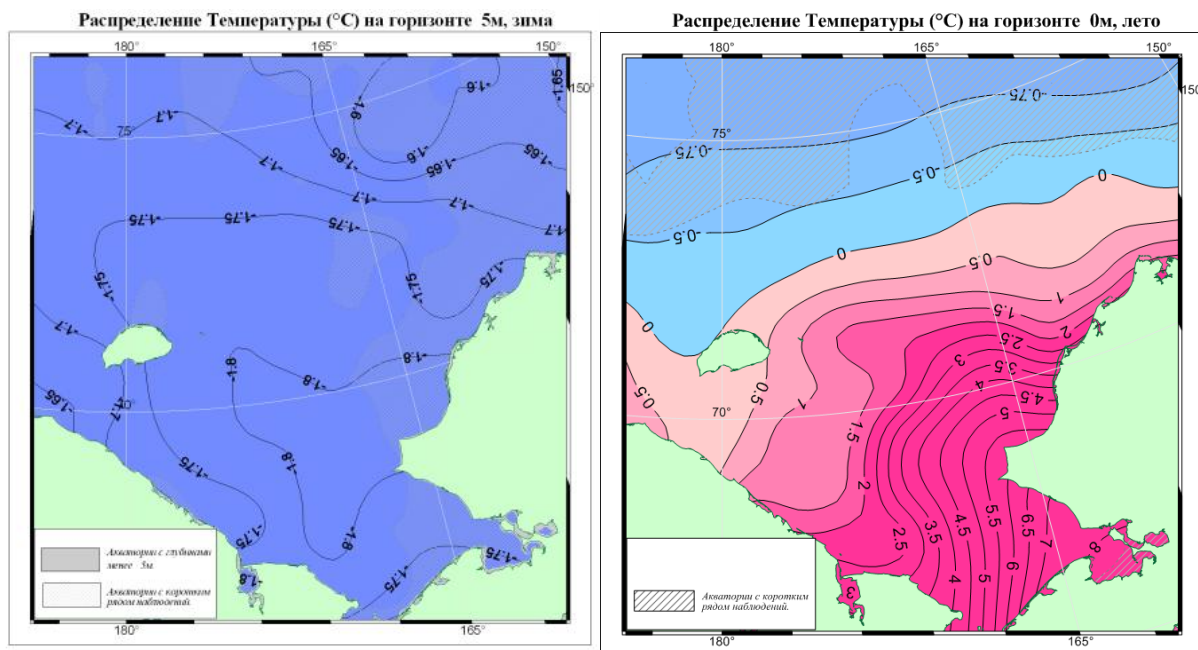


Рисунок 2.1.7(а), 2.1.8(а) – Температура поверхности воды Чукотского моря зимой(а), летом(б).

Восточно-Сибирское море. Почти весь год море покрыто льдом. В восточной части моря даже летом сохраняются плавучие многолетние льды. От берега они могут отгоняться к северу ветрами с материка. Льды дрейфуют в северо-западном направлении в результате циркуляции воды под воздействием антициклонов у Северного полюса. После ослабления антициклона область циклонического круговорота увеличивается и в море поступает многолетний лёд из полярных широт.

Льды представляют большую опасность при работе ГАС особенно буксируемых.

Как свидетельствует опыт Shell занимающихся установкой арктических платформ с гравитационным основанием, исследования дна моря Бофорта и Чукотского моря посредством традиционных технологий, а именно сбор с морского судна данных многолучевой батиметрии, а также данных профиломера твёрдого дна, иногда затрудняться короткими сезонами открытой воды, суровыми погодными условиями, а также неблагоприятными перемещениями льда.

В данной главе будут рассматриваться только самостоятельные средства и исключены ГАС в автономных необитаемых подводных аппаратах (АНПА).

Связанно это с множеством проблем:

- совместимость данных устройств с разными ГАС;
- отдельный выбор АНПА;
- сложности в эксплуатации.

Целевые типы объектов поиска в Арктической зоне. Выбор целевых объектов поиска поможет исключить виды ГАС неподходящих для использования в водах северных морей.

В процессе освоения Арктики во времена СССР было захоронено множество отходов, (особенно среди них стоит выделить токсичные и радиоактивные) отработанных ядерных реакторов. Обнаружения данных объектов и их мониторинг неотъемлемо связан с экологией данного региона.

В годы же Второй мировой войны велись активные военные действия в районе Баренцева и Карского морей, что влечет за собой затонувшую военную технику, что является ценными историческими находками.

Так основными объектами поиска будут являться:

- затонувшие суда и техника
- разнообразный мусор нарушающий экологическое состояние

Данные объекты относятся к точечным и комбинированным. Из чего можно сделать вывод, что основными типами ГАС для использования в Арктической зоне, будут многолучевые эхолоты, а также гидролокаторы бокового обзора, вспомогательными будут акустические профилографы и сканирующие гидролокаторы.

В результате анализа условий эксплуатации ГАС можно предъявить следующие требования:

- низкие температуры, при которых может работать устройство
- рабочая глубина устройства не ниже средней глубины в акватории (200м)

- устройства с высокой разрешающей способностью, от 1 м (наиболее подходящая частота работы от 200kHz до 400kHz)
- легкость эксплуатации
- использование буксируемых аппаратов в зоне отсутствия льда
- проникаемость дна для профилографов в несколько метров, так как целью стоит не изучение слоев грунта, а поиск объектов покрытых илом

2.2 Сравнение технических характеристик ГАС и отбор наиболее подходящих для работы в Арктической зоне

Многолучевые эхолоты. Был выбран многолучевой эхолот от компании KongsbergEM 2040CD. Данный многолучевой эхолот применялся при съемках рельефа дна Карского моря, где хорошо зарекомендовал себя. EM 2040CD фирмы Kongsberg, поставляемая как в одноантенном варианте, так и двухантенном. Двухантенный вариант МЛЭ EM 2040C D при благоприятных гидроакустических условиях позволяет получить ширину полосы обзора 5-6 глубин.



Рисунок 2.2.1. – Внешний вид МЛЭ KongsbergEM 2040CD

Данный МЛЭ как заверяет производитель:

- прост в установке, удобен для небольших судов
- имеет высокое разрешение
- используется ЛЧМ

Пример покрытия для ЕМ 2040 CD в холодной морской воде			
Рабочая частота	Максимальная глубина	Максимальная ширина луча на (данной глубине)	
		С одной антенной	С двумя антеннами
200 кГц	520m	580 м	700 м
300 кГц	450m	580 м	670 м
350кГц	400m	510 м	600 м
400 кГц	350m	375 м	530 м

На таб. 2.2.1 представлены основные характеристики МЛЭ модели ЕМ 2040CD.

МЛЭ может эффективно работать только в составе сложного комплекса аппаратуры, включающей средства спутникового позиционирования (GNSS), датчик пространственной ориентации (IMU), датчик скорости звука на антенне (SV), а также датчик-профилограф скорости звука в воде (SVP). Существенным требованием является точная временная синхронизация всей аппаратуры (PPS). Требования контроля качества данных предусматривают также необходимость использования МЛЭ совместно с узконаправленным однолучевым эхолотом (ОЛЭ).

