



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: «Применение контактных и бесконтактных методов изучения Мирового океана»

Исполнитель: Филлер Денис Артемович

Руководитель: кандидат технических наук, доцент
Михалев Валерий Федорович

«К защите допускаю»

и.о. заведующего кафедрой: _____

кандидат географических наук, доцент

Фокичева Анна Алексеевна

« ____ » _____ 2017 г.

Санкт-Петербург

2017

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет Информационных систем и геотехнологий

Кафедра «Морские информационные системы»

К защите допустить

И.О. Зав. кафедрой к.г.н. _____/А. Фокичева/

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

**«ПРИМЕНЕНИЕ КОНТАКТНЫХ И БЕСКОНТАКТНЫХ МЕТОДОВ
ИЗУЧЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА»**

Направление подготовки – 17.03.01 «Корабельное вооружение»

Профиль - «Морские информационные системы и оборудование»

Исполнитель:

Филлер Денис Артемович

Руководитель:

к.т.н. доцент

Михалев Валерий Федорович

Санкт-Петербург – 2017

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (РГГМУ)

Факультет ИС и ГТ

Кафедра Морские информационные системы

Направление подготовки 17.03.01 Корабельное вооружение

Профиль Морские информационные системы и оборудование

ЗАДАНИЕ

на дипломное проектирование

студента Филлера Дениса Артемовича

1. Тема дипломного проектирования:

«Применение контактных и бесконтактных методов изучения Мирового океана»

2. Цели исследований:

Разработка предложений по совершенствованию информационно-технической системы обзора подводной обстановки.

3. Перечень подлежащих разработке разделов по теме:

- Мониторинг обстановки в районе добычи углеводородов в Арктике;
- Структура модели информационно-технической системы подводного наблюдения;
- Практические рекомендации по реализации модели.

4. Основные ожидаемые результаты:

Структура модели информационно-технической системы подводного наблюдения и передачи информации на КП.

5. Состав технической документации проекта в соответствии с методическими указаниями.

Задание утверждено на заседании кафедры МИС «__» _____ 2016 года

Дата выдачи задания «__» _____ 2016 года

Зав. кафедрой МИС _____ (А.Г. Соколов)

Руководитель _____ (_____)

Студент _____ (_____)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 МОНИТОРИНГ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ В АРКТИКЕ	4
1.1 Районы добычи углеводородов в Арктике.....	4
1.2 Принципы и содержание мониторинга арктических районов.....	22
1.3 Стратегия и риски промышленного использования полезных ископаемых в Арктике.....	36
Выводы	51
2 СТРУКТУРА МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДВОДНОГО НАБЛЮДЕНИЯ.....	52
2.1 Структура системы контроля добычи углеводородов в Арктической зоне..	52
2.2 Информационно-аналитическая подсистема, обеспечивающая сбор, обработку, хранение, передачу и анализ совокупности получаемых данных дистанционных и контактных измерений.....	58
2.3 Информационные системы ближнего и дальнего обнаружения подводных целей.....	62
Выводы	64
3 ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ...	65
3.1 Технологические решения.....	65
3.2 Информационные технологии.....	
3.3 Экономическая оценка.....	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Согласно «Основам государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года» приоритетами в Арктике определены: активное освоение природных ресурсов региона, развитие транспортной и пограничной инфраструктуры, а также информационно-телекоммуникационной среды.

Одной из основных задач является освоение нефтегазового потенциала арктического континентального шельфа. Начальные суммарные ресурсы углеводородов шельфовых зон России по имеющимся на сегодня оценкам составляют около 136 млрд т условного топлива. Наибольшая доля (около 67%) приходится на моря западной части Арктики — Баренцево, Печорское и Карское, Восточносибирское и Чукотское моря.

Помимо запасов углеводородного сырья Арктическая зона обладает большими запасами полезных ископаемых, для добычи и переработки которых созданы мощные горнопромышленные и металлургические комплексы, обеспечивающие значительную часть потребности страны во многих видах полезных ископаемых. Арктика обладает крупными энергетическими ресурсами, что позволяет экспортировать часть электроэнергии в сопредельные государства.

В пределах Арктической зоны размещены объекты, которые могут стать источниками чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Это нефтепроводы, газопроводы, предприятия по добыче, переработке и хранению газа, нефти и нефтепродуктов, атомные электростанции, химически и взрывопожароопасные объекты, важные элементы коммуникаций

Решение поставленных задач выдвигает новые требования к обеспечению безопасности населения и территорий от возможных чрезвычайных ситуаций техногенного характера и военной активности при арктических государствах.

Одним из принципов национальной морской политики является развитие систем мониторинга состояния морской, природной среды и прибрежных территорий. Эта задача актуальна для морских акваторий, связанных с развитием нефтегазового комплекса, особенно с освоением нефтегазового потенциала арктического континентального шельфа России.

1. Мониторинг обстановки в районе добычи углеводородов в Арктике

1.1. Районы добычи углеводородов в Арктике

Арктика - единый физико-географический район Земли, примыкающий к Северному полюсу и включающий окраины материков Евразии и Северной Америки, почти весь Северный Ледовитый океан с островами (кроме прибрежных островов Норвегии), а также прилегающие части Атлантического и Тихого океанов.

Площадь Арктики около 27 млн. кв. км и максимальную протяженность границ там имеет Россия. Основное богатство Арктики - колоссальное количество неразработанных энергоресурсов, под ее льдами залегает около 90 млрд баррелей нефти и 47 трлн. кубометров природного газа. Но промышленное освоение этих территорий требует самых новых технологий. Что сегодня могут предложить отечественные ученые?

По мнению ученых из Геологического общества, в Арктике сосредоточено 13% от мировых неразведанных запасов нефти и 30% неразведанных газовых запасов в мире. В пределах материковой части Арктики располагаются

уникальные запасы и прогнозные ресурсы медно-никелевых руд, олова, платиноидов, агрохимических руд, редких металлов и редкоземельных элементов, крупные запасы золота, алмазов, вольфрама, ртути, черных металлов, оптического сырья и поделочных камней.

В суровых климатических условиях Арктики апробированные технологии добычи углеводородов невозможно будет применить: месторождения располагаются далеко от береговой линии, транспортные коммуникации практически отсутствуют, продолжительная и очень холодная зима, полярная ночь, а толщина ледового покрова достигает двух и более метров, ему свойственна подвижность и образование торосов.

Основной недостаток надводного способа освоения для применения в Арктике в технико-экономической нецелесообразности использования конструкции объектов обустройства в сложных ледовых условиях. Опыт эксплуатации искусственных островов в мелководной части Канадской Арктики показал, что их основным недостатком является сложность обеспечения защиты откосов от волновой и ледовой эрозии и до настоящего времени указанная проблема практически не решена.

Применение подводных промыслов является наиболее перспективным, оно основано на использовании систем подводного заканчивания скважин, устья которых располагаются на морском дне. Подводные промыслы могут быть полностью автономными, а также применяться в сочетании со стационарными или плавучими технологическими платформами, т.е. как комбинированный промысел. По сравнению с традиционными методами освоения данный способ целесообразно рассматривать в качестве ведущих для освоения Арктических ресурсов углеводородов.

Страны Арктического региона имеют достаточные обширные запасы полезных ископаемых, в том числе углеводородных. Большинство этих запасов сосредоточено в арктических районах крайнего севера. Россия владеет практически самой богатой на полезные ископаемые частью. Почти треть

мировых владений Крайнего севера приходится на Российскую Федерацию. На сегодняшний момент в Арктическом регионе сконцентрировано огромное количество открытых в России крупных месторождений углеводородов. Стоит также отметить и про потенциальные и стратегические месторождения, которые в регионе насчитывается свыше тысячи. Большинство из них (более 50%) являются именно нефтяными. Почти все запасы российского газа (более 90%) приурочены к месторождениям Крайнего Севера, что делает исследование данного региона все более актуальным.

Арктика богата запасами полезных ископаемых

За полярным кругом сейчас находится около 25% мировых запасов углеводородов. Из которых потенциальные запасы нефти составляют порядка 90 млрд. барр., газа – 47,3 трлн. куб. м, газового конденсата – 45 млрд. барр. Данные ресурсы распределены по региону достаточно неравномерно, наибольшими запасами углеводородного сырья (более 250 млн. барр. нефти и газа в нефтяном эквиваленте, что составляет 60% от всех запасов Арктики) обладает Россия. Россия является передовым разработчиком газовых и нефтяных месторождений Арктической зоны. С вводом в разработку в 1970-ых годах крупных бассейнов Ямала (Уренгой, Ямбург) прочно заняла лидирующие позиции по добыче углеводородного сырья. Однако стоит отметить, что Россия концентрируется в основном на суше, а зоны шельфа пока что только начали осваиваться.

Постепенно шельф начинает играть все большую роль в поддержании мировой нефтедобычи. Это связано с истощением и удорожанием добычи нефти в местах традиционной добычи. По данным международных экспертов, 2/3 запасов углеводородного сырья открыто именно на шельфе. Объемы поискового бурения на континентальном шельфе, в том числе в Арктике, тоже растут, но прежде всего за счет Норвегии, активно стимулирующей освоение нефтегазовых ресурсов. Ресурсы нефти, газа и конденсата арктического континентального шельфа оцениваются в 83 млрд тонн условного топлива.

Наиболее значительным потенциалом характеризуются недра арктических морей, Баренцева и Карского в частности. На долю этих двух морей приходится 80% всех запасов арктического шельфа. На данной территории находятся все 25 открытых месторождений нефти и газа, размер извлекаемых запасов которых равен 10 млрд. т. у. т. (8,6 трлн. куб. м. газа и 430 млн. т. нефти).

В ближайшей перспективе планируется расширение и осуществление крупных проектов по освоению ресурсов месторождений арктических акваторий (Штокмановского, Приразломного месторождений). При условии выполнения основных мероприятий стратегии изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа РФ и комплексного плана по его реализации ожидаемые объемы добычи нефти на шельфе могут составить к 2020 г. до 95 млн. т, а газа – до 320 млрд. куб. м.

Арктика - сложный для работы регион;

Географическое положение – удаленность, полярные ночи/дни и связанный с этим недостаток света создает сложности, влияющие на безопасность условий труда человека в данном регионе. Среди них можно выделить проблемы со связью, логистикой и доставкой оборудования, скоростью реагирования в чрезвычайных ситуациях.

Глубоководность – глубина моря представляет собой трудности при передаче энергии, материалов, жидких и газовых полезных ископаемых. Увеличиваются затраты на эксплуатации протяженных магистралей трубопроводов, на постройку плавучих производственных комплексов. До сегодняшнего дня, большинство арктических проектов строилось на глубине до 100 метров (нефтяное месторождение Хайберния на северном шельфе Канады). Для производства на глубине свыше 400 метров (как в случае с Штокманом), потребуются более ледостойкие конструкции.

Сверхдальние расстояния – в Арктике до сих пор не существует близко расположенных прибрежных нефтепромысловых объектов, для многих новых

морских комплексов потребуется соединение с новой береговой инфраструктурой. Сверхдальние расстояния требуют создания эффективной сети электропередачи. Известно, что при передаче энергии на большие расстояния происходят серьезные потери мощности. Расположенный в 600 км от береговой линии Штокман показывает хороший пример отдаленности некоторых месторождений сегодня.

Транспортировка газа – если на проекте не используется перегон газа в жидкость, то газ и конденсат необходимо будет транспортировать на дальние расстояния достаточно дорогим и сложным методом, что может вызывать значительные сложности с пульсациями и перемещением газа на дальние расстояния. В этом случае насосы для этих целей также создают дополнительные расходы на энергопотребление.

Строительно-монтажные работы – строительство представляет трудность в связи с кратковременностью благоприятных погодных и ледовых условий. В зависимости от расположения проекта, строительство возможно зимой или летом. Вероятность успешного завершения строительства объекта во многом зависит от времени года. Зимой ледяной покров стабилен и почти недвижим. Летом, свободная ото льда вода допускает навигацию судов для закладки траншей и установки трубопровода. Однако в связи с тенденцией на изменение климата, постепенно различия между временами года стираются. Нельзя говорить о каком-либо видимом тренде, однако мы можем наблюдать снижение среднегодовых амплитуд температур по крайней мере на 3 градуса.

Добыча нефти и газа в Арктическом регионе представляет огромную сложность как с точки зрения физических аспектов, так и с социально-экономических. Изменения климата могут улучшить условия для добычи полезных ископаемых в этих условиях, однако они, скорее всего, будут краткосрочными. Долговременные перспективы, издержки, связанные с изменением климата, и методы адаптации к ним – это то, что мы должны исследовать сегодня для лучшего будущего завтра.

Повышение температуры в Арктическом регионе . Тенденция роста температуры, достигающая за 30- летний период (1971—2000 гг.) в отдельных районах (Аляска, Северная Канада, Сибирь) почти 3°C.

Температура в Арктике растёт

Температура приземного слоя воздуха в Арктике с 2005 г. превышает среднюю температуру за любой пятилетний отрезок со времени начала измерений (примерно 1880 г.). Потепление Арктики происходит вдвое быстрее, чем в мире в целом . Данные исследований озерных донных отложений , годовых колец деревьев и ледяных кернов показывают, что летняя температура в Арктике превышает температуру, наблюдавшуюся когда-либо до того за последние 2000 лет. Были зафиксированы невиданные ранее аномалии в океанических течениях, в том числе большой приток в Северный Ледовитый океан теплых вод из Тихого океана . Эти изменения являются главными движущими силами изменений в криосфере Арктики.

За 1971—2000 гг. количество осадков возросло в большей части регионов Арктики на величину от 10% до 30%,

Постоянный снежный покров и морской лед, характерные для данного региона, имеют склонность к сокращению области своего распространения за счет активного таяния и откалывания отдельных частей в виде айсбергов. Наблюдается тенденция на ускорение таяния крупных массивов льда по сравнению с предыдущими декадами.

Изменения в криосфере вызывают фундаментальные изменения арктических экосистем, которые итак являются наиболее уязвимыми вследствие низкого уровня биоразнообразия и отсутствия должных систем саморегуляции.

Увеличение высот ветровых волн и появление обломков айсбергов от деградирующих (разрушающихся) ледников на арктических островах, которое может представлять опасность для добывающих сооружений и транспортных средств – самая большая угроза нефтедобыче в регионе. В числе

прочих опасностей можно отметить и возможное увеличение нагрузки и рост числа аварий на объектах энергетической инфраструктуры, усложнение транспортной коммуникации региона из-за резких перепадов температуры и усиления частоты опасных гидрометеорологических явлений.

В связи с глобальным изменением климата появляются и новые перспективы для развития добычи полезных ископаемых в регионе. Это, в первую очередь, открытие новых месторождений, доступ к которым ранее был ограничен в силу различных климатических, физических или иных условий. Со смягчением климата и таянием ледовых айсбергов и наносов можно обнаружить и новые перспективные районы добычи углеводородов. Немаловажную роль играет и развитие круглогодичной навигации по всем участкам Северного морского пути, увеличение проходной способности данного пути, а также увеличение доходов вследствие снижения себестоимости грузов (не только сырьевых) за счет снижения затрат на их перевозку.

Что необходимо сделать для того, чтобы снизить риски? Во-первых, необходимо учитывать изменившиеся показатели высоты волн, частоты бурь, динамики айсбергов и ледниковой активности для предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с ними, реалии при проектировании будущих гидротехнических и иных сооружений добычи полезных ископаемых. Надо переосмыслить систему прогнозирования гидрометеорологических явлений и характеристик, активное построение моделей с учетом изменяющихся климатических реалий, и, конечно же, пересмотреть строительные нормы, ГОСТы, СНиПы и правила эксплуатации морских сооружений в Арктической шельфовой зоне.

Разработка ресурсов в Арктике: риски и ответственное управление.

Высокие широты – низкое напряжение

Арктика – весьма разнообразный регион, сам по себе опровергающий простые и чёткие определения. Изменчивость в пределах самого Полярного круга

зачастую больше, чем между Арктической зоной и пограничными с ней территориями. 4 млн жителей, проживающих в Заполярье, распределены по территории крайне неравномерно, то же самое можно сказать и о размерах доказанных и доступных в настоящее время природных ресурсов. Необходимо отметить экологическую уязвимость и прочие ограничения, существующие здесь.

Мнения о перспективах и рисках этого региона в глобальном измерении сейчас как никогда поляризованы: от «Арктики – последнего рубежа девственной природы, нуждающейся в защите от давления современной цивилизации» до «нового энергетического рубежа, обеспечивающего безопасность поставок энергоносителей, благосостояние и рабочие места на побережье приарктических государств». Таким образом, Арктика одновременно является регионом громадных перспектив и больших парадоксов. Одна из главных дилемм заключается в том, что, с одной стороны, в Заполярье (как нигде в мире) существует серьёзная угроза климатических изменений, о чём свидетельствуют результаты научных исследований. С другой стороны, именно климатические изменения, в результате которых происходит таяние льдов, открывают Арктику для масштабного прихода сюда промышленности.