Также стоит отметить, что качественная визуализация батиметрической съемки невозможна без электронных гидрографических информационных систем (ЭГИС) невозможна. Можно выделить несколько основных ЭГИС на данный момент: CARISHIPS (HARIS), HupackMAX (Hupack), EIVA (EIVA), HydroPro (TRIMBLE), PDS– 2000 (RESON), SIS (Kongsberg), QINSy (QPS). Все они обладают разными возможностями и созданы для разных направлений гидрографии. Из них стоит выделить одну наиболее универсальную и обладающую большой совместимостью QINSy от компании QPS, она и будет выбрана для работы МЛЭ ЕМ2040CD. Также в комплекте идет программа для визуализации SIS. Пример изображения данных этой программы (рис. 2.2.2).

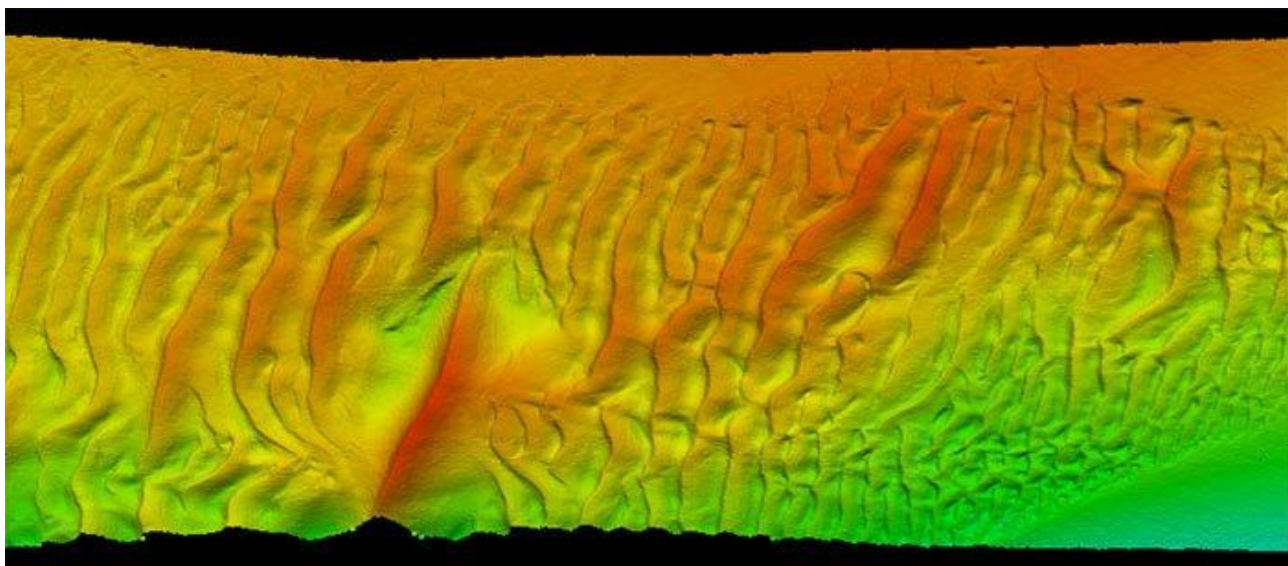
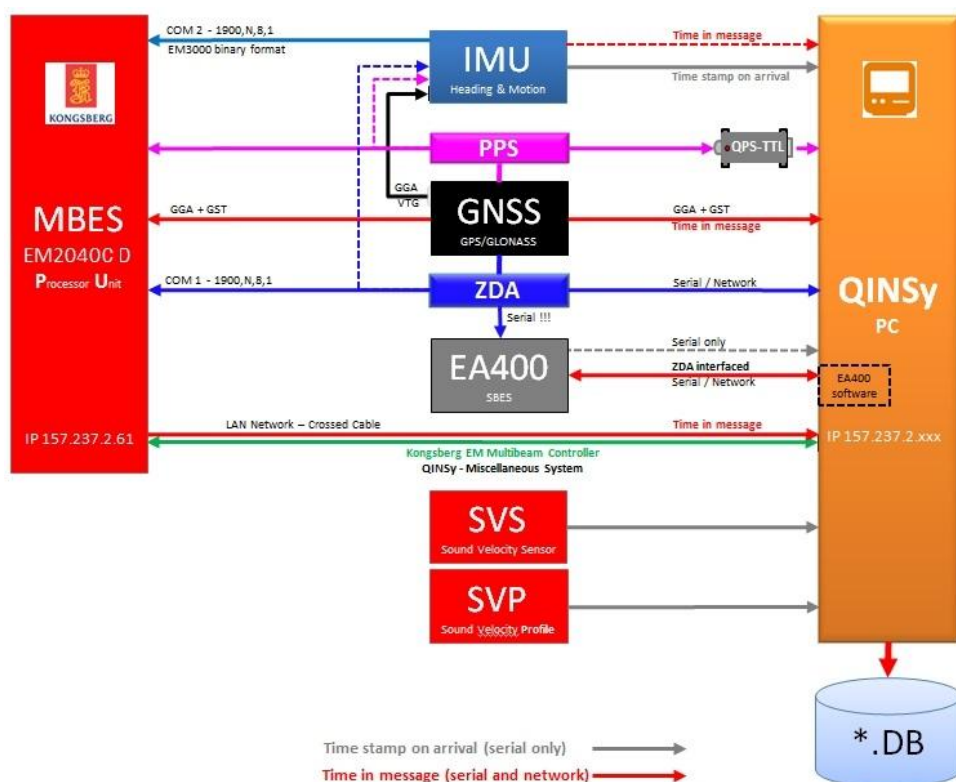


Рисунок 2.2.2 – Пример визуализации данных программы SIS

Функциональные возможности ЭГИС во многом определяют эффективность выполнения съемки, фактически осуществляя объединение всей аппаратуры в единый комплекс, обеспечивая управление. Схема подключения датчиков ком-



плекса МЛЭ EM2040CD с ЭГИС QINSy представлена на рис. 2.2.3.

Рисунок 2.2.3 – Схема подключения датчиков комплекса МЛЭ EM2040CD с ЭГИС QPSQINSy

МЛЭ EM2040CD полностью удовлетворяет всем установленным требованиям для работы в Арктической зоне, а также уже был испытан на практике.

Гидролокаторы бокового обзора. При сравнении гидролокаторов бокового обзора были выбраны два варианта от американских компаний Edgetech и Klein-MarineSystem. Модели Edgetech 4200 (рис.2.2.4) и System 4000 (рис.2.2.5).