В ряде исследований арктическими считаются все северные регионы, где средняя температура июля не превышает 10 градусов Цельсия. По этому определению Арктикой могут считаться большая часть Берингова моря между Россией и Аляской США, а также море Лабрадора между материковой частью Канады и Гренландией, несмотря на то, что они расположены южнее Полярного круга. На суше арктическими иногда считают регионы, расположенные к северу от границы распространения лесов, т.е. самой высокой широты, на которой они могут произрастать. В докладе Института Фритьофа Нансена и компании DNV основное внимание исследователей сосредоточено на акватории Северного Ледовитого океана и прилегающих к нему территорий, где ведётся хозяйственная деятельность, влияющая на состояние океанских вод.

Арктический совет не установил точных географических границ своего мандата. Поэтому не существует чёткого юридического определения границ Арктики. Ситуация особенно туманна в отношении делимитации границ арктических вод в Северо-Восточной Атлантике. С точки зрения защиты экологии от загрязнений, Конвенция OSPAR, предметом регулирования которой является регион Северо-Восточной Атлантики, определяет арктические воды (Регион I в документе) как расположенные севернее 600 северной широты.*

Международные соглашения устанавливают различные границы арктических вод. Одной из отправных точек является Статья 234 Конвенции ООН по морскому праву, в которой выделены особые регионы, «где особо суровые климатические условия и присутствие ледового покрова в течение большей части года создают препятствия или представляют собой особую опасность для навигации». В данном обзоре термин «Арктика» будет означать Северный Ледовитый океан и арктические моря (такие как море Бофорта и Баренцево море), а также территории на суше, непосредственно прилегающие к таким водам.

Новые арктические перспективы требуют комплексного, и в то же время индивидуального и дифференцированного подхода. Некоторые арктические регионы, такие как побережье северной Норвегии, уже достаточно хорошо развиты как с точки зрения экономики, так и с точки зрения государственного регулирования. Тогда как обширные территории в Заполярье, всё ещё остаются неохваченными нормативно-правовой базой в части мероприятий по поисково-спасательным работам, эвакуации, очистным работам и ответственности за ущерб от разливов нефти.

Совокупность этих факторов заставила арктические страны выработать новую политику и планы в отношении развития северных регионов и морских зон. Крупные компании уже начали включать Арктику в оценки своих перспективных ресурсных баз. Растущий интерес к региону уже

способствовал появлению ряда технологических достижений в области разработки морских месторождений, проектирования судов, организации хозяйственной деятельности в недоступных до настоящего времени арктических областях. Но существует парадокс: энергетика выиграет в этом регионе от радикального изменения климата, который был вызван именно потреблением углеводородного сырья.

Несмотря на низкие температуры и недоступность основной части арктических земель и морей, Арктика не является белым пятном ни с географической, ни с законодательной точек зрения, как это пытаются представить в некоторых вариантах нового Договора о Северном Ледовитом океане (ArcticOceanTreaty). Напротив, обязательные положения морского права и целый ряд правительственных учреждений год за годом плетут собственные арктические сети.

Однако большая часть ресурсов Арктики уже распределена и находится под национальными юрисдикциями «арктической пятерки»: России, Норвегии, США, Канады и Дании. Наследие Холодной войны и бряцания оружием, наличие неосвоенных стратегических ресурсов и целого ряда проблем, связанных с неустановленными пограничными линиями, привели к появлению понятия о потенциально дестабилизирующей арктической гонке. Тем не менее, главным интересом всех ключевых игроков в Арктике является мир, стабильность и верховенство закона, основанного на современных принципах морского права. Такие державы как Китай, Япония и Корея также выражающие крайнюю заинтересованность в обеспечении доступа к транспортным каналам и ресурсам высокоширотных морей, в Арктическом совете могут выступать лишь в качестве наблюдателей, участвующих на коммерческих основаниях в проектах по перевозке грузов, выработке энергии, рыболовстве, научных исследованиях и развитии туризма.

Россия – самый крупный и наиболее важный игрок в Арктике по протяжённости береговой линии, числу населения, объёмам ресурсов, наличия важнейшей инфраструктуры и технологического оборудования (ледоколы и т.д.). Российская Федерация принимает активное участие во всех важнейших организациях, занимающихся вопросами, связанными с развитием арктических территорий. В её интересах – стабильное и предсказуемое управление Арктикой, что и было продемонстрировано в 2010 г. при заключении соглашения о делимитации границы с Норвегией. Это соглашение прокладывает путь к обоснованным решениям и остальных территориальных споров о границах в арктических водах.

Геополитика определяет роль ресурсов в международной политике. В 2008 г. Геологическая служба США (USGS) произвела оценку, согласно которой в Арктике может залегать до 13% неоткрытых залежей нефти и 30% газа. Считается, что 84% из этих углеводородных ресурсов находятся на шельфе, главным образом на глубине до 500 м. Ресурсы распределены неравномерно: обнаружение месторождений с запасами в 100 трлн ф³ и более природного газа прогнозируется только в акваториях, расположенных к северу от побережий Аляски и Западной Сибири.

Прогнозные ресурсы российской Арктики – самые крупные среди стран, не входящих в ОПЕК. Данные по ресурсному потенциалу арктических рубежей, приведённые в оценке Геологической службы США, являются прогнозными (хотя этот факт часто игнорируется СМИ). Для их локализации и подтверждения необходимы масштабные и долгосрочные геологоразведочные работы. Тем не менее, в Арктике существуют огромные возможности для открытия крупных месторождений полезных ископаемых, что является основным фактором заинтересованности игроков в промышленном освоении региона. Наличие стратегических ресурсов, в частности, углеводородов и других ценных полезных ископаемых, в этом обширном, но неосвоенном регионе, заставило некоторых наблюдателей говорить о скором начале гонки за

ресурсами. При таком подходе часто игнорируется тот факт, что большая часть ресурсов Арктики уже сейчас находится под национальными юрисдикциями, а прибрежные государства обладают исключительными правами в отношении эксплуатации ресурсов.

Согласно Конвенции ООН по морскому праву (UNCLOS), все государства имеют право устанавливать границы территориальных вод в пределах 12 морских миль от береговой линии. В пределах территориальных вод прибрежное государство обладает суверенитетом над акваторией, морским дном и воздушным пространством. Однако с учётом интересов международного судоходства, Конвенция предоставляет право судам всех государств осуществлять право мирного прохода через территориальные воды. Кроме того, прибрежные государства вправе устанавливать исключительные экономические зоны (ИЭЗ) до 200 миль от береговой линии (UNCLOS, Статья 57). Таким образом, прибрежные государства автоматически становятся обладателями континентального шельфа, простирающегося минимум на 200 морских миль и максимум на 350 морских миль от береговой линии, при условии наличия документально доказанной геологической связи с материком. Прибрежные государства пользуются суверенными правами в отношении управления и эксплуатации ресурсов континентального шельфа и биологических ресурсов в водной толще в пределах ИЭЗ. Морское дно на глубине за пределами национальных шельфов управляется Международным управлением по морскому дну, учреждённому в соответствии с Конвенцией ООН по морскому праву.

В отличие от территориальных вод, ИЭЗ и континентальный шельф не являются суверенной территорией. Другие государства пользуются здесь всей полнотой прав на судоходство; как правило, им разрешается осуществлять научную деятельность. Однако имеется исключение (изложенное в Статье 234 Конвенции), в соответствии с которым власть прибрежного государства устанавливается в отношении судоходства в пределах исключительных

экономических зон, расположенных в регионах, где ледовый покров существует в течение большей части года. Это положение служит юридической базой для введения со стороны России процедуры согласования и обязательной пошлины за сопровождение судов, проходящих по Северному морскому пути. Российская интерпретация положения оспаривается США (не ратифицировали Конвенцию), однако оно прямо или косвенно принимается другими странами. В некоторой степени, аналогичный спор идёт вокруг Северо-Западного прохода. Канада считает, что проход является её внутренними водами и, поэтому, объектом неограниченной национальной юрисдикции, тогда как ряд других государств, в частности, Соединённые Штаты, полагают эти воды международными, где иностранные суда пользуются правом прохода. Однако из-за суровой ледовой обстановки в обозримом будущем отсутствует практический интерес в использовании Северо-Западного прохода.

Эффективные и безопасные маршруты перевозок, соединяющие месторождения и рынки сбыта, являются ещё одним важнейшим ресурсом Арктики. Северный морской путь представляет собой новый канал для транспортировки углеводородов, позволяющий сократить время в пути между Атлантическим и Тихим океанами.

Управление арктическими рисками

Нефтегазодобывающая промышленность осуществляет разведку и добычи нефти и газа в арктических регионах уже более 50 лет (как на суше, так и в море). Высокие цены на энергоносители, нестабильность на Ближнем Востоке, рост спроса в Азии и подписание соглашения о делимитации границы между Россией и Норвегией существенно увеличили интерес энергетической отрасли к арктическому региону.

Конвенция ООН по морскому праву (UNCLOS), создавшая юридический фундамент деятельности по морской добыче нефти в Арктике, предоставляет

прибрежным государствам исключительные права на их континентальные шельфы в соответствии с принципом суверенитета. Проще говоря, прибрежные государства сами решают, как регулировать хозяйственную деятельность на них, однако они обязаны охранять и защищать морскую среду с учётом международных стандартов, принятых компетентными организациями, такими как Международная морская организация.

Уже сейчас существуют многочисленные международные правила и регламенты, нацеленные на снижение рисков при производстве добычи нефти в Арктике. Тем не менее, будущие перспективы развития и эффективность подробных международных регламентов могут быть поставлены под вопрос. Самостоятельное регулирование со стороны компаний и совместных предприятий, предприятий отрасли, страховых организаций и прочих заинтересованных сторон может оказаться важным дополнением к формальным правительственным актам.

Эксплуатация и использование арктических ресурсов невозможны без рисков. Однако, согласно существующим оценкам, регион в целом далеко неоднороден с этой точки зрения, а восприятие риска обществом может отличаться от его понимания в рамках отрасли. Целью должно стать получение достаточных знаний о ведении хозяйственной деятельности на арктических территориях, чтобы все важнейшие заинтересованные стороны были в состоянии принимать самостоятельные решения, взвешивая риски и выгоды в рамках обсуждаемых проблем. То есть, для устранения барьеров в восприятии необходимо больше знаний, а также тесная связь всех заинтересованных сторон. Необходимо обеспечить гармонизацию и многостороннее сотрудничество в части понимания допустимых критериев риска.

Для Арктики наиболее благоприятной моделью безопасного ведения хозяйственной деятельности является система, основанная на анализе эффективности. Такая система потребует знаний и понимания факторов риска, проведения их оценки и, при необходимости, принятия профилактических и

смягчающих ущерб действий. У компаний в этом случае будет достаточно большая свобода действий для разработки собственных решений, при условии должного управления рисками. Для решения других важных проблем потребуется дальнейшее развитие технологий. Разливы нефти на льду, эвакуация персонала сегодня не обеспечены эффективным управлением, в этой области нужны масштабные усилия для сокращения вероятности инцидентов и аварий, необходимо разработать системы, которые способны работать в аварийных ситуациях.

Риск аварий, связанных с масштабной разработкой и транспортировкой углеводородного сырья, вызывает самую серьёзную озабоченность. Среди возможных негативных воздействий – фрагментация среды обитания, ввоз инвазивных видов, различные выбросы. В случае аварии на морском объекте, суровые климатические и погодные условия, а также удалённость месторождений от существующей развитой инфраструктуры, воспрепятствуют ответным действиям и рекультивационным работам. Имеющиеся в настоящее время технологии сбора нефти с поверхности малоэффективны в условиях высоких волн и суровых погодных условий. Разливы нефти на лёд и подо льдом являются особо сложной проблемой. Угроза крупного разлива – ещё один серьёзнейший риск, связанный с арктическими перевозками, в том числе и туристическими. Ущерб от разливов напрямую зависит от его местоположения и времени. Можно отметить недостаточность знаний о воздействии разливов нефти и нефтепродуктов в арктических условиях, однако сейчас эта ситуация постепенно улучшается. Так, в ходе недавно проведённых в Норвегии исследований были выявлены небольшие различия в уязвимости морских организмов в Баренцевом море по сравнению с другими областями на норвежском континентальном шельфе.

Около 10% мирового улова рыбы добывается в арктических морях, включая северо-восточную и центральную часть северной Атлантики. Таким образом, воды Арктики являются богатым источником пищи как для коренных жителей

Заполярья, так и для других народов. По мере роста темпов выработки рыбных ресурсов и источников питания южных широт, будет возрастать и потребность в ресурсах относительно малоосвоенной арктической среды обитания. Региональные органы управления рыбными ресурсами приарктических стран уже разработали упреждающие меры по снижению риска чрезмерной промышленной нагрузки на Арктическую зону. Что касается регулирования рыбных ресурсов, прибрежные государства пользуются суверенными правами по применению регулирующих мер ко всем судам, находящимся в их исключительных экономических зонах. В открытом море «государство флага» обладает почти монопольным правом осуществлять меры регулирования. Однако международные соглашения постепенно ведут к расширению роли и других государств.

Трансарктические перевозки осуществляются в ограниченных, но быстро растущих объёмах. Россия является главным игроком. С сокращением ледового покрова природные условия улучшились, и Российская Федерация в данный момент пользуется благоприятными экономическими условиями и проявляет большую гибкость. Недавно Арктический совет поддержал активное развитие инфраструктуры, которая должна снизить навигационные риски в Арктическом регионе и обеспечить выполнение аварийно-восстановительных мероприятий. В 2011 г. арктические государства приняли обязательное для выполнения Соглашение по поисково-спасательным работам с воздуха и на море. Это – первый обязательный для выполнения документ, подготовленный в рамках структур Арктического совета.

Наблюдается резкий рост арктических пассажирских перевозок. Недавние изменения в правилах авиаперевозок привели к увеличению числа самолётов, пользующихся трансарктическими, а также маршрутами, находящимися на удалении от запасных аэродромов. Рост потока туристов (особенно в районах Шпицбергена и Гренландии) требует особого внимания к готовности к чрезвычайным ситуациям и экологическим воздействиям. Арктические воды

содержат самые продуктивные в мире рыбные ресурсы. По мере роста темпов выработки рыбных ресурсов и источников питания в южных широтах, будет возрастать и потребность в ресурсах относительно малоосвоенной арктической среды обитания.

Хотя сокращение площади ледового покрова, связанное с потеплением в Арктике, позволит облегчить доступ к некоторым участкам моря и суши, в то же время это может привести к новым проблемам, таким как повышение мобильности морского льда, более частые откалывания льда от ледников, более экстремальные погодные условия, что повысит вероятность аварий в регионе. Арктический совет участвовал в подготовке нескольких документов в области экологической экспертизы, в которых был обобщён репрезентативный материал о возможных факторах воздействия на окружающую среду, обусловленных увеличением объёмов хозяйственной деятельности в регионе и о взаимодействии данных факторов с существующими традиционными промыслами и образом жизни коренных народов. К факторам воздействия относятся предприятия горнодобывающей и металлургической промышленности, которые уже нанесли большой ущерб местной окружающей среде. В отчётах содержится анализ воздействия внешних источников угроз экологии региона, оказывающих существенное воздействие на ситуацию в этой области.

Что касается добычи углеводородного сырья в Арктике, основную тревогу вызывает возможность крупных разливов нефти. В случае аварии на морском объекте, климатические и погодные условия, а также удалённость, воспрепятствуют ответным действиям и рекультивационным работам. Имеющиеся в настоящее время технологии сбора нефти с поверхности малоэффективны в условиях высоких волн и суровых погодных условий. В условиях Арктики низкие температуры и малое количество солнечных дней в году замедляют скорость испарения, а также физическое, химическое и

биологическое разложение загрязняющих веществ. Таким образом, сброшенные в окружающую среду при аварии опасные соединения будут оставаться в экосистеме Арктики длительное время, повышая тем самым риск биоаккумуляции; а океанские течения могут способствовать распространению загрязняющих веществ на обширных площадях. Морские птицы, некоторые морские млекопитающие, молодь рыб особенно уязвимы для крупных нефтяных пятен, поэтому степень экологической опасности аварии будет зависеть от времени и местоположения относительно мест гнездовий, нерестилищ и скоплений обитателей Арктики.

Особую опасность представляют собой нефтяные разливы на льду и подо льдом. При проведении работ в штатном режиме факторы воздействия на окружающую среду при добыче нефти являются ограниченными и локальными. Выбросы в ходе обычных морских работ в арктические воды существенно не повлияют на концентрацию углеводородов в воде, с учётом углеводородов, уже привнесённых в Арктику океанскими течениями. Однако возможны конфликты из-за рыбных ресурсов, так как рыба и морские млекопитающие избегают источников шума, возникающего, например, при сейсмических исследованиях и во время бурения. Чтобы избежать таких конфликтов, необходимо правильно подобрать время проведения работ. Наиболее тяжёлое экологическое воздействие от добычи нефти на суше заключается в механических повреждениях, включая фрагментацию мест обитания из-за строительства инфраструктуры – трубопроводов и дорог.