Рисунок 2.2.4 – ГБО Edgetech 4200



Рисунок 2.2.5 – ГБО System 4000

Оба ГБО являются ЛЧМгидролокаторами, а также имеют возможность работы одновременно в двух режимах. Основные характеристики:

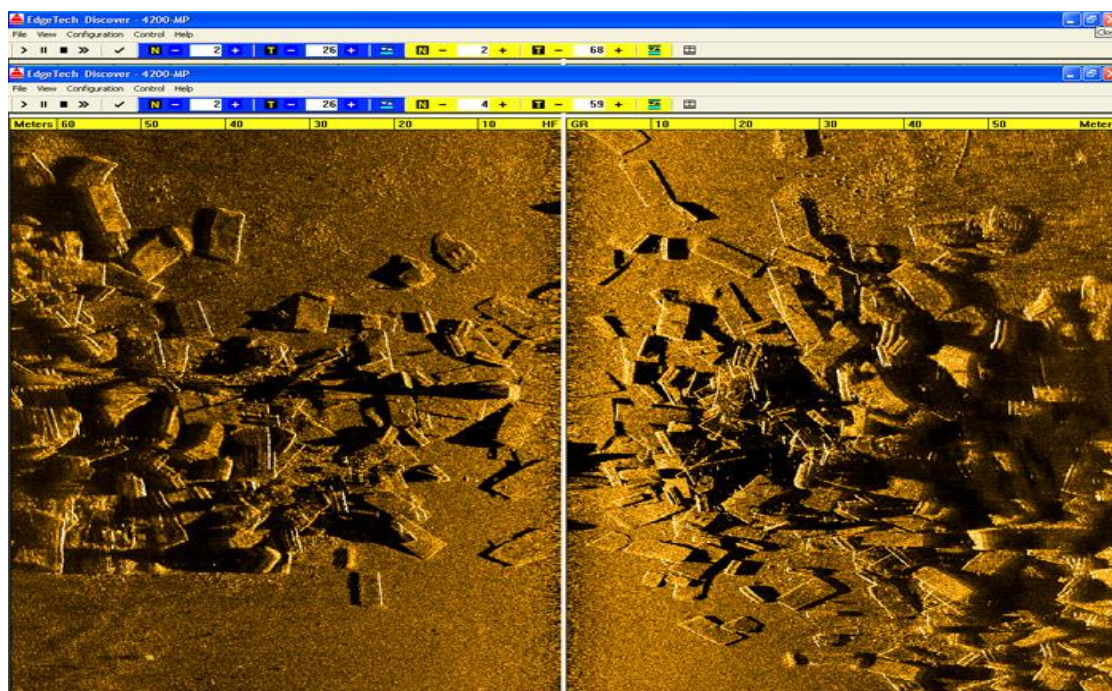
Таблица 2.2.2 Характеристики ГБО System 4000 и Edgetech

Технические характеристики Kleinmarinesystem (System 4000)	
Частота/оптимальная дальность	600 м @ 100 кГц/200 м @ 400 кГц
Частота/угол	0.7° @ 100 кГц/0.3° @ 400 кГц
Частота/разрешение	8.0 см @ 100 кГц/1.75 см @ 400 кГц
Масса в воздухе, кг	27.3 кг
Датчики давления, температуры	есть
Рабочая температура	-10°C-50°C

Технические характеристики Edgetech 4200			
Рабочая частота	300/900 кГц	100/400 кГц	300/600 кГц
Рабочий диапазон	300 кГц: 230 м 900 кГц: 75 м	100 кГц: 500 м, 400 кГц: 150 м	300 кГц: 230 м 600 кГц: 120 м
Угол раскрытия луча (горизонтальный)	В высокоскоростном режиме: 300 кГц: 0,54° 900 кГц: 0,3° В режиме высокого разрешения: 300 кГц: 0,28°, 900 кГц: 0,2°	В высокоскоростном режиме: 100 кГц: 1.26° 400 кГц: 0.4° В режиме высокого разрешения: 100 кГц: 0.64°, 400 кГц: 0.3°	В высокоскоростном режиме: 300 кГц: 0,54° 600 кГц: 0,34° В режиме высокого разрешения: 300 кГц: 0,28° 600 кГц: 0,26°
Угол раскрытия луча (вертикальный)	50°		

Рабочая температура	-10°C 35°C
Температура хранения	-20°C 50°C
Вес в воздухе / в воде	30 / 18 кг
Стандартная глубина	2000 метров
Параметры питания	20–36В постоянного тока или 115/230В переменного тока

ГБО от компании Edgetech 4200 (вариант с рабочими частотами 300/900 кГц) подходящий для работы на небольшой глубине с частотой 900 кГц, и с глубинами больше 200 м на частоте 300 кГц, превосходит по многим параметрам. Самым главным плюсом можно считать большой выбор моделей с разными режимами работы. Это дает множество возможностей при работе на различных глубинах. ПО для обработки данных ГАС поставляемое в комплекте DISCOVER



VERSoftware.Пример визуализации данных программы DISCOVER (рис. 2.2.)

Рисунок 2.2.6 – Пример визуализации данных в программе DISCOVER

Особенности Edgetech 4200:

- Одной из уникальных особенностей EdgeTech 4200 является технология мульти-пульс(МП), с помощью которой ГБО испускает два звуковых импульса в воду, а не один, как обычные системы гидролокаторов бокового обзора. Это позволяет повысить скорость буксировки до 10 узлов при сохранении 100% покрытия дна в направлении буксирования. Кроме того, технология МП обеспечит в два раза лучшее разрешение при буксировании на нормальной скорости, что позволяет обеспечить лучшее обнаружение и классификация целей. Использование технологии МП предоставляет оператору работу двух режимах: либо высокого разрешения или высокой скорости.
- При заказе можно выбрать подходящий набор частот из трех возможных, это либо 100/400 кГц, 300/600 кГц или 300/900 кГц. Пользователи также имеют возможность выбора исполнения надводного процессора между стационарным, размещенным в 19-дюймовой промышленной стойке или портативным размещенном в водонепроницаемом кейсе вместе с брызгозащищенным ноутбуком. Оба варианта построены на базе ПК на платформе Windows с предварительно установленным программным обеспечением для сбора и обработки данных DISCOVER производства компании EdgeTech.

Многочисленные дополнительные датчики в виде опций, также доступны для Edgetech 4200:

- Для достижения эффективного заглубления буксируемого тела, особенно при работе на больших глубинах, необходимо устанавливать съемное гидродинамическое крыло (заглубитель).
- А с помощью встроенного в корпус эхолота, в процессе буксировки оператор может в реальном режиме времени отслеживать дистанцию до дна. Кроме того, буксируемое тело снабжено специальным устройством

Saf-T-Link со срезаемым креплением, предотвращающим повреждение и утерю гидролокатора при столкновении с препятствиями.

- На буксируемое тело установлены элементы крепления маяка-ответчика системы позиционирования с ультракороткой базой (USBL), а также узел крепления и подключения буксируемого тела магнитометра.
- Комплекс может быть оснащён электрогидравлической лебедкой с двух контактным токопереходом и платформой с П-рамой, позволяющей производить спуск на воду, буксирование и подъем буксируемого тела.