Угроза крупных разливов – ещё одна серьёзная угроза, возникающая при осуществлении перевозок в Арктике, включая туристические. Некоторые аспекты морских перевозок вызывают особую тревогу: суровые погодные условия, большая площадь ледового покрова, ограниченность гидрографического и батиметрического картирования, а также удалённость от центров аварийного реагирования. Прочие потенциальные угрозы для экологии, обусловлены растущими объёмами перевозок, и включают в себя

ввоз в регион инвазивных видов через балластную воду или на корпусе судов, нарушение миграционных маршрутов морских млекопитающих, выброс опасных загрязняющих веществ в воздушную и водную среду.

1.2. Принципы и содержание мониторинга арктических районов

Подводное наблюдение и обороноспособность.

Является очевидным тот факт, что, не владея обстановкой в морских и океанских районах, куда простираются наши национальные интересы, невозможно эти интересы реализовать и защитить. Разумеется, для этого необходима хорошо отлаженная система освещения обстановки на море, включая, естественно и прежде всего, мониторинг подводной среды.

При этом следует понимать, что наличие и развитие подводных сил предполагает и ведение противолодочной борьбы, успешность которой зависит, по меньшей мере, от выполнения двух обязательных условий. Один из законов вооруженной борьбы на море утверждает, что при прочих равных условиях шанс на победу значительно выше у той стороны, которая раньше и дальше обнаружит противника. Для эффективного, успешного противодействия подводным лодкам противника противоборствующая сторона должна располагать информацией о местонахождении этих лодок в море, что возможно только при наличии специальной системы освещения подводной обстановки. Все это суть двух основных проблем, не решенных у нас до сих пор, начиная с момента начала работ по созданию первой атомной подводной лодки в сентябре 1952 года.

Россия и ее Военно-морской флот не располагают системами освещения подводной обстановки (СОПО) на всю глубину операционных зон флотов и по всему периметру морских границ России, что является крупнейшим научным и стратегическим просчетом, допущенным более полувека назад и не

устраненным до сих пор, несмотря на указ президента РФ от 4 марта 2000 года о создании Единой государственной системы освещения надводной и подводной обстановки (ЕГСОНПО).

Противодействие многих структур исполнительной власти, в силу ряда причин заинтересованных в срыве целенаправленной деятельности по созданию ЕГСОНПО, привело к повторному указанию правительства РФ о создании ЕГСОНПО в одном из документов, подписанном Владимиром Путиным в декабре 2010 года. Хотелось бы верить, что этот документ будет реализован.

В отличие от нас США, возведя эту проблему в ранг стратегических, решили ее еще в 60–80-х годах прошлого столетия, создав стационарную систему подводного наблюдения – СГС «СОСУС», которую в последующие годы нарастили судами дальней гидроакустической разведки (ДГАР), продолжая развивать ее и в настоящее время. Первую проблему усугубляет вторая – наши подводные лодки, в том числе и самые современные, значительно уступают подводным лодкам США в главном и важнейшем параметре, определяющем скрытность, недосыгаемость, неуязвимость, а значит, боевую устойчивость и боеспособность, – в дальности обнаружения, что подтверждают разведданные, расчеты и практика обнаружений. При этом наши гидроакустические комплексы (ГАК) не способны достоверно классифицировать цели на предельных дальностях обнаружения.

Средства обнаружения подводных лодок противника, установленные на самолетах противолодочной авиации ВМФ, также уступают в дальности гидроакустического обнаружения аналогичным средствам противолодочной авиации США. Это приводит к отсутствию системы освещения подводной обстановки и исключает возможность непрерывного контроля за действиями иностранных атомных подводных лодок (ПЛА), прежде всего США, в районах

патрулирования наших стратегических ракетоносцев и в полигонах боевой подготовки флотов, а также в непосредственной близости от наших территориальных вод.

Примеров много. Два наиболее характерных из них. В феврале 1992 года американская ПЛА «Баттон Руж», никем и ничем не обнаруженная, проникает в наши терводы севернее острова Кильдин и сталкивается с российской АПЛ «Кострома», о чем в подробностях живописала наша пресса. Второй случай произошел в августе 2000 года. Не владея обстановкой и не отслеживая перемещения двух иностранных ПЛА («Тоledo» и «Мемфис») по нашим полигонам боевой подготовки, командный пункт Северного флота не сумел предотвратить маневрирование этих субмарин в непосредственной близости от АПЛ «Курск».

Причина в обоих случаях была одна – у нас нет системы освещения подводной обстановки ни в дальних, ни в ближних операционных зонах флотов. Отсутствие СОПО не позволяет контролировать рубежи пуска крылатых ракет (КР) «Томагавк» (Северо-Восточная Атлантика, Северное, Норвежское, Баренцево моря, Тихий океан, Черное море).

Следует также иметь в виду, что КР «Томагавк» выведены из числа сокращаемых стратегических вооружений, но имеют при этом зарезервированную дальность полета до 2,5-3 тыс. км и возможность установки ядерной или специальной боеголовки вместо обычной фугасной (время переустановки – менее 40 минут), хотя при наличии высокоточных спутниковых карт местности и прекрасной точности наведения требуемый эффект поражения достигается и при использовании обычной БЧ весом 200-250 кг. Поэтому американцы никогда не включают их, равно как и космолет Х-37, в списки сокращаемых вооружений ни по договору СНВ-3, ни по любому другому договору.

Отсутствие СОПО исключает возможность эффективного мониторинга подводной среды в будущих районах размещения промышленных установок на континентальном и островных шельфах, прежде всего в Арктическом секторе России, что особенно важно и актуально сегодня, в связи с заключением соглашения с англичанами о начале освоения месторождений углеводородов.

По аналогии с экологической катастрофой в Мексиканском заливе несложно представить последствия подобной аварии, спровоцированной подводными диверсионными силами в Арктике в условиях отсутствия эффективной системы подводного наблюдения.

В мирное время, находясь под контролем, наши подводные лодки не способны выявить факт слежения за ними иностранными, прежде всего американскими, ПЛА, которые, в свою очередь, беспрепятственно действуют в ближних зонах флотов и даже в терводах, поскольку у нас нет эффективных средств (СОПО), способных обнаружить их присутствие.

Те немногочисленные контакты с малозумными иностранными ПЛА, которые мы достигаем на весьма малых дальностях, есть не что иное, как обнаружение чужих ПЛА, ведущих запись шумов (акустического портрета) наших субмарин в ближней зоне, где воздействие шумов моря минимальное. В последующем записи этих шумов они используют для идентификации обнаруженных лодок. В отдельных случаях, позволяя себя обнаружить на малых дистанциях, они выявляют тактику действий наших лодок.

В военное время (в чрезвычайный период) наши отслеженные и идентифицированные субмарины немедленно уничтожаются. При этом командир нашей атакуемой подводной лодки не может ответить контратакой, поскольку не имеет с атакующей ПЛА гидроакустического контакта.

В базах наши подводные лодки и надводные корабли с большой долей вероятности могут быть уничтожены КР «Томагавк» с подводных лодок противника, боевые позиции которых мы не в состоянии определить ввиду отсутствия у нас системы освещения подводной обстановки.

В подобных условиях противолодочное обеспечение наших стратегических подводных ракетносцев является фикцией, самообманом. Наши гидроакустические комплексы и системы обнаружения подводных целей не способны обнаруживать малозаметные подводные цели на дальностях, позволяющих эффективно им противодействовать, что делает наши подводные ракетносцы беззащитными перед противником.

При таких обстоятельствах наша новая Военная доктрина, главные положения которой базируются на нынешнем и перспективном состоянии трех основных составляющих – воздушно-космической, наземной и морской, – приобретает усеченный вид, так как морская составляющая выпадает из этой триады в силу своей недееспособности, поскольку ни один из флотов России не способен полноценно решать задачи противолодочной и противодиверсионной борьбы в своих операционных зонах по причине низких информационных возможностей в подводной среде. Более того, отсутствие у ВМФ средств и СОПО значительно урезает и возможности решения актуальных сегодня задач воздушно-космической обороны, так как возможности борьбы с подводными носителями средств воздушно-космического нападения в условиях отсутствия эффективной СОПО близки к нулю.

Нет необходимости доказывать, что наряд сил из 8–10 необнаруживаемых и неотслеживаемых иностранных ПЛА с общим боекомплектom КР «Томагавк» свыше 200 единиц в военное время способен полностью сковать действия Северного флота и гражданское судоходство. Подводные лодки противника будут способны из наиболее выгодных в тактическом отношении районов

наносить крылатыми ракетами удары как по важнейшим промышленным и жизнеобеспечивающим объектам в европейской части России, так и по стратегическим объектам. Для предотвращения этих действий Северный флот не располагает ни необходимыми силами, ни соответствующими средствами.

В современных условиях необязательно тратить огромное количество боезапаса для полного разрушения выделенных объектов. Достаточно подчас причинить незначительный ущерб конкретному элементу объекта, чтобы вызвать сбой функционирования всей системы или инфраструктуры. Альтернативы СОПО нет, так как нет космических аппаратов для освещения подводной среды. Противолодочная авиация без космических сил и средств наведения и без модернизации своих противолодочных систем эту задачу решить не может.

Наличие изложенных проблем представляет нарастающую угрозу национальной безопасности. Учитывая огромную протяженность морских границ России, можно утверждать, что наибольшую угрозу будут представлять морские направления, и прежде всего в подводной среде. Поэтому необходимо решить две стратегические задачи: создать систему освещения подводной обстановки в операционных зонах флотов и модернизировать гидроакустические средства подводных лодок и противолодочной авиации с целью значительного увеличения дальности обнаружения под водой и достижения превосходства в этом параметре над подводными лодками США и других государств, проявляющих повышенный интерес к возможностям подводных сил ВМФ России и к российским богатствам. Сегодня имеются возможности решения этих задач и устранения проблем в кратчайшие сроки. Малозатратным путем создания и развертывания системы освещения подводной обстановки и модернизации гидроакустических средств и систем является применение специальной аппаратуры, разработанной на основе цифровой техники с уникальным математическим обеспечением.

Модернизация гидроакустических систем делает создание Единой государственной системы освещения надводной и подводной обстановки реальностью, а задачи, поставленные Владимиром Путиным, достижимыми. Многие ветераны убеждены, что модернизацию гидроакустических средств ВМФ нельзя ставить в один ряд с такими весьма достойными разработками тактического уровня, как новейшая снайперская винтовка, или бронетранспортер, или даже самолет пятого поколения, поскольку внедрение такой аппаратуры позволит решить две сложнейшие стратегических проблемы на море, не решенные до сих пор.

Несмотря на специфику разработки, для таких немногих проектов стратегического уровня должны быть созданы приоритетные условия включения в государственную программу вооружений и в гособоронзаказ. В противном случае, ожидая своей очереди в длинном строю винтовок, танков, катеров, истребителей, эти передовые разработки рискуют потерять свою актуальность и значимость, поскольку любая задержка с их реализацией неминуемо приведет к утрате достигнутого первенства и стратегическому отставанию страны не только от передовых держав, но и от второстепенных и третьестепенных государств. Системный подход

ЕСИМО – Единая система информации о Мировом океане – предназначена для информационного обеспечения морской деятельности на основе интеграции и рационального использования комплексов и средств различного подчинения. Она создавалась в соответствии с ФЦП «Мировой океан» и с 2013 года успешно работает. ЕСИМО тесно взаимодействует с Единой космической системой (ЕКС), использует данные из нее. В то же время ЕКС включает каналы космической связи для передачи информации с «датчиков» обеих систем.

ЕГСОНПО – Единая государственная система освещения надводной и подводной обстановки – должна быть создана для повышения оперативных

возможностей Военно-морского флота РФ по обеспечению безопасности морской деятельности в важных для России акваториях. Разработка системы включена в принятую в декабре 2010 года «Стратегию развития морской деятельности РФ до 2030 года».

Фактически ЕСИМО является основой, дающей общую картину обстановки в Мировом океане, на которую накладываются данные, получаемые по каналам ЕГСОНПО: в первую очередь местонахождение подводных объектов – своих и вероятного противника. Однако до 2012 года созданием системы освещения обстановки вообще никто не занимался. Только с назначением на должность главнокомандующего ВМФ адмирала Виктора Чиркова Минобороны РФ начало понимать, что создание ЕГСОНПО – один из важнейших аспектов обеспечения военной безопасности Российской Федерации на морских и океанских направлениях.

Задачу по созданию СОПО, а тем более ЕГСОНПО, в которую СОПО входит главным элементом, в Арктике нельзя решить наскоком, только построением аэродромов и баз на островах Северного Ледовитого океана или маневрами бригад за Полярным кругом.

Как только начали уяснять эту задачу, вдруг выяснилось, что специалистов в таком виде оперативного обеспечения операций и боевых действий на море, как освещение обстановки, и в области заблаговременного оборудования театров военных действий в Министерстве обороны нет. Нет заказов на подготовку таких специалистов в ВУНЦ ВМФ и ВВС. Нет диссертаций, курсов лекций. Даже в ВАГШ не учат, как освещать обстановку.

Отсутствием военных специалистов сразу же начинают пользоваться ученые – для получения заказов на изыскания для Минобороны. У них все просто: весь Мировой океан или хотя бы обширные важные районы надо «засеять» активно-

пассивными гидроакустическими буями и придумать всякие датчики, которыми обвесить специально создаваемые суда освещения обстановки.

Путь экстенсивный и весьма затратный. Хотя средства в принципе есть, они выделены Министерством промышленности и торговли на некие «заделы», то есть оценку и проработку не самих систем, а лишь алгоритмов их создания. Но реализуемость этих заделов до сих пор никто не оценил.

Ответа на вопрос, как создать систему из датчиков информации для того, чтобы освещать и контролировать подводную обстановку, нет до сих пор.

ЗАО "Невод" для решения проблем борьбы с малозумными подводными лодками предлагает модернизировать существующую гидроакустическую технику самолётов, кораблей и подводных лодок встраиваемыми компьютерами со специальными программами обработки, вместо замены старых гидроакустических станций на новые. Это значительно дешевле. Позволяет решать поставленные задачи на более качественном уровне. Предлагается комплексное решения проблемы.

Содержание

проблемы.

Угрозу для безопасности прибрежных стран представляют малозумные подводные лодки с ядерными баллистическими и высокоточными крылатыми ракетами. Проблема надежного и непрерывного контроля, за подводными лодками в прибрежных водах, в реальном масштабе времени, у большинства стран не решена, что ущемляет их национальные интересы. Во многом это объясняется устаревшей гидроакустической техникой самолетов, кораблей, подводных лодок, стационарных систем наблюдения, а также отсутствием современных систем освещения подводной обстановки. Обнаружение и слежение за современными малозумными подводными лодками является сложной организационно-технической задачей. Около 90 %

всех обнаружений подводных лодок осуществляется гидроакустическими системами. Одновременная комплексная модернизация гидроакустической техники разнородных сил постоянной готовности позволит создать базу для современных систем освещения подводной обстановки. Большое развитие в системах мониторинга окружающей среды получили информационные технологии с использованием ЦОТС (Цоммерциал-Офф-Тхе-Шелф) – изделий. Именно ЦОТС-технология принята за основу построения глобальной американской системы освещения подводной обстановки ИУСС (Интегрated Ундерсеа Сурвеилланце Систем) фирмы Локхид Мартин (США). ЗАО «Невод» разделяет этот подход в создании единой системы информации об обстановке в реальном масштабе времени в Мировом океане.

Проблема гидроакустического обнаружения малозумных подводных лодок.

Малозумной подводной лодкой считается подводная лодка имеющая шумность менее 100 дБ (относительно 1 мкПа) и дискретные (сигнатурные) составляющие спектра шума менее 120 дБ. К таким лодкам можно отнести американские подводные лодки типа "Тридент", " Лос-Ангелес", "Сea-Волф ". Известно, что из-за мероприятий по обесшумливанию общая шумность американских лодок падает со скоростью 1-2 дБ в год. Таким образом реальный потенциал обнаружения существующей техники мог упасть. На дальность обнаружения влияют три фактора: шумность цели, уровень собственных помех и потенциал распознавания минимального сигнала на фоне помех. На шумность цели повлиять нельзя, уровень собственных помех быстро снизить тоже не возможно, а вот на потенциал обнаружения , с целью его повышения , повлиять можно путем внедрения в состав ГАК встраиваемых компьютеров цифровой обработки сигналов (ЦОС) со специальными программами обработки обнаружения и классификации сигналов.

Проблема

гидроакустики.

Существующие методы обработки гидроакустических сигналов примитивно просты, используют гауссову (хи-квадрат) вероятностную модель сигнала и помехи. Учет среды в трактах фильтрации ограничен признанием факта спада спектральной характеристики сигналов и помехи 6 дБ на октаву. Специалистам давно понятно, что гидроакустика занимается только проблемой распространения звука в водной среде и проблемы обнаружения ей не под силу. Примитивное понимание проблемы обнаружения сигналов специалистами гидроакустикой проявляется в их заявлениях о шумности американских подводных лодок сравнимых с фоновым шумом моря. Реальный гидроакустический сигнал от малошумной подводной лодки на расстояниях более 10 км не имеет спада 6 дБ на октаву, "развален" многолучевой интерференцией и описывается многомерными статистическими распределениями. Алгоритмы обработки, основанные на многомерных функционалах правдоподобия, не реализуются примитивной аналоговой техникой, а требуют тонких методов цифровой обработки сигналов. Демаскирующим фактором подводной лодки является не только ее гидроакустический шум, но и ее дискретные составляющие (сигнатуры). Американские подводные лодки имеют достаточное число демаскирующих дискретных составляющих для их надежного обнаружения и классификации на больших расстояниях. Они сосредоточены в основном в диапазоне до 1 кГц, с пиком плотности в диапазоне 300-700 гц. Автоматическое обнаружение дискретных составляющих обеспечивает технология информационно-адаптивного метода, реализованная в российской приставочной аппаратуре «Рица». В США, эта технология получила развитие по названию «чаотиц» - хаос, которая внедряется, в т.ч. в системы гидроакустического обнаружения (ввв.чаотиц.цом). Хаос измеряется энтропией. Уменьшение энтропии – информация. Метод, связанный с приспособлением к окружающим условиям, для получения надежной информации, на базе разрешения начальной неопределенности об объекте

наблюдения, получил название у сотрудников ЗАО «Невод» информационно-адаптивного. Полезная сущность метода состоит в том, что он приспосабливается к существующим сенсорам, датчикам, системам обнаружения, внося за все плату - время. Полезный эффект – повышение потенциала обнаружения по сравнению с оптимальными методами обнаружения на 10-15 дБ. Этот метод оказался универсальным. Он может использоваться как для одного датчика, так и системы датчиков, в том числе хаотически распределенных в пространстве. Существенным отличием этого метода от пространственных экстремально-корреляционных систем является то, можно «коррелировать» сигналы от объектов не методом взаимокорреляционной функции, а методом взаимной информации, как меры похожести нестационарных процессов, так долго, пока источник информации находится в заданном элементе пространственного разрешения.

При больших дальностях обнаружения в зоне обнаружения могут находиться десятки и сотни гидроакустических целей, поэтому дополнительные устройства обработки информации должны использовать современные методы автоматической классификации целей и их отсев на приоритетные и второстепенные. Информационная система освещения подводной обстановки – это оптимальное использование гидроакустических средств обнаружения с повышенными возможностями по обнаружению малошумных подводных лодок.

Проблема

модернизации.

Кризисное состояние гидроакустической техники, как правило обусловлено, ошибочным мнением командования военно-морских сил, что проблемы должны решать специалисты - гидроакустики, а также не отлаженным процессом инноваций. Анализ гидроакустической техники показал, что поставщик не предусмотрел возможность ее модернизации в корабельных

условиях. Альтернативный подход заключается, в насыщении гидроакустических станций встраиваемыми компьютерами гражданского назначения со специальными программами обработки сигналов на базе открытых информационных технологий. Идея любого разработчика в таком случае может быть проверена почти мгновенно сразу на кораблях, без каких либо затрат. Так основные усилия разработчика будут потрачены на разработку программного обеспечения, а не "железо". Все это экономит огромные средства, при высокой эффективности конечного результата. Встраиваемые компьютеры могут подключаться в параллель основному тракту ГАК, не мешая его работе. В ВМС США действуют две программы модернизации гидроакустической техники силами малого бизнеса: УС НавыСмаллБусинессИнноватионРесеарч(Инновационные исследования силами малого бизнеса в ВМС США) и Адоустицал Рапид ЦОТС-Инсертион (Ускоренная программа модернизации гидроакустической техники ВМС за счет внедрения информационных технологий гражданского назначения)

Проблема шумности ПЛ.

В условиях применения новых информационных методов в области обнаружения сигналов, традиционные методики расчета шумности и уровня помех не отражают действительного уровня шумности подводной лодки. Измерения, сделанные в условиях ближнего акустического поля, нельзя переносить на дальнее, в условиях канального распространения звука в море. Методики измерения шумности, ориентированные на усредненные уровни в фильтрах, необходимо считать устаревшими, не отражающими полной картины демаскирующих шумов подводной лодки. Современные методы обработки извлекают информацию из поведенческого характера спектра шума, его отдельных спектральных полос, на всем многочасовом цикле движения подводной лодки в зоне обнаружения неприятельского ГАК . При этом в единую траекторию связываются участки шума, не коррелированные между

собой традиционными методами. Существующие методы цифровой адаптации к уровню собственных помех, в сочетании с многомерными моделями обнаружения сигналов резко уменьшают их влияние на дальность обнаружения. При этом снижается требование к уровню собственных помех и шумности ПЛ. Современные методы цифровой обработки информации снижают преимущество малошумной лодки перед сильно шумящей, если последняя использует в составе своих ГАК эти методы обработки. Так, как та и другая лодка обнаруживают друг друга на дальностях значительно превышающих возможности их оружия. В таких условиях, проблема шумности уступает проблеме внедрения новых методов обработки информации в существующие ГАК. Шумность уменьшить - не реально, а вот внедрить новые методы обработки информации вполне по силам.

Проблема

Инноваций.

Результаты НИР и НИОКР, как правило, направлены на разработку перспективной техники. Недостатком большинства НИР и НИОКР является то, что они выполняются на предположениях и расчетах далеких от реального положения вещей. Цель большинства НИР и НИОКР – защита диссертаций, поддержка научных школ. Инновации прямо на флоте, непосредственно на самолетах, кораблях и подводных лодках сами по себе нацелены на конечный результат, и не связаны с новыми разработками. Инноваторы творчески подходят к уже выполненным разработкам и "ноу-хау" и используют готовые технические решения. Стандартные компьютеры со стандартным программным обеспечением на базе открытых технологий уравнивают возможности различных научных школ в проверке своих идей, но не за счет заказчика, а за счет собственных возможностей.

Поскольку инновации в предлагаемой программе не предполагают разработку новой техники, используют открытые стандарты, то такие работы могут выполнять малые предприятия научно-технической сферы.

1.3 Принципы и содержание мониторинга арктических районов

Информационная система освещения подводной обстановки

Информационная система освещения подводной обстановки (ИСОПО) - это вспомогательный элемент противолодочной обороны (ПЛО), предназначенный для непрерывного информирования командования о текущем местоположении погруженных подводных лодок (ПЛ) в море, для решения поставленных задач перед ПЛО. ИСОПО основывается на мониторинговом принципе работы в реальном масштабе времени. Под реальным масштабом времени понимается возможность отображения местоположения погруженной ПЛ в заданном районе освещения подводной обстановки с доверительной вероятностью 0.95 каждый час в течении суток. ИСОПО состоит из:

- центра связи, сбора, обработки и отображения информации;
- распределенных элементов сбора, предварительной обработки, передачи информации;
- источников информации;

Распределенные элементы (РЭ) – это корабли, самолеты, подводные лодки, стационарные системы, другие радиотехнические системы наблюдения и разведки, находящиеся в море специально или по дополнительному заданию, решающие задачи освещения подводной обстановки и передающие информацию об источниках в центр сбора информации. Источники информации – это подводные лодки в море - объекты освещения. ИСОПО преимущественно использует пассивные средства освещения обстановки. Функционирование ИСОПО основывается на информационных критериях оценки освещенности обстановки для принятия решения при обнаружении и классификации сигналов от подводных лодок, а РЭ являются только элементами первоначального фиксирования пространственного распределения источников информации, предварительной классификации и последующей

передачи в центр сбора. При этом решение об обнаружении ПЛ на РЭ из-за недостаточности информации может не приниматься. Принятие решение об обнаружении ПЛ и оценку вероятного района ее местоположения выполняет центр сбора. Сигналы в ИСОПО из амплитудной меры переводятся в информационную. Это позволяет объединять информацию от разнесенных в пространстве разнородных РЭ методом простого суммирования (аддитации) информации о сигнале, когда сигнал от подводной лодки, фиксируемый РЭ, различен по природе, в пространстве не коррелирован, искажен помехами и влиянием среды распространения. Накопленная в центре сбора суммарная информация с привязкой к элементарным участкам заданного района освещения подводной обстановки моря анализируется на наличие участков с повышенной условной информацией о ПЛ, которые и будут районами их местоположения. Время накопления информации в элементарном участке заданного района от различных РЭ ограничено временем нахождения ПЛ в этом участке и может иметь порядок нескольких часов. Математический аппарат ИСОПО – теория информации и математическая статистика. С точки зрения теории информации, малозумные подводные лодки таковыми не являются, поэтому для ИСОПО не пригодны традиционные методики расчета шумности и оценки дальности гидроакустических средств обнаружения. Демаскирующим фактором гидроакустического шума ПЛ является не ее шумовой портрет с отдельными дискретными составляющими, а информационный портрет, характеризующий неоднородность информационной производительности гидроакустического источника по спектру сигнала. Накопление информации по участкам спектра с неоднородной информационной производительностью позволяет фиксировать условное распределение информации по пространству обзора РЭ. Условная информация по зоне обзора передается в центр сбора, где может накапливаться часами в течении длительного времени и обобщаться. При информационном подходе зона надежного фиксирования информации от малозумной подводной лодки может в десятки раз превышать дальность действия гидроакустических систем

с обычной обработкой гидроакустического сигнала
Однако эта зона является результатом функционирования всей ИСОПО, а не
технического средства обнаружения РЭ.

Основные цели и задачи, сроки и этапы реализации.

Выполнение комплекса инновационных научно-технических разработок непосредственно на самолетах, кораблях и подводных лодках преследует главную цель-повышение эффективности существующих гидроакустических средств по обнаружению малозумных подводных лодок, наметить пути модернизации и направления развития в перспективной гидроакустической аппаратуре. Модернизация не самоцель. Слежение и постоянный контроль за малозумными подводными лодками в море можно осуществить только с помощью системы освещения подводной обстановки. Наступает век противоборства информационных систем, только они способны обеспечить боевое превосходство над противником. Конечная цель программных мероприятий создать действующую систему (модель) освещения подводной обстановки в Баренцевом море на базе разнородных сил . В связи с чем необходимо выполнить ряд задач: Организовать инновационный процесс непосредственно на объектах, вместо традиционных малоэффективных НИР и НИОКР. Добиться стабильного финансирования проектов программы из всех возможных источников. Отработать технологию модернизации существующей электронной техники, за счет встраиваемых компьютеров цифровой обработки сигналов гражданского применения иностранного и отечественного производства. Внедрить информационные технологии открытых систем в военную технику на объектах.

Отработать систему связи в реальном масштабе времени по передаче сигналов от обнаруживаемых ПЛ самолетами, кораблями, подводными лодками,

стационарными системами наблюдения в береговой центр обобщения принятия решения об обнаружении и слежении за иностранными ПЛ. Оработать использование действующих спутниковых систем связи и навигации общегражданского применения (ГПС, ГЛОНАСС, Галилео ИНМАРСАТ, ГОНЕЦ) в интересах информационной системы освещения подводной обстановки.

Разработать комплексный компьютерный тренажер.

Оработать методики, наставления и инструкции по правилам использования модернизированной техники

Программа устанавливает тактические и стратегические цели и задачи, которые реализуются поэтапно.

Первый этап. Разработка мероприятий и проектов Программы, согласование с Командованием мероприятий программы и форм взаимодействия, поиск исполнителей, инвесторов и государственных заказчиков.

Второй этап. Выполнение основных программных мероприятий, направленных на параллельное выполнение инновационных разработок на самолетах, кораблях и подводных лодках. Начало функционирования ИСОПО по мере готовности разработок к практическому использованию.

Третий этап. Комплексное функционирование ИСОПО. Передача инновационных разработок серийным заводам - поставщикам электронной техники для ее массовой модернизации.

Найти невидимку: системы обнаружения субмарин

Корабль-невидимка, способный внезапно напасть из самой неожиданной точки, – именно такими задумывались субмарины и до самого последнего времени такими и оставались. Скрытность ПЛ особенно повысилась после появления атомных и воздухонезависимых энергетических установок (в 50-х годах XX века). XX век, возможно, когда-нибудь назовут веком подводных лодок. В XXI

веке подводный флот либо вообще перестанет существовать, либо изменится самым радикальным образом.

Однако подводный флот в его нынешнем виде, скорее всего, умирает. Море перестает быть пространством, где корабли способны оставаться незаметными для противника. А произошла эта перемена в результате появления систем, позволяющих отслеживать любые передвижения сколько-нибудь крупных подводных объектов.

От шумопеленгаторных систем к комплексным СОПО

История развития подводных лодок – а их массовое строительство началось в первой четверти XX века – является иллюстрацией к знаменитому тезису о соперничестве средств нападения и защиты. Первоначально никаких средств обнаружения ПЛ, находящихся в подводном положении, не существовало вовсе. В надводном же положении ПЛ, из-за особенностей конструкции, обладали весьма малой заметностью. Эти боевые качества, которые делали ПЛ едва ли не самым грозным морским оружием своего времени, сохранялись вплоть до 1941 года. Именно тогда на противолодочных самолетах британской авиации впервые появился радиолокатор. Он уверенно обнаруживал подводные лодки, находящиеся в надводном положении, а тогдашние ПЛ заслуживали название не столько подводных, сколько «ныряющих», ибо как минимум половину боевого похода вынуждены были идти «над водой». Обнаруженная радиолокатором лодка не успевала погрузиться и практически гарантированно уничтожалась. Почти в тот же период – и тоже британцами – был создан эффективный гидролокатор, и группы противолодочных кораблей начали уверенно локализовывать и уничтожать подводные лодки в подводном положении. В результате к концу войны эффективность немецкого подводного флота была практически сведена к нулю.

Однако с появлением атомного подводного флота возможность обнаружить подводную лодку в надводном положении исчезла – лодка больше не всплывала на поверхность во время боевого похода. А обнаружить ПЛ под водой силами поисково-ударных групп было делом чрезвычайно хлопотным. Это стало толчком для создания глобальных систем освещения подводной обстановки, прежде всего гидроакустических. При этом главным средством обнаружения ПЛ стала пассивная гидроакустика, или шумопеленгация, – главным образом из-за своей относительной дешевизны, технологической простоты и способности обнаруживать цели на больших расстояниях. Наиболее впечатляющей шумопеленгационной системой является созданная Соединенными Штатами во времена холодной войны знаменитая система SOSUS. Она представляла собой гигантские поля акустических антенн, раскинутых в Атлантическом и Тихом океанах. На нашем ближнем Севере они располагались на всем пространстве Лофотенской котловины – от берегов Норвегии до острова Ян Майн. После развертывания системы скрытый проход советских подводных лодок в Атлантику и Тихий океан оказался практически невозможен: ПЛ обнаруживались на расстоянии до нескольких сотен километров.

Между тем атомный подводный корабль изначально был сооружением довольно шумным. Шумность первых американских АПЛ «Наутилус» и «Сивульф» составляла около ста децибел. Шумят корабельные механизмы (двигатели, насосы, вентиляторы, валы и проч.), шумят гребные винты, шумит вода, обтекающая корабль... Снижение шумности – единственный способ противодействия шумопеленгаторным станциям обнаружения и системам, подобным SOSUS. Шумность снижали, впрочем, и по другим причинам – например, для снижения радиуса реагирования неконтактных взрывателей минно-торпедного оружия. Конструкторы оттачивали геометрию гребных винтов, повышали точность

изготовления валов и деталей машин, предусматривали системы амортизирующих креплений, гасящие вибрацию (а значит, и шум) механизмов, придумывали специальные покрытия корпуса. Начиная с 70-х годов прошлого века АПЛ снижали свою шумность в среднем на 1 дБ в два года. Только за последние 19 лет - с 1990 года по настоящее время - средняя шумность АПЛ США снизилась в десять раз, с 0,1 Па до 0,01 Па.

Для иллюстрации: со второй половины XX века одним из самых эффективных способов обнаружения субмарин стало использование для этой цели атомных подводных лодок, так называемых «лодок-охотников». Однако в наше время их поисковая производительность упала до совершенно смешного уровня. Согласно данным, публиковавшимся в открытой зарубежной печати, АПЛ типа 688I SSN 772 «Гринвилл» (1995 года постройки) обнаруживает АПЛ типа 688 «Лос-Анджелес» (1978 года постройки) на расстоянии от 10 до 35 км. Это вполне приемлемый результат. Но современную «Вирджинию» (SSN 774, 2004 года постройки) «Гринвилл» обнаруживает на дистанции всего от 1 до 4 км (по оценке независимого британского эксперта адмирала Палмера). Если лодки «видят» друг друга только на таких расстояниях, то само их маневрирование рядом друг с другом становится смертельно опасным не только для «жертвы», но и для «охотника»: резко увеличивается риск неожиданного столкновения не видящих друг друга кораблей. Резкое снижение дальности обнаружения шумопеленгаторными ГАС малошумных подводных лодок, событие революционное с технологической точки зрения, совпало с революционными переменами в политике - распадом СССР. Под конец XX века подводные лодки Советского Союза (и России) фактически перестали рассматриваться в качестве военной угрозы для США и Западной Европы. Два эти обстоятельства имели далеко идущие последствия. Соединенные Штаты изменили свою стратегию ведения войн и, в частности, применения военно-морских сил. Вместо глобального противостояния с флотом противника на морских и океанских просторах, в локальных войнах и

вооруженных конфликтах основной задачей ВМС стало нанесение ударов из
океанских морей по территории противника.