Акустические профилографы. Были выбраны профилографы от компаний Edgetech – Edgetech (3100) (SB-216Si SB - 424)(рис.2.2.7)и Syqwest–



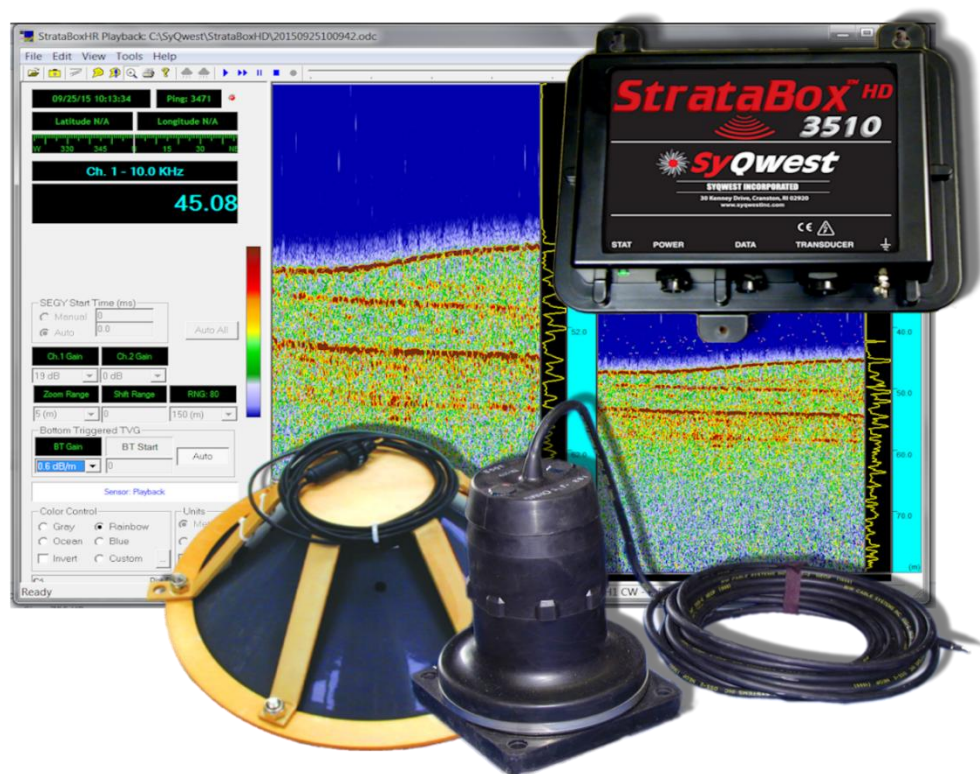
StrataboxHD(рис.2.2.8).

Рисунок 2.2.7 – Профилографы EdgetechSB-216Si SB-424 (слева направо)

ОсобенностиEdgetech 3100:

- Основными особенностями системы являются портативность и возможность использования с небольших судов, без потери качества изображения.

- Система 3100 может поставляться с двумя различными гидроакустическими антеннами, работающими на разных частотах и имеющими разные массогабаритные характеристики.
- Система может использоваться в качестве буксируемого тела и крепиться на штанге.
- В комплект поставки так же входит влагозащищенный блок управления с



ноутбуком с установленным программным обеспечением.

Рисунок 2.2.8 – Профилограф StrataboxHD

Особенности StrataboxHD:

- Возможность переключения между режимами за счет двух антенн (3.5кГц и 10кГц)
- Высокое разрешение
- Возможность работы на малых глубинах
- Запись и воспроизведение данных

- Режимы масштабирования
- Маркер событий (целей)

Таблица 2.2.3 - Сравнение характеристик акустических профилографов

	Edgetech 3100: Portable Sub-bottom Profiler		Syqwest StrataBox HD
	SB- 216S	SB- 424	
Проницаемость	6м песок 80м глина	2м песок 40 глина	2м песок 40м глини
Максимальная глубина погружения	300м	300м	150м
Частота/разрешение	2-16кГц@ 6–10 см	4-24 кГц @ 4–8 см	3,5 кГц @ 2 см 10 кГц@ 12 см
Рабочая температура	-10°C-50°C	-10°C-50°C	-25°C-60°C
Масса в воздухе	76 кг	45 кг	3.8 кг

Из трех разных профилографов особенно выделяются 2 наиболее подходящих, SB– 424 от Edgetech и StrataboxHD от Syqwest. Два этих профилографа с небольшой проницаемостью, подходящей для поиска объектов в толще грунта. Также можно выделить небольшой вес StrataboxHD (всего 3.8 кг). Оба данных профилографа отлично подходят для поиска затонувших объектов, погребенных в грунте. Edgetech. В комплекте с EdgeTech 3100 как у EdgeTech 4200 идет программа для визуализации данных DISCOVER

Пример визуализации данных EdgeTech представлен на рисунке 2.2.9

С профилографом StrataBox в комплекте идет программа Нураск, пример изображения представлен на рисунке 2.2.10

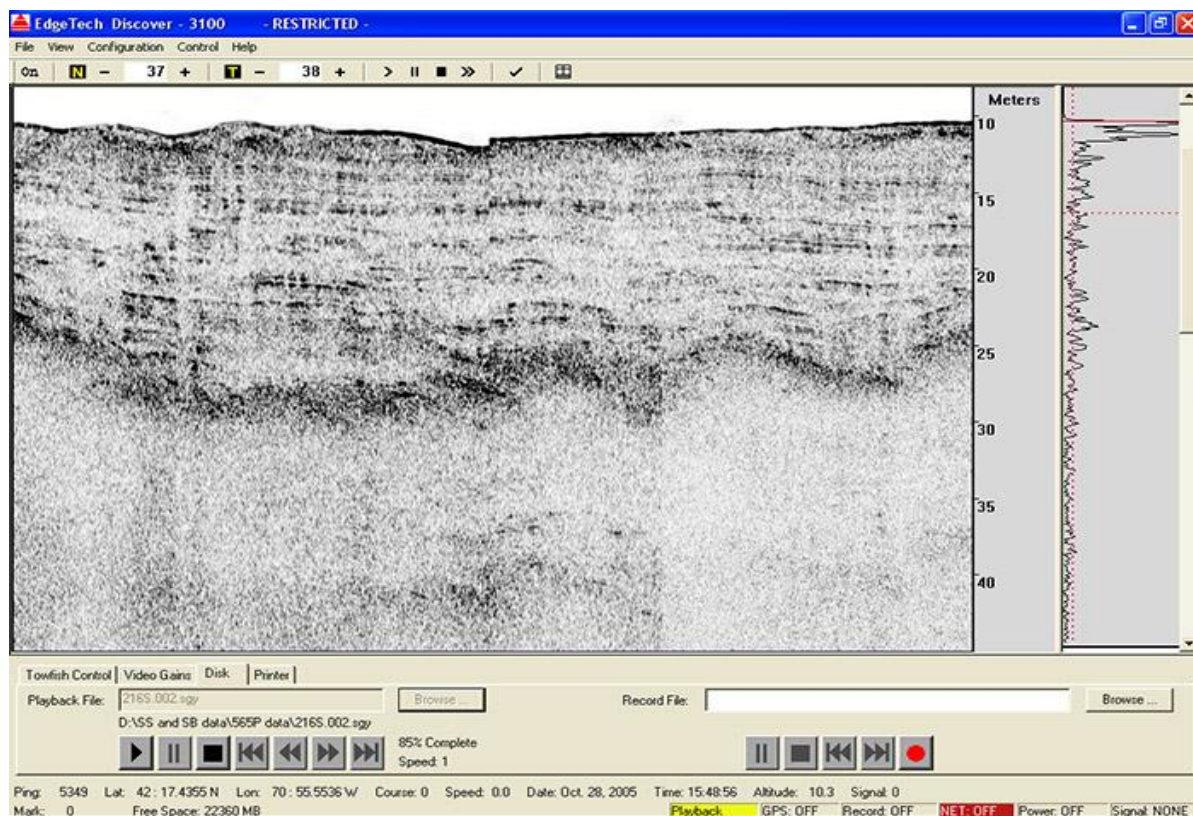


Рисунок 2.2.9 – Пример визуализации данных профилографа в программе DISCOVER

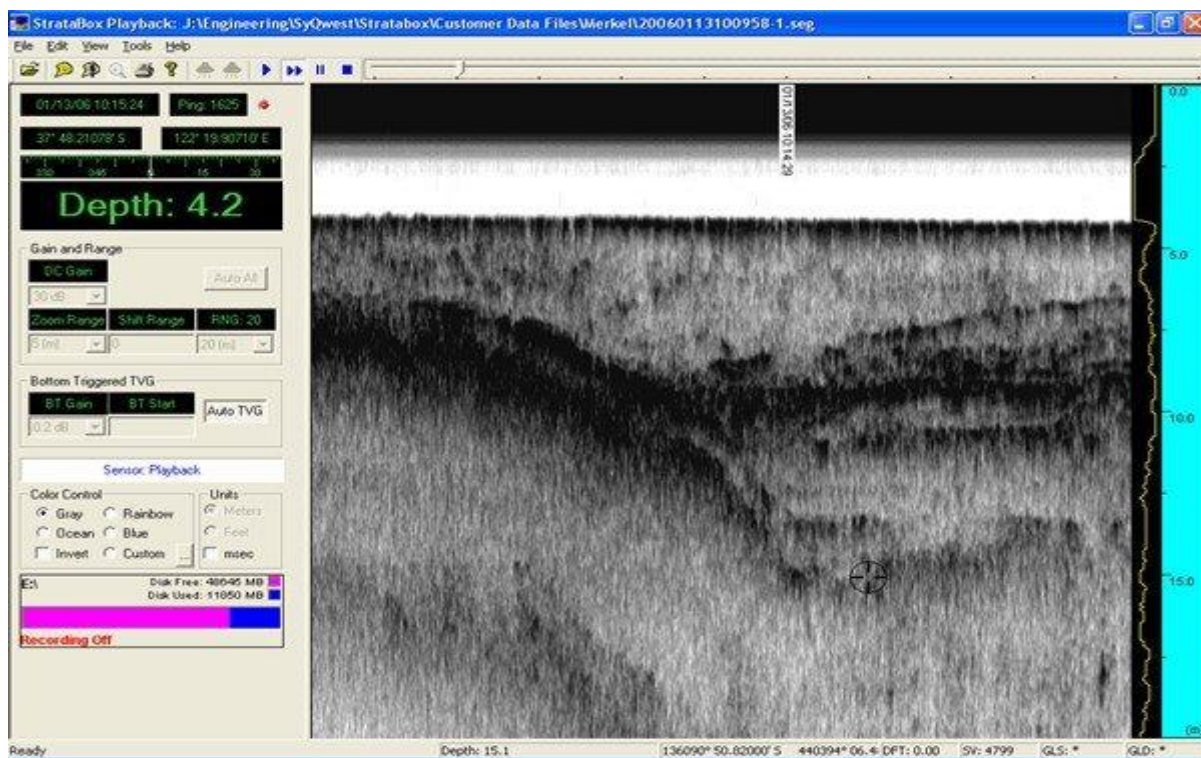


Рисунок 2.2.10 – Пример визуализации данных в профилографа в программе Нураск

Сканирующие гидролокаторы. Данные приборы проектирует и создает лишь одна компания Teledyne Blueview, поэтому и выбор был сделан лишь из устройств этой компании.

Таблица 2.2.4 - Сравнение характеристик сканирующих гидролокаторов

Технические характеристики	Blueview 5000-1350	Blueview 5000-2250
Максимальная глубина погружения	4000м	4000м
Максимальное рабочее расстояние	30м	10м
Оптимальное рабочее расстояние	1-20м	0.5-7м
Область сканирования	45°-360°	45°-360°
Поле обзора	45°x1°	42°x1° / 80°x1°

Рабочая температура	0°C-40°C	0°C-40°C
Рабочая частота/Разрешающая способность	1.35 МГц @ 15 мм	2.25 МГц @ 10 мм
Масса в воздухе	9.5 кг	8.6 кг

Особенности:

- Стандартное подключение посредством Ethernet/RS485
- Интуитивно понятный интерфейс программного обеспечения, входящий в комплект с оборудованием.
- Возможность сканирования как отдельных участков, так и сферообразное сканирование.

Преимущества:

- Простота в использовании. Сканирования в одно нажатие.
- Уникальная возможность использования звуковизора в разных местах с последующей склейкой изображений, для получения единого изображения
- Простое комбинирование изображения, полученное со звуковизора и поверхностного лазерного сканера.
- Компактный размер 3D звуковизора позволяет устанавливать его в труднодоступных местах
- Сканирование при низкой или нулевой видимости.

Комплект поставки:

- 3D звуковизор (1,35 или 2,25 МГц)
- Штатив с поворотным механизмом
- Транспортировочный кейс.
- Комплект соединительных кабелей с программным обеспечением
- Руководство по эксплуатации

Наиболее подходящей для целей обследования затонувших объектов и создания их 3Dмоделей из двух моделей можно считать Blueview 5000-1350 (рис. 2.2.11) Оптимальное соотношения расстояния работы и разрешения поможет создавать 3Dмодели затонувших судов.

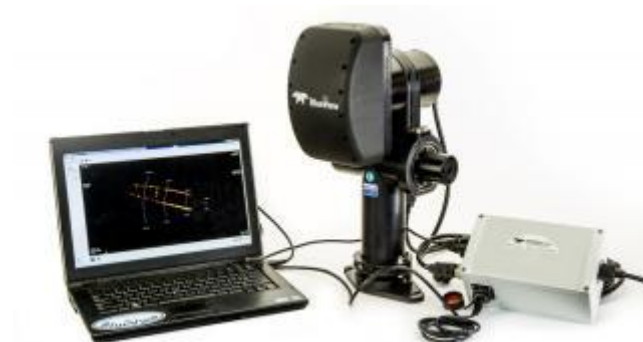


Рисунок 2.2.10 – Сканирующий гидролокатор Blueview 5000-1350

В комплекте со сканирующим гидролокатором Blueview поставляется программа Blueviewer, пример визуализации данных в этой программе представлен на рисунке 2.2.11.