Система SOSUS из-за снижения эффективности и фактического отсутствия противника была законсервирована. А для решения задач противолодочной обороны в США был поставлен вопрос о создании быстроразвертываемых многоэлементных региональных систем освещения подводной обстановки (СОПО), предназначенных для работы в планируемых районах боевых действий. Перед СОПО было выдвинуто главное требование: немедленно обнаруживать любой подводный объект при заходе в назначенную зону ответственности. Так закончилось время глобальных систем обнаружения подводных лодок.

Современные СОПО становятся локальными и комплексными. Они должны быть быстроразвертываемыми, многоэлементными, би- или мультистатическими, работающими на различных принципах обнаружения (не только акустическом), сформированными на методах сетецентрической архитектуры с обязательным обеспечением работающих элементов связью и позиционированием от систем космического базирования. На сегодняшний день подобные системы созданы и испытаны.

Гигантская сеть

В середине 1990-х - начале 2000-х годов в ВМС США были разработаны и приняты к исполнению документы, определяющие задачи ВМС и облик будущих войн на море. Среди прочих положений эти концепции включали в себя описание перспективных принципов противолодочной борьбы. Тогда и был провозглашен отказ от стационарных пассивных шумопеленгаторных систем (таких, как SOSUS) в пользу активно-пассивных гидроакустических систем освещения подводной обстановки быстрого развертывания.

Что представляют собой такие системы? Группа заранее размещенных в море излучателей (установленных либо на дне, либо на заданной глубине или же буксируемых) посылает по заданной программе в установленных частотных диапазонах и интервалах времени акустические сигналы. Эти сигналы принимает целая сеть также заранее развернутых специальных антенн (они могут быть размещены на подводных лодках, надводных кораблях, системах сбрасываемых радиогидроакустических буев, антенных решетках, размещенных на дне, и т. д.). Эта группа работает как одно гигантское гидролокационное устройство, позволяющее в кратчайший срок по эхосигналам получить координаты зашедшей в зону ответственности системы цели. С командного пункта СОПО информация о цели с помощью космической связи передается на командный пункт объединенного оперативного формирования. Таким образом местонахождение даже самой современной и малошумной подводной лодки может быть немедленно установлено - и ее уничтожение предельно упрощается.

Собственно развертывание элементов СОПО может происходить с самых разных носителей - подводных лодок (с помощью необитаемых автоматических подводных аппаратов, базирующихся на материнской подводной лодке, а также легких водолазов), надводных кораблей, самолетов и вертолетов. Основным средством доставки систем подводного наблюдения предполагается сделать малые быстроходные надводные корабли программы LCS, а также подводные лодки типа SSGN. Под размещение элементов СОПО - излучателей LELFAS (Long-EnduranceLow-FrequencyActiveSource) и приемников ADS (AdvancedDeployableSystem) - уже переоборудованы АПЛ типа «Огайо», SSGN 726-729. Кроме того, в следующем году будет заложена и к 2012 году построена головная многоцелевая АПЛ второй подсерии SSN 774 - SSN 784, специально оборудованная для доставки и размещения мультистатических СОПО.

Акустические излучатели LELFAS имеют габариты половины торпеды Mk-48 (длина около 3 м), размещаются в стандартном торпедном аппарате и рассчитаны на непрерывную работу в течение 30 суток. Их сигнал улавливают размещенные на дне моря шумопеленгаторные приемники ADS - оптические гидроакустические гирлянды антенн.

Эти приемники выглядят как кабель из оптоволокну диаметром 2 мм и длиной примерно 20 км. В каждой из приемных систем две секции по 10 км длиной, в каждой секции - до 26 модулей, в каждом модуле - чуть больше тысячи принимающих сигнал гидрофонов. Приемники ADS могут быть скрытно развернуты менее чем за пятеро суток, установка же излучателей требует еще меньшего времени (их изготавливают в виде специальных буйев, которые могут быть установлены в том числе и с самолетов). Лежащие на грунте элементы ADS осуществляют связь с командными пунктами при помощи необитаемых подводных аппаратов - морских планеров SeaGlider, выполняющих функцию антенн.

Современные подводные лодки обладают возможностью подходить к этим системам, подключаться к ним через специальные стыковочные узлы и в результате скрытно контролировать значительные пространства морской акватории.

Система ADS принята на вооружение ВМС США в 2001 году, и на сегодняшний день изготовлено более десятка ее комплектов. Во время испытаний системы LELFAS - ADS в июле 2003 года на шельфе в районе острова Ньюфаунленд дальность уверенного обнаружения системой, работающей в активно-пассивном режиме, ПЛА SSN 21 колебалась в пределах 30-35 км.

АПЛ типа SSGN 726, имеющая на борту четыре комплекта антенн ADS, может создать «поле освещенной подводной обстановки» площадью около 2500 квадратных миль.

Группа из трех кораблей типа LCS, развернув систему ADS и имея на борту буксируемые излучатели для подсветки целей LFAS и противолодочные вертолеты, способна в течение длительного времени контролировать акваторию общей площадью более 30 000 квадратных миль (96 100 км², что представляет собой квадрат со стороной 310 км).

Ни одна сколько-нибудь крупная подводная цель в результате применения этой системы не способна остаться незамеченной.

Будущее за маленькими

Что же теперь - подводному флоту как военной силе приходит конец? Данный вопрос пока остается открытым.

Слабость описанных СОПО заключается в их локальном применении. Они способны эффективно работать лишь в том случае, если доминирующей силой в Мировом океане является флот Соединенных Штатов. Но если Китай к 2030 году решит довести численность своего атомного подводного флота до 300 единиц, из которых 200 постоянно будут развернуты на просторах Тихого океана, решить задачу противолодочной борьбы подобными системами будет в принципе невозможно. В том, что технически, финансово и организационно Китай на это способен, никаких сомнений нет.

При сохранении количественного соотношения подводных сил средство противодействия подобным системам обнаружения ПЛ может быть только радикальным - это ядерное оружие, применение которого по понятным

причинам рассматривается лишь в качестве самого последнего варианта. Бригады тральщиков и легких водолазов теоретически тоже могли бы заниматься поиском и уничтожением излучателей и приемников систем СОПО - однако подобная работа требует использования поистине громадного флота, надежнейшим образом прикрытого авиацией. Словом, овчинка не стоит выделки.

Собственно, уже сейчас ясно, что применение быстроразвертываемых СОПО полностью изменит ход вооруженной борьбы на море. Использование подводных лодок в том виде, в каком они существуют сейчас, станет практически невозможным. А это значит, что подводные лодки будущего, скорее всего, будут иметь принципиально иной облик. Среди прочих рассматривается, например, такой, вероятно, наиболее перспективный вариант: оснащение крупных, «материнских» АПЛ небольшими автоматическими подводными аппаратами. Эти аппараты, в свою очередь, как матрешки, будут содержать в себе другие, еще меньшего размера, предназначенные для выполнения самых разных задач, от связи и разведки до нанесения минно-торпедных ударов. «Материнская» лодка не станет даже приближаться к зоне ответственности противолодочных сил противника, туда отправятся практически незаметные, крошечные, но многочисленные подводные роботы узкой специализации. Никакая СОПО не сможет обнаружить подводные аппараты величиной с рыбу среднего размера.

Остается только догадываться, какие средства противодействия будут придуманы против них.

Принципы

СОПО

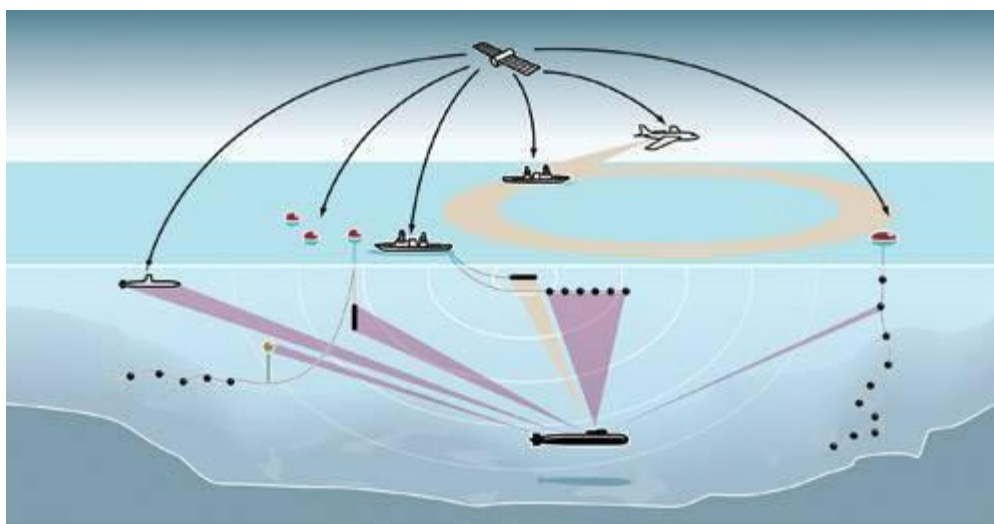


Рис.1 Принцип действия работы СОПО

Подводная лодка (в центре) обнаруживается системой, состоящей из излучателя, буксируемого надводным кораблем, и многочисленных приемников: буксируемой антенны надводного корабля, ГАК подводной лодки, гидроакустическими буями и разложенными на грунте линейными антеннами. Координаты каждого элемента СОПО в каждый момент времени известны благодаря системе спутникового позиционирования. Работа корабельного соединения и СОПО координируется с помощью космической связи, системы AWACS; с любого элемента соединения - подводной лодки или надводных кораблей - могут быть использованы средства поражения обнаруженной лодки противника. Система обстановки освещается как с подводной, так и с надводной частей. Для освещения надводной части используются космические аппараты, самолеты ДРЛО и надводные корабли. Комплексная информация об обстановке в районе боевых действий концентрируется на командных пунктах, расположенных на надводных кораблях и на берегу.

Способы

обнаружения

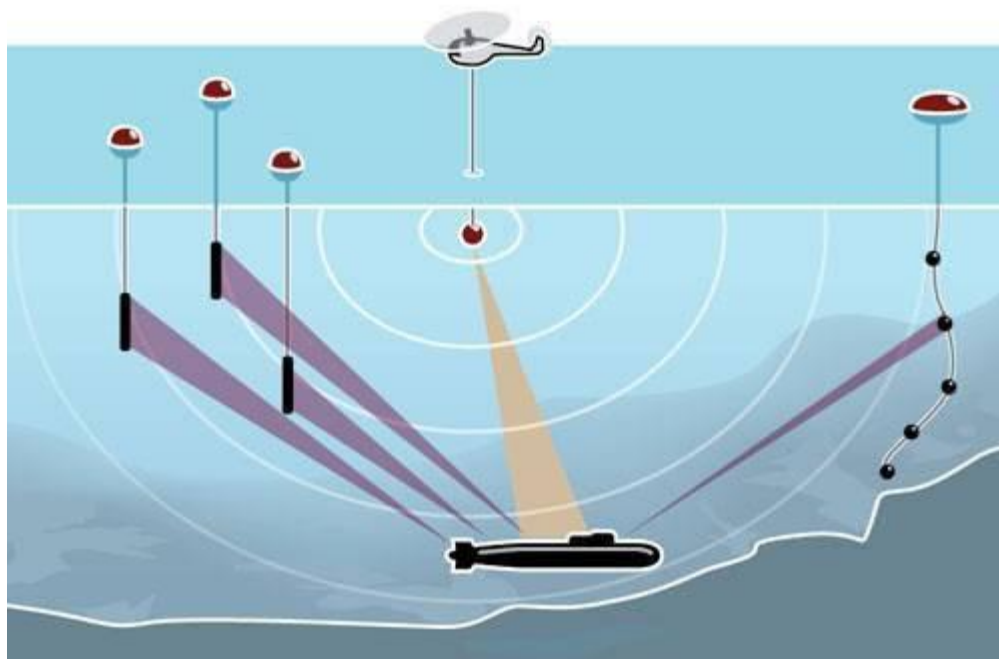


Рис.2 Обнаружение подводной лодки с помощью ГАС.

Для подсветки подводной лодки используется вертолетная опускаемая гидроакустическая станция. Гидроакустические буи и развернутая антенная решетка ADS обнаруживают подводную лодку в мультитатическом режиме

Помимо гидролокации, лодка может быть обнаружена еще по трем десяткам различных физических полей и вызываемых действиями лодки явлений.

Соответствующие датчики отслеживают изменения в естественном фоне среды, которые вызываются присутствием корабля. Например, в результате прохождения лодки изменяется давление воды, образуется волна повышенного гидростатического давления, что легко может быть зафиксировано. Сейсмические датчики могут отследить вызванные прохождением подводной лодки колебания морского дна (лодка оказывает давление на воду, а та в свою очередь на морское дно). Из-за прохождения лодки изменяются освещенность подводного дна, магнитное поле, гравитационное поле Земли. Наконец, со спутника при определенных условиях можно увидеть волновой след лодки,

даже если она идет глубоко под водой. Современные системы противолодочной борьбы используют целый комплекс средств поиска - что-нибудь да должно сработать.

Все

под

контролем



Рис.3 Никто не проскользнет незамеченным.

При помощи систем освещения подводной обстановки субмарины могут быть засечены буквально сразу же после их выхода в море

Одна ПЛА типа SSGN-726 как средство доставки позиционных быстро развёртываемых систем активно-пассивного типа, имеющая на борту четыре комплекта антенн ADS, может создать «поле освещенной подводной обстановки» площадью более 2500 квадратных миль. На карте показаны возможные варианты развертывания СОПО в районах базирования Северного флота. Каждый кружок - зона, ограниченная датчиками СОПО, в которой подводная обстановка полностью контролируется.

Выводы

Россия обладает уникальным по своему нефтегазовому потенциалу шельфом арктических морей и высокоинтеллектуальными человеческими ресурсами. В сегодняшних политических и финансовых условиях у РФ появился последний, долгое время отсутствовавший, стимул к интенсивному развитию собственных современных и перспективных нефтегазовых технологий и созданию передовой отечественной нефтегазовой промышленности – запрет на импорт иностранных технологий освоения шельфовых месторождений углеводородов. Несомненным является тот факт, что при правильном и своевременном создании стимулирующих финансово-организационных условий со стороны государства и национальных нефтегазовых компаний на российском шельфе будут реализовываться крупнейшие в мире нефтегазовые проекты с наивысшими показателями по эффективности и безопасности и с использованием отечественной инновационной техники и технологий.

2 Структура модели информационно-технической системы подводного наблюдения

2.1 Структура системы контроля добычи углеводородов в Арктической зоне

Арктика - довольно труднодоступный регион для человека, поэтому для исследования и мониторинга её территории должны применяться соответствующие технологии и устройства. Основные средства мониторинга это спутники, подводные глайдеры-роботы, ГАС для обнаружения подводных объектов, например затонувших кораблей, противолодочных мин, ПЛ других государств, а также изучение рельефа дна для нахождения оптимального места добычи углеводородов.

Подводные глайдеры-роботы для исследования и мониторинга арктических акваторий

Тяжелые условия освоения месторождений углеводородов в Арктике, особенно ледовая обстановка, делает традиционную систему исследований и мониторинга малоприменимой. В качестве основных инструментов сегодня используются специализированные суда, буксируемые и опускаемые датчики, долговременные стационарные или плавающие буи. Очевидно, что перевод перерабатывающих и транспортировочных мощностей под воду для минимизации надводной инфраструктуры месторождения требует радикального изменения концепции наблюдения за ним, в рамках ограничений, налагаемых внешней средой.

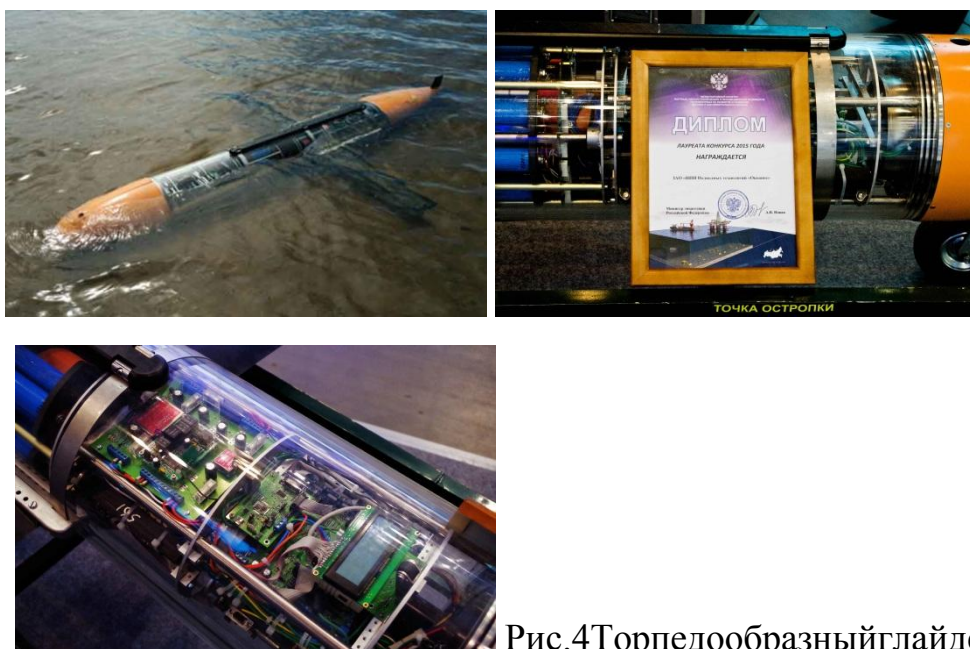


Рис.4 Торпедообразный глайдер ЗАО "НПП ПТ "Океанос"

На первый план выходят робототехнические средства, имеющие свойства:

- способность производить требуемые исследования (очевидно);
- отсутствие необходимости в частом всплытии;
- минимальное обеспечение с поверхности;
- высокая автономность;

На рис.5 показана сеть донных станций, дрейфующих и ледовых буев и подводных аппаратов проекта ACOBAR

Принцип действия глайдера подразумевает регулярные всплытия на чистой воде для определения и коррекции местоположения, проведения сеансов связи с базой и т.д. Для условий тяжелой ледовой обстановки такой режим действий практически невозможен. Технологически возможно оборудовать аппарат вверхсмотрящим альтиметром / гидролокатором для поиска участков чистой воды в ледяном поле, но учитывая ограниченную маневренность, малую скорость глайдера и высокое энергопотребление таких систем, это нецелесообразно. Здесь важно создать разветвленную подводную инфраструктуру, решающую задачи:

- подводной навигации в районе. Новые технологии навигации, основанные на синхронизации по атомным часам, позволяют создать относительно малоэнергоёмкие и «дальнобойные» навигационные системы.
- подводной зарядки АКБ / смены источников питания. Существует целый ряд отечественных и зарубежных разработок, но пока нет стандартизированных решений и технологий. Сегодня хорошо отработаны технологии производства и эксплуатации литий-ионных и аналогичных батарей, но их потенциал представляется недостаточно высоким; при этом, имеется целый ряд более эффективных источников питания, которые в большинстве своем пока находятся в экспериментальной фазе.
- связи для получения новых заданий, обмена результатами и т.д.

Задача такого уровня сложности заведомо невыполнима для отдельной, тем более коммерческой организации. Необходимо решение на государственном уровне и мощная кооперация промышленных и научных предприятий. Видя актуальность темы, мы стараемся заложить костяк этой кооперации и уже

начали реализацию этой концепции в инициативном порядке, ожидая, когда она будет поддержана руководством страны и организациями профильных отраслей.



Рис.6 Подъем глайдераSlocum после миссии Национального гидрометеорологического агенства на Аляске

ЗАО «НПП ПТ «Океанос» совместно с СПбГМТУ и другими предприятиями с 2011 года разрабатывает платформу подводного глайдера, которую отличают: высокая автономность (измеряемая неделями) в силу уменьшенного энергопотребления (энергия расходуется только в точках перегиба траектории); небольшая скорость (до 0.5 узла); отсутствие необходимости в частом периодическом всплытии (при наличии систем подводной навигации и связи с другими единицами сети). Аппарат полностью функционирует, проходит испытания на открытой воде и в испытательных бассейнах; идет работа по насыщению его полезной нагрузкой отечественного производства. Интегрирован многофакторный датчик скорости и направления течения

Севастопольского морского геофизического института, устанавливаются подводная навигационная система и цифровая гидроакустическая связь компании RedWave (ОАО «Лаборатория подводной связи»), а также высокоточные датчики глубины ОАО «ММС Радар» и др. Сложной задачей остается подбор энергетических модулей – для аппарата институтом им. академика Иоффе изготовлены АКБ, но для долговременной эксплуатации в арктических районах этого недостаточно. Рассматриваются термоэмиссионные и радиоизотопные источники питания ОАО «Криотерм».

На конференции Oceans 2015 (Вашингтон) специалисты института океанологии Скриппса (США) сообщили о создании первого в мире глайдера с положительным энергетическим балансом (технология «собирания энергии», energyharvesting), основанного на механизме изменения фазового состояния рабочего тела. Подробностей по данной теме пока нет, но ясно, что в мире активно продолжается работа по созданию нового поколения глайдеров, и что эти системы направлены на освоение тех регионов, где традиционные методы исследований бессильны – то есть арктических. Если Россия не хочет далее отставать в этой гонке, то в крайне сжатые сроки необходимо переходить от инициативных разработок единичных аппаратов к производству и промышленному использованию. Опирается следует на системы группового управления, позволяющие относительно недорогим и несложным аппаратам успешно выполнять задачи, недоступные для традиционных методов исследований.

ЗАО «НПП ПТ «Океанос» в своем проекте платформы глайдера добилось следующих результатов:

- создано семейство лабораторных образцов автономных аппаратов различных типов
- впервые в РФ создан высокоадаптивный рабочий образец глубоководного глайдера для проведения испытаний и исследований, для отработки

различных вариантов схем управления, полезной нагрузки, вспомогательных подсистем

- созданы, испытаны и доработаны блоки аппаратного обеспечения и их электронные компоненты, минимизировано использование элементов западного производства
- разработан уникальный программный код системы управления, написано специальное ПО для проведения испытаний, прямого дистанционного управления и снятия телеметрии в реальном времени
- оформлена концепция совместного информационного пространства при использовании морских робототехнических средств, проведены эксперименты по совместному использованию подводных аппаратов и безэкипажных катеров, идет совместная работа с производителями отечественных БПЛА.

2.2 Информационно-аналитическая подсистема, обеспечивающая сбор, обработку, хранение, передачу и анализ совокупности получаемых данных дистанционных и контактных измерений

Большая часть Арктики находится под суверенитетом восьми арктических государств, которые осуществляют регулирование в области охраны окружающей среды в рамках Арктического совета, Конвенции Осло-Париж (OSPAR), других организаций и собственных законодательных норм на уровне национального законодательства.

Россия является постоянным членом Арктического совета. Кураторами рабочих групп выступают профильные федеральные ведомства РФ, в первую очередь Минэкономразвития, Минприроды, МЧС России и Росгидромет. Отсутствие в Российской Федерации единых нормативных документов, регламентирующих объёмы, виды и методы проведения экологического мониторинга на шельфе, приводит к тому, что каждая компания ведёт работы по собственной программе

в соответствии с лицензионными условиями о недропользовании. ГОСТы, своды правил совместных предприятий регулируют требования по охране морской среды при разведке и освоении нефтегазовых месторождений, но не устанавливают требования к экологическому мониторингу на шельфовых участках. Большинство нормативно-методических документов и стандартов разработаны для водных объектов на суше и не учитывают особенности арктической морской среды.

Экологическое сотрудничество арктических стран в рамках международных организаций

Страны	Арктический совет (8 стран участниц)	OSPAR (15 стран участниц)	ХЕЛКОМ (9 стран участниц)
Англия		✓	
Бельгия		✓	
Германия		✓	✓
Дания	✓	✓	✓
Ирландия		✓	
Исландия	✓	✓	
Испания		✓	
Люксембург		✓	
Нидерланды		✓	
Норвегия	✓	✓	
Португалия		✓	
Финляндия	✓	✓	✓
Франция		✓	
Швейцария		✓	
Швеция	✓	✓	✓
США	✓		
Россия	✓		✓
Канада	✓		
Польша			✓
Латвия, Литва, Эстония			✓

© 2014 ПК «Делойт и Туш РКСЛ»

Рис.7 Таблица экологического сотрудничества стран

Существуют международные регуляторы экологического мониторинга шельфа на уровне государств (Арктический совет, Конвенция Осло-Париж – OSPAR и Хельсинская комиссия – HELCOM) и компаний (The International Association of Oil & Gas Producers – IOGP,

International Petroleum Industry Environmental Conservation Association – IPIECA и другие). Экологический мониторинг регулируется на уровне государств путём создания международных организаций, конвенций и на уровне компаний посредством законодательства стран их деятельности, а также международными ассоциациями, членами которых они являются.

2.3 Информационные системы ближнего и дальнего обнаружения подводных целей

Международные организации используют схожие подходы к методологии экологического мониторинга шельфов

Параметр	ОСПАР	Арктический совет	ХЕЛКОМ
Параметры мониторинга	Единый набор исследуемых параметров (физические, химические, биологические)		
Виды рекомендаций, методологий	Издаются рекомендации по проведению мониторинга только на уровне государств Для компаний рекомендации не издаются	Издаются рекомендации по проведению мониторинга только на уровне государств Изданы рекомендации для компаний, работающих на шельфе по проведению экологического мониторинга на этапах ГРП	Издаются рекомендации только на уровне государств по проведению мониторинга Для компаний рекомендации не издаются
Обязательства	Обязаны следовать рекомендациям на основании подписанного соглашения (The Convention for the Protection of the marine Environment of the North-East Atlantic)	Несут рекомендательный характер	Несут рекомендательный характер

© 2014 ГК «Делойт и Туш РКСЛ»

Рис.8 Таблица подходов к мониторингу шельфов

Основные цели и задачи Арктического совета: проведение экологического мониторинга, получение достоверной и достаточной информации о состоянии арктической среды; разработка предложений и рекомендаций по предотвращению и контролю над загрязнениями для приарктических государств и стран наблюдателей. Работа Арктического совета осуществляется в рамках шести рабочих групп по разным экологическим аспектам: устранению загрязнения Арктики (АСАР), реализации программы

арктического мониторинга и оценки (AMAP); сохранению арктической флоры и фауны (CAFF); предупреждению, готовности и ликвидации чрезвычайных ситуаций (EPPR); защите арктической морской среды (PAME); устойчивому развитию в Арктике (SDWG).

Группа по устранению загрязнения Арктики (АСАР)	Группа по реализации программы арктического мониторинга и оценки (AMAP)	Группа по сохранению арктической флоры и фауны (CAFF)	Группа по предупреждению, готовности и ликвидации чрезвычайных ситуаций (EPPR)	Группа по защите арктической морской среды (PAME)	Группа по устойчивому развитию в Арктике (SDWG)
Способствует организации и проведению правительствами Арктических государств национальных мероприятий по очистке и предотвращению загрязнения и выбросов	Отвечает за измерение уровней и оценку воздействия окружающей среду Арктики, составление докладов о состоянии арктической среды	Работа над сохранением биологического разнообразия в Арктике и доведение сделанных группой открытий до правительств и населения арктических стран	Проведение учений по ликвидации чрезвычайных ситуаций, проведение подготовки и обучение персонала	Подготовка предложений по формированию рекомендаций предотвращения, и контроля за загрязнениями, связанными с защитой арктической морской среды	Реализация мер защиты и улучшения состояния окружающей среды и экономик, культуры и здоровья коренных народов и арктических сообществ

Рис.9 Таблица групп, работающих в Арктике

Основные рекомендации, разработанные Арктическим советом, включены в «Руководство для нефтегазовых компаний на шельфе Арктики», которое содержит рекомендации проведения мониторинга на всех этапах деятельности и оценке воздействия на окружающую среду, а также «Руководство PAME по обеспечению безопасности нефтегазовых операций на арктическом шельфе».

OSPAR осуществляет работу в рамках стратегий совместного мониторинга шельфов странами-участницами. Среди основных целей и задач Конвенции Осло-Париж: разработка подходов и рекомендаций проведения мониторинга для стран участниц; проведение согласованных программ мониторинга; сбор данных мониторинга от стран участниц; осуществление контроля исполнения рекомендаций и стандартов.

В зависимости от реализации экосистемного подхода выделены 6 стратегий.

Стратегия сохранения биоразнообразия и экосистем	Стратегия эвтрофикации	Стратегия опасных веществ	Стратегия индустрии на шельфе	Стратегия радиоактивных веществ	Стратегия по программе мониторинга и совместной оценке
Исследования биоразнообразия морской среде, для защиты и сохранения экосистем, а также восстановление, если это осуществимо	Исследование эвтрофикации морской среде, с целью достижения и поддержания здоровой морской среды	Предотвращения загрязнения путем постоянного сокращения сбросов, с конечной целью добиться концентрации вблизи фоновых показателей	Предотвращения загрязнения нефтяной и газовой деятельностью, путем установления экологических целей и совершенствован ия механизмов	Предотвращения загрязнения путем постоянного сокращения сбросов, выбросов и потерь радиоактивных веществ	Программы мониторинга, для учета критерии, методологических стандартов и показателей для оценки воздействия на окружающую среду

Рис.10 Таблица стратегий в Арктике

В рамках OSPAR разработаны рекомендации в области: химической оценки, замера шумов, измеряемых параметров эвтрофикации (чрезмерное увеличение содержания биогенных элементов в водоёмах, сопровождающееся повышением их продуктивности). Конвенция требует предоставления ежегодного отчёта качества среды от стран-участниц. Принятые рекомендации и соглашения являются юридически обязательными для них в рамках процедуры представления отчётности и оценки.

Основные цели и задачи комиссии HELCOM заключаются в разработке подходов и рекомендаций к проведению мониторинга в странах-участницах, контроле над проведением скоординированного экологического мониторинга в них, а также в осуществлении контроля над исполнением рекомендаций и стандартов всеми странами Балтийского моря. Рекомендации должны выполняться странами на основе своего национального законодательства, с учётом внесённых в них изменений. Страны должны регулярно отчитываться по принятым правовым и нормативным мерам, эффективности и проблемам, возникающим при реализации положений конвенции.

Работа HELCOM осуществляется в рамках пяти основных рабочих групп.

Группа по применению экосистемного подхода (ХЕЛКОМ ГЕАР)	Группа по морским источникам загрязнений (ХЕЛКОМ МЭРИТАЙМ)	Группа по снижению нагрузок загрязнений, поступающих с водосборного бассейна Балтийского моря (ХЕЛКОМ ПРЕШЕ)	Группа по реагированию на аварийные разливы в море (ХЕЛКОМ РЕСПОНС)	Группа ХЕЛКОМ по получению оценок состояния окружающей среды и охране природы (ХЕЛКОМ СТЭЙТ)
Занимается вопросами скоординированных программ мониторинга ХЕЛКОМ, ключевыми индикаторами экологического статуса, отчетами по тематическим и комплексным оценкам	Обеспечивает эффективное выполнение правил судоходства и мер, направленных на ограничение морских источников загрязнений	Обеспечивает необходимую техническую основу для деятельности, связанной с биогенами и опасными веществами, поступающими от диффузных и точечных источников на суше	Обеспечивает быстрый национальный и международный отклик, организует совместные авианаблюдения, учебные мероприятия для предотвращения загрязнения	Обеспечивает проведение мониторинга и получение оценок, а также охватывает вопросы ХЕЛКОМ, относящиеся к охране природы и сохранности биоразнообразия

Рис.11 Таблица 5 основных рабочих групп

Международная ассоциация производителей нефти и газа (The International Association of Oil & Gas Producers – IOGP) – самая представительная профильная корпоративная ассоциация. IOGP собирает и обобщает ценные знания для использования в качестве руководящих принципов и надлежащей практики проведения экологического мониторинга её участниками. Участники IOGP используют руководящие принципы «Мониторинга окружающей среды на шельфе для нефтяной и газовой промышленности», при этом документ носит рекомендательный характер. При выполнении рекомендаций компании должны учитывать требования законодательства стран, на территории которых они ведут работы. Однако российские нефтегазовые компании не являются членами этой ассоциации.