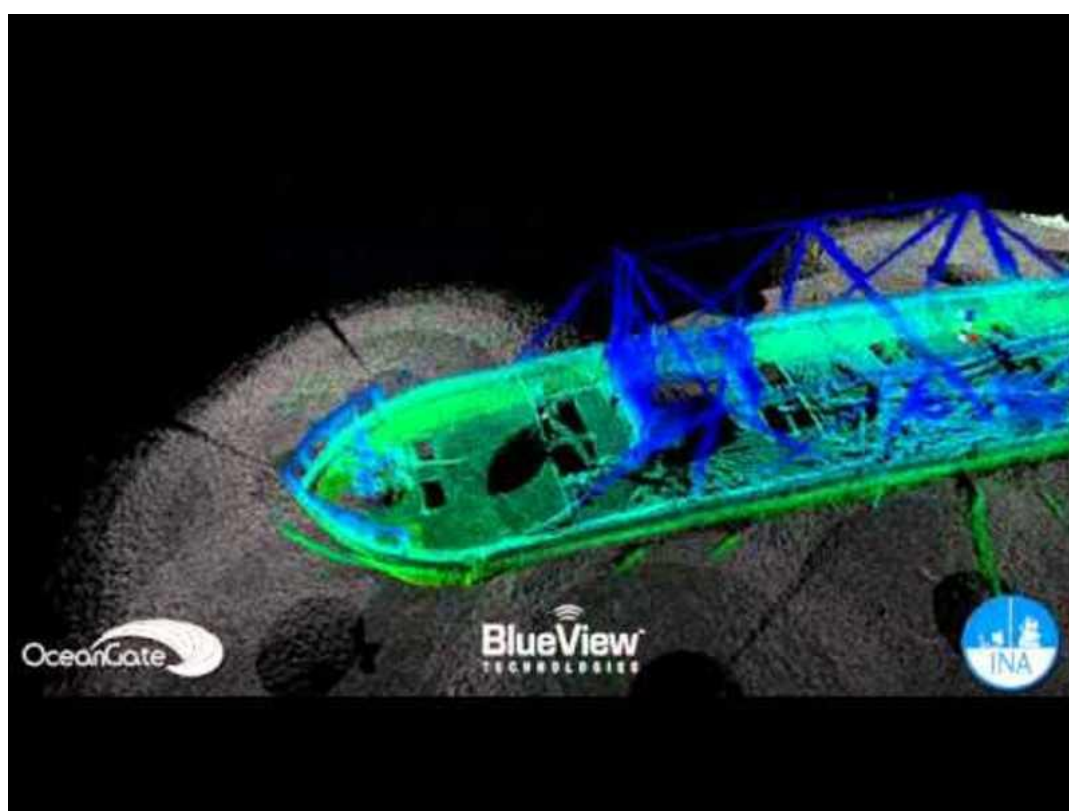


Рисунок 2.2.11 – Пример визуализации данных сканирующего гидролокатора в программе BlueView.

Вывод

Выполнен анализ районов эксплуатации Арктической зоны, рассмотрены гидрометеорологические характеристики, такие как температура, рельеф дна, ледовитость и т. д. Выделены основные районы работы, а это северные моря России: *Баренцево море, Белое море, Карское море, Море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, Чукотское море.*

Выдвинуты требования к ГАС для использования в Арктической зоне:

1. низкие температуры, при которых может работать устройство
2. рабочая глубина устройства не ниже средней глубины в акватории (200м)
3. устройства с высокой разрешающей способностью, от 1 м (наиболее подходящая частота работы от 200kHz до 400kHz)
4. легкость эксплуатации
5. использование буксируемых аппаратов в зоне отсутствия льда
6. проницаемость дна для профилографов в несколько метров, так как целью стоит не изучение слоев грунта, а поиск объектов покрытых илом

Выбраны модели ГАС для работы в Арктической зоне (таб. 2.2.5)

ГАС:	Название модели:
Многолучевой эхолот	KongsbergEM 2040C D
Гидролокатор бокового обзора	Edgetech 4200
Акустический профилограф	Edgetech 3100 SB-424
	Syqwest Stratabox HD
Сканирующий гидролокатор	Blueview 5000 - 1350

3 РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Каждый из рассмотренных ГАС обладают разными возможностями, и созданы для разных целей. Требуется собрать данные ГАС в единую систему для совместного использования. Все они различаются по их расположению на судне и их использованию. Так ГБО Edgetech 4200 буксируемый аппарат, акустический профилограф Stratabox HD устанавливается на штангу, закрепленную на судне. Акустический профилограф Edgetech 3100 может быть установлен на штанге, так и использоваться как буксируемый аппарат. Если же рассматривать МЛЭ Kongsberg EM2040C D, то он должен быть установлен под килем судна. Сканирующий гидролокатор Blueview BV5000 – 1350 закрепляется или на штатив, или на телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (ТНПА). Все ГАС располагаются по-разному в разных частях судна или даже вне его. Требуется разработать рекомендации по совместному использованию ГАС отобранных для работы в Арктической зоне и созданию системы.

Главная рекомендация, выставляемая к использованию ГАС в Арктической зоне – это сезон, когда стоит проводить работы по поиску затонувших объектов и построению рельефа дна. Связано это с льдами в северных морях, ведь льды представляют большую угрозу для дорогостоящих аппаратов особенно если они будут установлены не на судах ледокольного типа. Основным временем для данных работ будут месяцы с июня по начало сентября. Для каждого моря они могут немного изменяться. Также стоит отметить определенные условия работы в таких морях как море Лаптевых и Баренцево море. Так работа в море Лаптевых возможна только в Августе – Сентябре и то только в его южной части. В Баренцевом море благоприятные условия работы в его западной части, а остальная часть освобождается летом до 78° с. ш., за ней почти в любое время года находятся льды. Для работы во льдах требуются специальные суда ледокольного типа, оснащенные гидроакустическими комплексами (ГАК), та-

кие как исследовательский ледокол «Поларштерн» (рис.3.1) или «Санкт-



Петербург» (рис.3.2).

Рисунок 3.1 – немецкое научно-исследовательское судно, ледокол Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера «Поларштерн»

Рисунок 3.2 – ледокол «Санкт-Петербург»

Из первого пункта вытекает второй, рекомендации по выбору судна оснащаемого выбранными гидроакустическими средствами. Отлично подойдут небольшие суда, оснащенные краном манипулятором для удобства размещения буксируемых аппаратов. Так в Карском море для съемки дна использовалось судно НИС «Алдан» (рис. 3.3) на базе малого рыболовного траулера типа Лау-



кува, оснащенное МЛЭ KongsbergEM2040C D. Также данное ГАС можно установить на ледокольные суда для профилирования дна и поиска затонувших объектов в зоне льдов.



Рисунок 3.3 – НИС «Алдан»

Так помимо МЛЭ ледокол можно снарядить сканирующим гидролокатором, установленным предпочтительно установленным на ТНПА.

В зоне же отсутствия льда ограничений по использования ГАС нету. В основной комплект можно включить два ГАС: МЛЭ KongsbergEM2040CDи ГБО Edgetech 4200. Данные ГАС могут использоваться как вместе, так и по отдельности. Использование вместе увеличит точность создания профиля дна, а также скроет пробел между лучами ГБО.

В расширенный комплект стоит добавить акустический профилограф StrataboxHDили Edgetech 3100, что еще больше увеличит возможности поиска в случае если объект находится под слоем грунта.

Опциональным ГАС можно считать сканирующий гидролокатор Blueview 5000 – 1350. Данный гидролокатор будет нужен в случае подробного изучения затонувшего объекта, то есть построения его подробной 3Dмодели.

Для полного раскрытия возможностей всей гидроакустической системы требуется гидрографическое программное обеспечение с широким спектром возможностей, а также обязательное подключение к навигационным системам.

Гидрографическое программное обеспечение от компании QPS - QINSyпредложенное ранее для работы EM2040CD отлично справится с задачами связи данных ГАС в одну систему. Все ранее выбранные ГАС совместимы с QINSy и требует лишь установки дополнительных драйверов. Какие возможности может предоставить QINSy. QINSyрасшифровывается как QualityIntegratedNavigationSystem, в дословном переводе «интегрированная навигационная система». Данное программное обеспечение поможет связать данные нескольких ГАС и на основе их построить точную карту рельефа, а также 3Dмодель рельефа. Пример представлен на рисунке 3.4

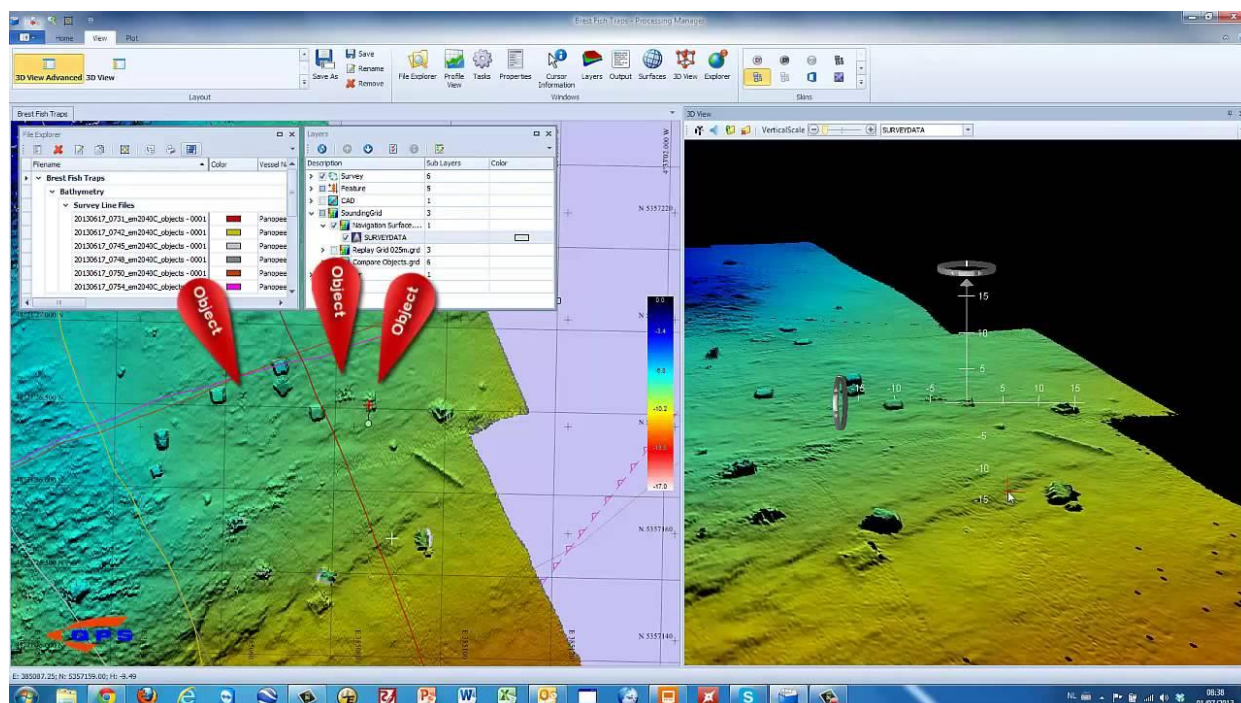


Рисунок 3.4 – Пример работы программы QINSy

Также данная программа поможет связать данные донного профилирования акустическим профилографом и площадной съемкой дна. Комплексное представление данных 3Dвизуализации можно видеть на рисунке 3.5. Главным плюсом работы такой системы будет сокращение затрат на исследование, так как это даст возможность изучать данные вне экспедиций.

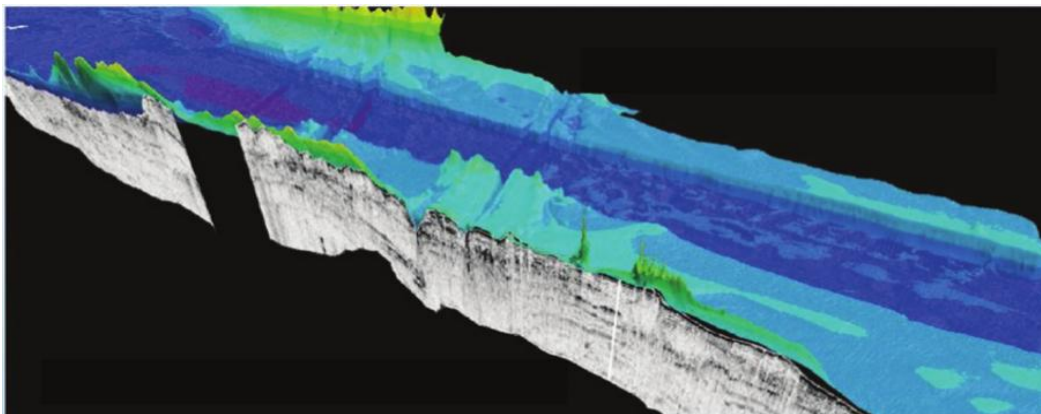


Рисунок.3.5 – Комплексное представление данных

Вывод

Для мониторинга и поиска затонувших объектов рекомендуется:

1. Основное время проведения работ месяцы – с Июня по Сентябрь.
2. Для работы во льдах требуются специальные суда ледокольного типа, оснащенные ГАК или оснащенные МЛЭ EM2040CD.
3. В зоне отсутствия льдов:желательно использование судов оснащенных краном манипулятором;деление на два комплекта в зависимости от поставленных задач, основной (МЛЭ EM2040CD, ГБО Edgetech 4200) и расширенный (все выбранные ГАС).
4. Для работы гидроакустической системы требуется специальное гидрографическое программное обеспечение (QPS–QINSy), а также обязательное подключение к навигационным системам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью работы является разработка рекомендаций по выбору систем мониторинга дна и поиска затонувших объектов.