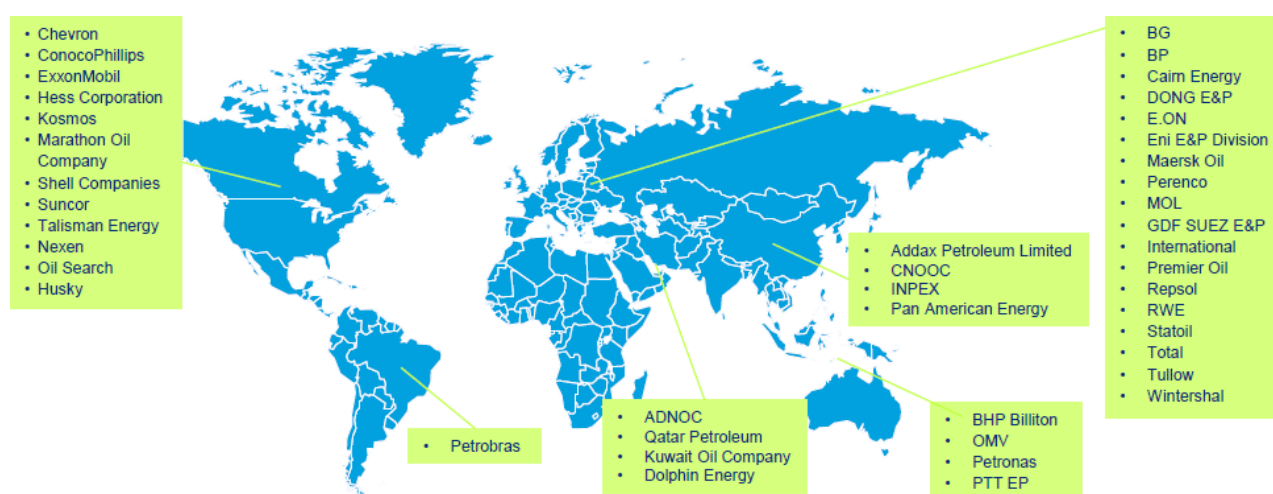


Рис.12 Компании-участники программы IOGP

Мониторинг окружающей среды на шельфе в нефтяной и газовой отраслях основан на так называемых руководящих принципах, включающих аналитические методы и стандарты анализа воды и донных отложений, методы отбора проб и подготовки их к анализу, работы биомаркеров и анализа полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в морских организмах. Руководящие принципы содержат подробное описание изучаемых параметров, методов проведения анализа и используемых стандартов для проведения мониторинга на шельфе, а также рассматривают возможности использования новых технологий мониторинга, таких как биомаркеры и стационарные или мульти-сенсорные платформы.

В последние годы технологии подводного мониторинга претерпели существенные улучшения: увеличилась частота измерений, появилась возможность отслеживать естественные сезонные и глобальные изменения, проводить измерения в реальном времени, в том числе с помощью фотосъёмки, что полезно для учёных и понятно общественности. Для сбора мониторинговых наблюдений, всё чаще используется мобильные и мульти-сенсорные платформы, с вычислительными и коммуникационными приборами.

В Российской Федерации существуют, хотя и не в структурированном виде, правовые нормы проведения экологического мониторинга на шельфе для компаний. Так, в основополагающем документе – Федеральном Законе «Об охране окружающей среды» – субъекты хозяйственной и иной деятельности обязаны проводить производственный экологический контроль. Только в ФЗ «О континентальном шельфе РФ» указывается, что сведения, обязывающие проводить организацию мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды, должны быть указаны в лицензионных условиях пользования недрами.

При отсутствии нормативно-правовых и методических рекомендаций, регулирующих экологический мониторинг, российские компании

самостоятельно разрабатывают локальные документы, которые регулируют корпоративные стандарты по экологическому мониторингу.

Выводы:

В настоящий момент мониторинг Арктического региона осуществляется с помощью дронов, подводных глайдеров-роботов, сетей донных станций, космических спутников, так как для привычных методов освоения и исследования территорий в Арктике слишком суровый климат, отсутствие больших поселений людей, слаборазвитая инфраструктура. Необходимость освоения будет ощущаться с каждым годом, так как ресурсы, потребляемые человеком, особенно углеводороды, истощаются невероятно быстро.

3 Структура модели информационно-технической системы подводного наблюдения

3.1 Технологические решения

Я предлагаю объединить лучшие качества СОПО и ГАС в систему, объединив их лучшие качества и достоинства воедино.

Предлагаемое изобретение относится к технике обнаружения цели под водой, а именно, к устройствам активной физической защиты периметров объектов и может быть использовано для охраны периметров подводной части акваторий от несанкционированного проникновения на охраняемый объект движущихся подводных объектов (подводных пловцов в легководолазном снаряжении, средств их доставки, самотранспортирующихся и плавающих мин, подводных телеуправляемых, автономных и обитаемых подводных аппаратов (ПА) и т.д.).

На сегодняшний день известны системы охраны подводной части акваторий, которые условно можно разделить на несколько категорий:

1. Гидроакустические системы,
2. Пассивные магнитометрические системы,

3. Активные электромагнитные системы,

4. Системы физического барьера, оснащенные чувствительным элементом (сети, решетки и т.д.).

В качестве примеров известных гидроакустических систем можно привести следующие системы:

1. ГАС Нерпа - М

2. ГАС Трал

Области применения гидроакустических систем (ГАС) ограничены в связи с высоким разнообразием реверберационных помех, препятствующих эффективной работе данных устройств. Эти помехи возникают вследствие отражения излучаемого передатчиком сигнала от различных поверхностей, обусловленных мелководьем, сложным рельефом дна, волнением водной поверхности, отражением от берегов каналов, морских животных и стай рыб в охраняемых водоемах. Из-за того, что частота излучаемого сигнала гидроакустической системы и сигнал помехи обычно имеют одну и ту же несущую частоту или близкую к ней, то задачи обеспечения эффективной работы системы подразумевают сложные технические решения. При условии, что уровень сигнала помех равен по интенсивности полезному сигналу, то выделить полезный сигнал от объекта практически невозможно. Также существенным недостатком гидроакустического просветного способа является то, что наблюдение объекта в окрестности базисной линии излучатель - приемник происходит на фоне прямого сигнала, излучаемого передатчиком, который является и основной помехой, всегда превосходящей по уровню сигнал, рассеянный от объекта вперед. В связи с этим в принимаемом сигнале не просматривается существенных различий от сигнала цели или ее отсутствия.

Данный недостаток существенно ограничивает применение гидроакустических систем для охраны непосредственно периметра объекта.

В связи с этим гидроакустические станции (ГАС), в основном, применяются в качестве предупредительного средства и устанавливаются за периметром охраняемого участка в качестве первого (предупредительного) рубежа охраны.

Итак, основным недостатком гидроакустических систем можно назвать их работу на одной несущей частоте. Обычно используют частоты в 50 кГц, 200 кГц, 400 кГц, 800 кГц. При этом при увеличении частоты увеличивается разрешающая способность системы и уменьшается дальность обнаружения объекта.

В мутной воде, с большим количеством взвешенных частиц, гидроакустические системы не работают. Взвесь твердых частиц в воде, в том числе мелкие пузырьки воздуха, для гидроакустического сигнала представляет непреодолимую стену.

Класс пассивных магнитометрических систем основан на принципе обнаружения изменений магнитного поля земли. (MagneticAnomalyDetection = MAD). Нарушитель, имеющий при себе ферромагнитные предметы, создает колебания магнитного поля, которые регистрируются чувствительным элементом, уложенным на дно водоема. Примером таких систем может служить «Мультигارد-2000» израильской компании G-MaxSecurity, которая используется, в том числе, для защиты участков акваторий. К достоинствам данной системы можно отнести то, что она полностью скрыта и пассивна. Однако области применения всех магнитометрических систем ограничены небольшой зоной (глубиной) обнаружения (до 6 метров) и слабой защищенностью от промышленных и природных электромагнитных помех. Также следует подчеркнуть, что нарушители, не имеющие при себе ферромагнитных предметов, не могут быть выявлены магнитометрическими системами.

Таким образом, магнитометрические системы имеют три существенных недостатка:

- они не могут контролировать участки акваторий с глубиной более 6 метров;
- на объектах, имеющих сильные электромагнитные помехи, количество ложных срабатываний столь велико, что эффективность их работы стремится к нулю;
- нарушители, не имеющие при себе ферромагнитных предметов, не могут быть обнаружены.

Активные электромагнитные системы, в отличие от пассивных магнитометрических систем, способны обнаруживать движущиеся объекты без ферромагнитных предметов, но на расстоянии не более 5 метров, что также ограничивает область их применения.

Системы физического барьера оснащены чувствительным элементом, размещенным по периметру охраняемой территории. Такие системы можно рассмотреть на примере трибоэлектрического (вибрационного) средства обнаружения Supersensor (Multisensor) израильской компании G-MaxSecurity.

Чувствительный элемент системы представляет собой экранированный кабель 2*22 AWG, состоящий из 2-х сплетенных между собой жил с покрытием алюминиевой фольгой и мягких ПВХ и дополнительной внешней изоляцией из устойчивого к ультрафиолету ПВХ. Для применения в водной среде используется сеть, особым образом сплетенная из чувствительного кабеля. Данная система может быть установлена на различных типах крепления или ограждения, при условии, что при этом перекрывается подводный участок периметра акватории. Система эффективно обнаруживает все попытки несанкционированного преодоления рубежа периметра: перелаз через ограждение, обрыв или подкоп.

Однако такие системы нельзя применять на участках акватории, имеющих течение, т.к. система с подвижным кабелем непрерывно находится в состоянии тревоги. Также при нарушении подводным пловцом целостности кабеля, сеть требует полной замены поврежденного участка.

Следовательно, данная система имеет два существенных недостатка:

- неработоспособна на участках акватории, имеющих сильное течение;
- при попытке проникновения с нарушением целостности чувствительного элемента требуется дорогостоящий ремонт с демонтажом системы и заменой участка сети. То есть система работает на обрыв и фактически является одноразовой. Такая же ситуация возникает при повреждении сети посторонними предметами, переносимыми течением (бревна, коряги и т.д.).

В последнее время обозначился повышенный интерес к вопросам создания радиолокационных систем, использующих сверхширокополосные сигналы, т.е. сигналы, полоса которых сопоставима с центральной частотой спектра. Также актуально создание подобных систем для зондирования земных недр, морских глубин и атмосферы.

Объясняется это физической природой сверхширокополосных сигналов, порождающей ряд полезных свойств. Например, при отражении сверхширокополосные сигналы становятся носителями достаточно большого объема информации о самих зондируемых объектах. Сверхширокополосные сигналы практически нельзя подавить при прохождении сквозь среду с изменяющимися свойствами проницаемости.

Спектр зондирующего СШП сигнала содержит энергию, способную возбудить собственные резонансные частоты цели, определяемые ее геометрическими размерами, формой и материалом, из которого выполнена цель. Таким образом, в эхо-сигнале содержится информация, позволяющая распознавать различные объекты. В-третьих, значения собственных частот, характеризующих рассеивающий объект, в соответствии со способом сингулярных разложений, практически не зависят от ракурса цели, а поэтому они могут быть использованы в качестве информационных параметров для распознавания радиолокационных целей.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к предлагаемому техническому решению являются способ и система, описанные в международной заявке на изобретение WO/2008093088 «A SYSTEM FOR DETECTION OF UNDERWATER OBJECTS», выбранные авторами в качестве прототипа. В известном техническом решении описана подводная система обнаружения подводных объектов, а также способ, в ней реализованный. Система включает, по меньшей мере, один передатчик для передачи по воде электромагнитного и/или магнитно-индукционного сигнала; по меньшей мере, один приемник; средства обработки сигнала, полученного от передатчика, и средства для использования обработанного сигнала в качестве образца, а также для идентификации любого изменения или изменений в полученном сигнале для заключения о присутствии объекта между передатчиком и приемником.

Недостатком прототипа является то, что принцип обнаружения системы построен на регистрации изменений магнитного поля, генерируемого передатчиком, поэтому она эффективна только для обнаружения нарушителей, имеющих при себе ферромагнитные предметы. Также система чувствительна к электромагнитным помехам промышленных и природных источников. Большое количество датчиков, используемых в данной системе, указывает на то, что дальность обнаружения системы незначительна, вследствие чего защита водоемов с большой глубиной является проблемой для вышеуказанной системы.

3.1 Практические рекомендации по реализации модели

Задачей предлагаемого изобретения является создание такого способа и системы обнаружения подводных объектов при их вторжении в охраняемую зону, которые бы позволили значительно повысить вероятность обнаружения подводных объектов, а также свести к минимуму вероятность ложных срабатываний за счет адаптации к конкретному водоему и возможности получения как можно большей информации об объекте.

Техническим результатом является значительное повышение эффективности обнаружения подводных объектов в охраняемой зоне.

Для достижения указанного технического результата предлагается в способе обнаружения подводных объектов, включающем передачу по воде электромагнитного сигнала, прием отраженного сигнала, обработку принятого сигнала с целью идентификации изменений в полученном сигнале и формирования сигнала тревоги в случае обнаружения подводного объекта в охраняемой зоне, в качестве электромагнитного сигнала использовать широкополосный электромагнитный сигнал с полосой частот от 10 МГц до 200 МГц, возбуждаемый в передающей антенне генератором наносекундной длительности. Предлагается также перед началом работы проводить эталонные измерения сигналов, отраженных от различных моделей нарушителей, получая «портрет цели» для каждого подводного объекта в условиях конкретного водоема, причем обработку принятого сигнала, используемого в дальнейшем для формирования тревоги, предлагается проводить путем сравнения его с полученными «портретами цели».

Дополнительными отличиями предлагаемого способа являются:

- длительность импульсов составляет от 1 наносекунды до 10 наносекунд;
- амплитуда импульсов находится в диапазоне от 1 кВ до 500 кВ в зависимости от планируемой дальности рубежа обнаружения системы;
- мощность каждого СШП импульса наносекундного генератора составляет от 1 МВт до 40 МВт в зависимости от частоты их следования (от 100 Гц до 100 кГц).

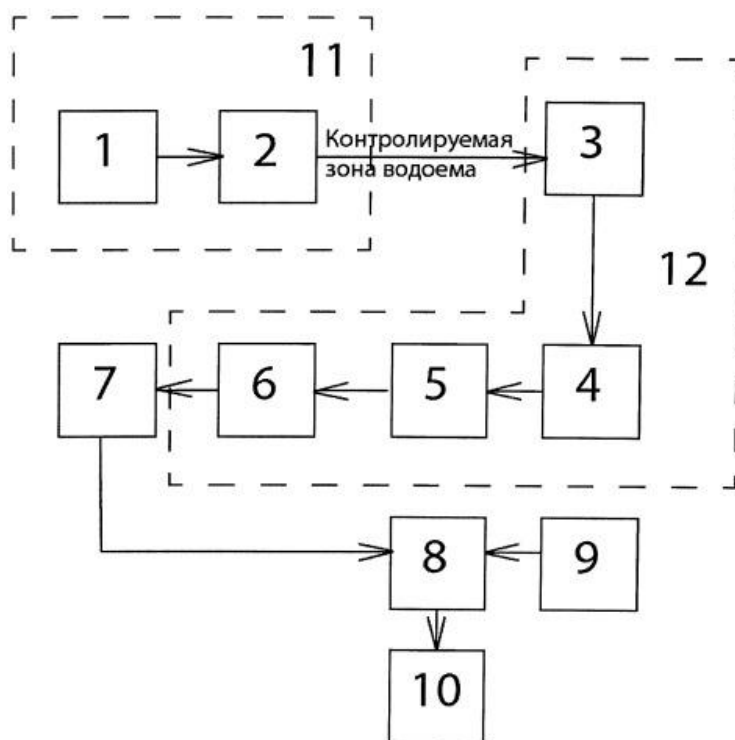
Также для достижения указанного технического результата предлагается в системе обнаружения подводных объектов, включающей, по меньшей мере, один передатчик с передающей антенной для передачи по воде электромагнитного сигнала, по меньшей мере, один приемник с принимающей антенной и средства обработки сигнала, в качестве передатчика использовать излучатель широкополосного сигнала с полосой частот от 10 МГц до 200 МГц,

возбуждаемого в передающей антенне генератором наносекундной длительности.

Дополнительными отличиями предлагаемой системы являются:

- длительность импульсов излучателя составляет от 1 наносекунды до 10 наносекунд;
- амплитуда импульсов излучателя находится в диапазоне от 1 кВ до 500 кВ в зависимости от размера охраняемой зоны и конфигурации охранной системы;
- мощность каждого СШП импульса наносекундного генератора составляет от 1 МВт до 40 МВт в зависимости от частоты их следования (от 100 Гц до 100 кГц).

Сущность предлагаемого изобретения поясняется следующими чертежами.



Фиг.1

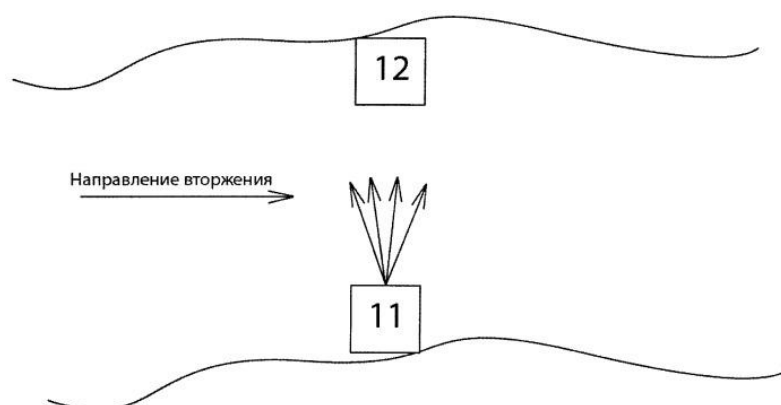
Рис.13. Фиг.1 Блок-схема СОПО

На Рис.13 приведена блок-схема системы обнаружения подводных объектов.