В процессе достижения поставленных целей были получены результаты:

1.Выполнен анализ гидроакустических средств профилирования дна и поиска затонувших объектов.

Проведен анализ типов затонувших объектов (таб. 1.1)

Таблица 1.1 – Классификация типов затонувших объектов.

Тип объекта	Характеристики	Особенности
Точечный	координаты	Конструкции небольшого диаметра, мусор (частный случай площадных объектов)
Линейные	координаты протяженность	Трубопроводы, кабели, шлейфы (протяженные объекты)
Площадные	координаты площадь	Затопленные баржи, элементы техногенного рельефа (объекты простых геометрических форм)
Комбинированные	координаты протяженность площадь	затопленные суда, подводные части гидротехнических сооружений (комбинация всех типов объектов)

Рассмотрены типовые ГАС применяемые для профилирования дна и поиска затонувших объектов (таб. 1.2)

Таблица 1.2 – Типовые ГАС применяемые для профилирования дна и поиска затонувших объектов.

Гидроакустическое средство	Характеристики	Особенности
Эхолот	- низкочастотные, работа на частоте до 7кГц - среднечастотные, работа на частоте от 70 до 100кГц - высокочастотные, работа на частоте до 400кГц и более	профилирование дна и поиск затонувших объектов. Типы: однолучевой и многолучевой.
Гидролокатор бокового обзора		профилирование дна и поиск затонувших объектов, охват больших площадей
Акустический профилограф	частота от 1 до 12кГц	поиск затонувших объектов под слоем ила, профилирование осадочных грунтов.
Сканирующий гидролокатор	частота от 1 МГц	создание 3D моделей затонувших объектов.

2. Осуществлен выбор технических средств для работы в Арктической зоне.

Выполнен анализ районов эксплуатации Арктической зоны, рассмотрены гидрометеорологические характеристики, такие как температура, рельеф дна, ледовитость и т. д. Выделены основные районы работы, а это северные моря России: *Баренцево море, Белое море, Карское море, Море Лаптевых, Восточно-Сибирское море, Чукотское море.*

Выдвинуты требования к ГАС для использования в Арктической зоне:

- низкие температуры, при которых может работать устройство
- рабочая глубина устройства не ниже средней глубины в акватории (200м)
- устройства с высокой разрешающей способностью, от 1 м (наиболее подходящая частота работы от 200kHz до 400kHz)

- легкость эксплуатации
- использование буксируемых аппаратов в зоне отсутствия льда
- проницаемость дна для профилографов в несколько метров, так как целью стоит не изучение слоев грунта, а поиск объектов покрытых илом

Выбраны модели ГАС для работы в Арктической зоне (таб. 2.2.5)

ГАС:	Название модели:
Многолучевой эхолот	KongsbergEM 2040C D
Гидролокатор бокового обзора	Edgetech 4200
Акустический профилографа	Edgetech 3100 SB-424
	Syqwest Stratabox HD
Сканирующий гидролокатор	Blueview 5000 - 1350

3.Разработаны рекомендации по применению систем мониторинга в Арктической зоне.

Для мониторинга и поиска затонувших объектов рекомендуется:

1. Основное время проведения работ месяцы – с Июня по Сентябрь.
2. Для работы во льдах требуются специальные суда ледокольного типа, оснащенные ГАК или оснащенные МЛЭ EM2040CD.
3. В зоне отсутствия льдов:желательно использование судов, оснащенных краном манипулятором;деление на два комплекта в зависимости от поставленных задач, основной (МЛЭ EM2040CD, ГБО Edgetech 4200) и расширенный (все выбранные ГАС).
4. Для работы гидроакустической системы требуется специальное гидрографическое программное обеспечение (QPS–QINSy), а также обязательное подключение к навигационным системам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мобильные средства поиска и обследования затонувших объектов. Перспективы комплексного использования. (В. П. Ананьев, И. В. Зайченко, Н. Ф. Марченко)
2. Морской энциклопедический справочник (Н.Н.Исанин, А.Л.Митрофанов, В.И.Баранцев, Ю.Н.Безпятах, А.В.Бронников и др.)
3. Параметрический профилограф для экологического мониторинга (Д. Ш. Нагучев, В. Л. Сахаров, И. Б. Старченко)
4. <http://bellona.ru/2002/08/30/zahoronenie-rao-i-oyat-v-moryah/>
5. О применении современных технических средств для высокоточной съемки рельефа дна и подводных объектов (Г.А.Гринь, П.П.Мурзинцев)
6. Применение современных гидрографических технологий изучения рельефа и донного газопроявления в северных морях России (Е.Н. Колосков, Ю.Г. Фирсов)
7. Инновационные методики в учебном процессе при подготовке гидрографов (Ю.Г. Фирсов)
8. Гидроакустические преобразователи и антенны (Г.М. Свердлин)
9. Основы гидроакустики (Роберт Дж. Урик)
10. Гидроакустические исследования распределения антарктического криля (*Euphausia superba*) в Атлантическом секторе Антарктики в сезон 2010/11 (Д. О. Сологуб)
11. Диагностика подводных переходов. Многолучевые эхолоты (Г. А. Гринь)
12. Современные методы ледовых исследований и изысканий на шельфе арктических морей (Ю.П. Гудошников, В.Н. Смирнов)
13. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D1%80%D1%88%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD_\(%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%BE\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D1%80%D1%88%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD_(%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%BE))
14. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%82->

%D0%9F%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B1%D1%83%D1%80
%D0%B3_(%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0
%BB)

- 15.<https://www.belfreight.ru/rus/management/aldan/>
- 16.<http://www.qps.nl/display/main/home>
- 17.https://en.wikipedia.org/wiki/Seismic_source
- 18.<https://www.marine-seismic-equipments.net/seismic-sources>
- 19.<http://kleinmarinesystems.com>
- 20.<http://www.tetis-pro.ru>
- 21.<http://pro-arctic.ru/26/06/2012/technology/129>
- 22.<http://www.aari.ru>
- 23.<http://будущее-арктики.рф>
- 24.<https://www.km.kongsberg.com/>
- 25.<http://www.syqwestinc.com/products>
- 26.<http://www.blueview.com/>
- 27.<https://www.edgetech.com/>
- 28.<http://www.fort21.ru/cont/content.php?id=895>
- 29.<http://www.ecosystema.ru/08nature/world/geoussr/1-2-1.htm>
- 30.<https://confluence.qps.nl/>