На блок-схеме соответствующими цифрами обозначены следующие блоки:

1 - генератор наносекундных импульсов высокого напряжения,

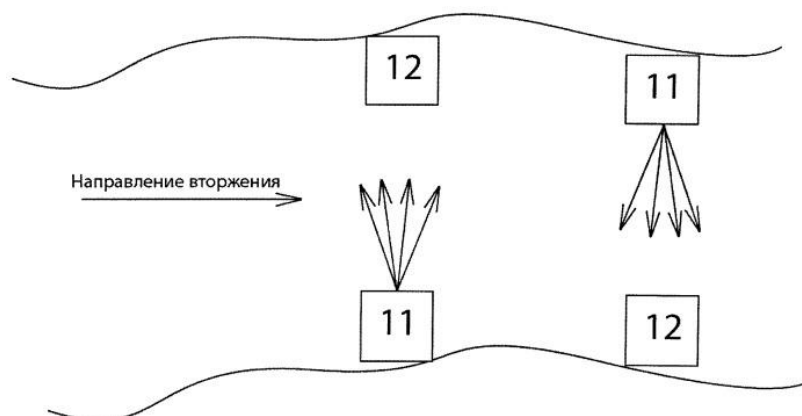
- 2 - широкополосная излучающая антенна,
- 3 - широкополосная приемная антенна,
- 4 - усилитель сигнала,
- 5 - полосовой фильтр,
- 6 - стробоскопический приемник,
- 7 - аналого-цифровой преобразователь,
- 8 - блок классификации сигналов,
- 9 - блок эталонных сигналов,
- 10 - автоматизированное рабочее место оператора,
- 11 - блок передатчика,
- 12 - блок приемника.



Фиг.2

Рис.14 Размещение передатчика и приёмника

На Рис.14 приведен вариант размещения передатчика и приемника в охраняемой зоне, где передатчик расположен на одном берегу охраняемого

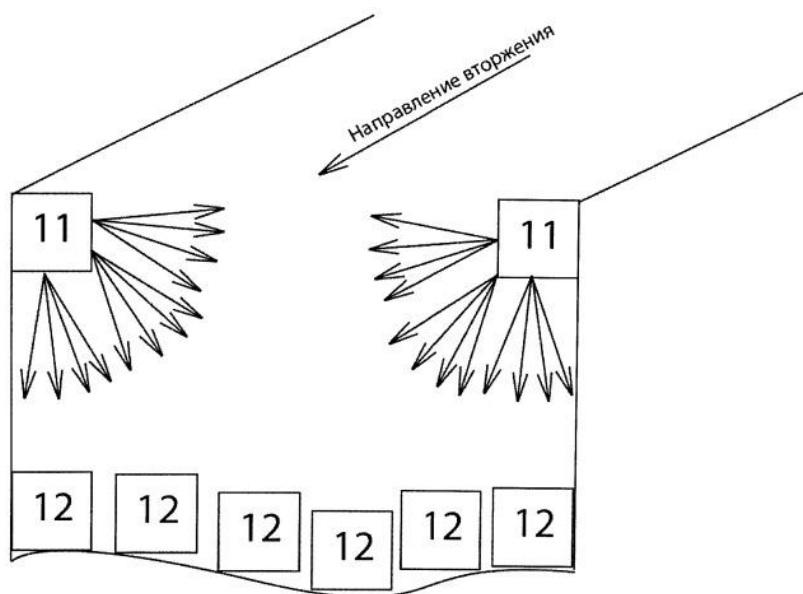


Фиг. 3

участка акватории, а приемник на противоположном. При пересечении рубежа формируется сигнал тревоги. Система одноканальная.

Рис.15 Размещение двух передатчиков и приёмников

На Рис.15 приведен вариант размещения двух передатчиков и двух приемников в охраняемой зоне, где передатчик расположен на одном берегу охраняемого



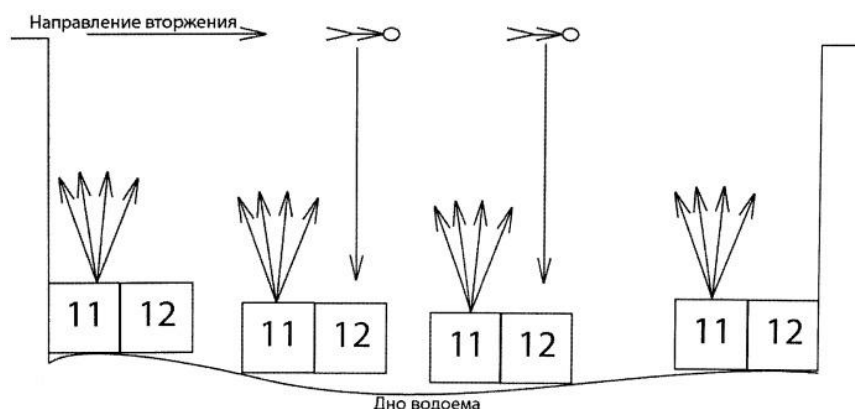
Фиг.4

участка акватории, а приемник на противоположном. При пересечении рубежа сигнал тревоги формируется последовательно на логическом принципе $A+B$ или $B+A$, где A и B разные каналы. Система двухканальная. При появлении сигнала на двух каналах одновременно сигнал тревоги не формируется, рассматривается как помеха.

Рис.16 Размещение передатчиков и приёмников у берегов и на дне водоёма

На Рис.16 приведен вариант размещения передатчиков и приемников в охраняемой зоне, где передатчики расположены у берегов охраняемого участка акватории, а приемники на дне водоема. При пересечении рубежа формируется сигнал тревоги. Система многоканальная. При нанесении участков расположения приемников на план водоема возможно точное определение

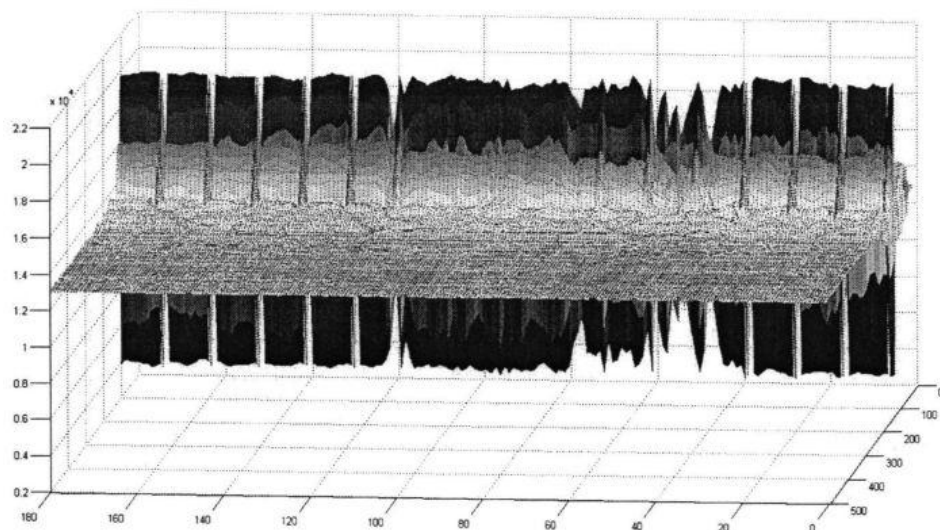
места вторжения. Сигнал, одновременно поступивший на все каналы, рассматривается как помеха, в формировании сигнала тревоги не используется.



Фиг.5

Рис.17 Размещение двух передатчиков и приёмников в виде протяженного рубежа

На Рис.17 приведен вариант размещения передатчиков и приемников в охраняемой зоне, где передатчики и приемники расположены на дне охраняемого участка акватории в виде протяженного рубежа. Приемник регистрирует сигнал, отраженный от нарушителя. При пересечении рубежа формируется сигнал тревоги. Система многоканальная. При нанесении участков расположения приемников на план водоема возможно точное определение места вторжения. Сигнал, одновременно поступивший на все каналы, рассматривается как помеха, в формировании сигнала тревоги не используется.

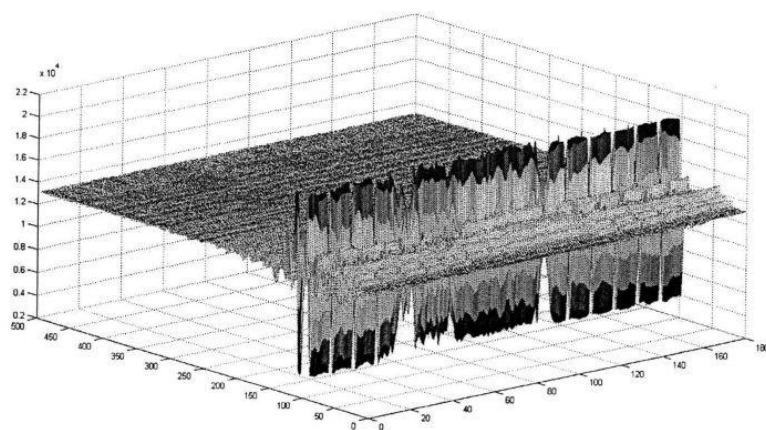


Фиг.6

Рис.18 ИЧХ сигнала при отражении от пловца без дых.аппарата

На Рис.18 приведена импульсно-частотная характеристика сигнала, полученного при отражении от подводного пловца без дыхательного аппарата и ферромагнитных предметов, где при значениях 120-180 сек - нет цели, при значениях 40-120 сек - цель пересекает охраняемую зону.

На данном графике (и на последующих графиках) по горизонтали отражена временная шкала, по вертикали - амплитуда импульсов.

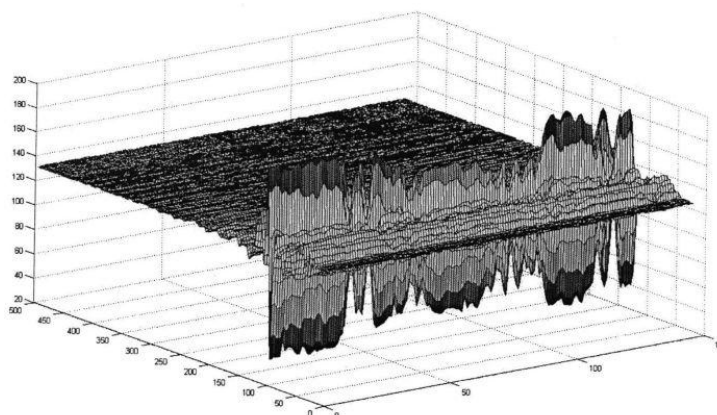


Фиг.7

Рис.19 ИЧХ сигнала при отражении от пловца с дых.аппаратом

На Рис.19 приведена импульсно-частотная характеристика сигнала, полученного при отражении от подводного пловца с дыхательным аппаратом

открытого цикла, где при значениях 120-180 сек - нет цели, при значениях 40-120 сек - цель пересекает охраняемую зону.



Фиг.8

Рис.20 ИЧХ сигнала при отражении от движущегося металлического предмета

На Рис.20 приведена импульсно-частотная характеристика сигнала, полученного при отражении от движущегося крупного металлического предмета, где при значениях от 0 до 50 сек - нет цели, при значениях от 50 до 150 сек - цель пересекает охраняемую зону.

Предлагаемый способ реализуется путем регистрации и дальнейшей обработки сигналов, отраженных от подводной цели после облучения ее широкополосными импульсами. Для достижения заявленного результата в качестве излучателя применяется источник широкополосного излучения. Экспериментальным путем на полигоне установлено, что при излучении электромагнитного широкополосного сигнала в водной среде на регистрирующем приемнике наблюдается максимум амплитуды сигнала на частоте около 25 МГц.

На основании этого результата используется специальный излучатель широкополосного зондирующего сигнала с полосой от 10 МГц до 200 МГц. Излучатель состоит из генератора наносекундных импульсов высокого напряжения (от 1 кВ до 25 кВ) и широкополосной антенны, обеспечивающей передачу заявленного диапазона частот.

3.2 Технологические решения

Электромагнитные волны зондирующего сигнала, распространяясь сквозь водную среду, испытывают поглощение и отражение. Два этих процесса зависят от большого количества параметров среды, поэтому при попадании постороннего подводного объекта на линию передатчик-приемник, или при отражении излучающего сигнала от исследуемого подводного объекта формируется рассеянное электромагнитное поле. При этом форма принимаемых импульсов существенно отличается от зондирующего импульса.

Также на форму отраженного импульса существенное влияние оказывают резонансные свойства той части поверхности цели, от которой отразился сигнал.

Резонансные свойства объекта, а также результат поглощения, рассеивания и отражения широкополосного сигнала от объекта, определяются импульсными особенностями исследуемой цели.

Их можно условно назвать «портретом цели», поскольку они несут в себе информацию не только о наличии цели, но и о ее геометрической форме, а также могут характеризовать такие свойства объекта, как плотность, геометрические размеры, наличие воздушных полостей внутри объекта, а также много других особенностей, присущих исследуемому объекту.

Например, от пловца с дыхательным аппаратом открытого цикла максимальная амплитуда сигнала наблюдается на частоте около 47 МГц.

В связи с тем, что для решения задач обнаружения подводных объектов при их вторжении в охраняемую зону можно использовать ограниченное число моделей нарушителей, способ и система обнаружения, основанные на описываемом принципе, могут быть адаптированы для нескольких основных моделей:

- маломерная подводная лодка;

- подводный пловец с дыхательным аппаратом открытого цикла;
- подводный пловец с дыхательным аппаратом замкнутого цикла;
- подводный пловец на средствах движения;
- подводный пловец без дыхательного аппарата и ферромагнитных предметов;
- любые другие объекты, сигналы от которых занесены в блок эталонных сигналов.

Каждой модели нарушителя будет соответствовать собственный «портрет цели», ее импульсно-частотная характеристика, примеры «портретов цели» приведены на фиг.6 - фиг.8.

При установке системы обнаружения на каждом конкретном объекте (водоеме) производится анализ сигналов от всех моделей нарушителей с записью полученных данных в память блока эталонных сигналов 9.

Полосовой фильтр 5 вырезает спектры сигналов шумов и сужает диапазон частот для дальнейшей обработки сигналов, что повышает помехоустойчивость системы. Стробоскопический приемник 6 предназначен для регистрации повторяющихся электрических сигналов и выделения сигнала для дальнейшей обработки.

В дальнейшем алгоритм работы системы строится на анализе сигналов (при помощи специализированного программного обеспечения) и сравнении их в блоке классификации 8 с сигналами «портретов целей», имеющимися в памяти блока эталонных сигналов 9.

Все другие сигналы, регистрируемые приемником, могут быть рассмотрены как помехи или шумы и для формирования сигнала тревоги не используются.

При данном способе обработки сигналов возможно выявлять не только нарушение охраняемого периметра акватории, но и производить идентификацию нарушителя в соответствии с его моделью.

Дополнительные возможности возникают при применении двухканальной конфигурации системы. Появляется возможность определить направление движения нарушителя при вторжении в охраняемую зону и логически отличить широкополосную электромагнитную помеху от сигнала нарушителя, т.к. нарушитель всегда последовательно пересекает каждый канал по очереди, а помеха поступает на оба канала одновременно (см. фиг.3).

Обработка сигналов цели для получения ее импульсно-частотных характеристик может производиться с применением преобразования Габона или преобразования Фурье. Предлагаемая система может быть выполнена из следующих компонентов:

1. Генератор с пикосекундным фронтом импульсов наносекундной длительности сигнала, например, FPM 10-N
2. Передающая широкополосная антенна, например, рупорная микрополосковая
3. Приемная антенна, например, штыревая активная BCL 1-КА
4. Широкополосный усилитель, например, ZX60-6013 +
5. Широкополосный полосовой фильтр, например, разработки ОАО "МНИИРС"
6. Цифровой стробоскопический приемник, например, TMR7112/TMR7120, TMR7140
7. Аналого-цифровой преобразователь, например, ADC12L080
8. 9. Блоки 8 и 9 реализованы на базе персонального компьютера и представляют собой аппаратно-программные средства для классификации сигналов на основании эталонных,
10. Автоматизированное рабочее место оператора построено на базе настольного компьютера. Отображает текущее состояние системы обнаружения с возможностью передачи сигнала тревоги на пульт охраны периметра высшего уровня.

3.3 Экономическая оценка

Пример 1.

При исследовании спектра излучаемого через воду сигнала, поступающего на приемную антенну напрямую (без посторонних объектов на базисной линии передатчик-приемник), основная спектральная частота принимаемого сигнала составляет 25 МГц. При пересечении линии передатчик-приемник, или при регистрации отраженного сигнала от объекта (пловец с аквалангом) основная спектральная частота изменяется до 47 МГц. Форма сигнала приведена на фиг.6-8.

Дальность обнаружения подводных объектов обусловлена мощностью излучателя, чувствительностью приемника и может составлять от единиц до нескольких десятков метров.

Пример 2.

Если техническим заданием обусловлена защита канала, пересекающего периметр охраняемого объекта, то передатчики и приемники устанавливаются на разных берегах данного гидротехнического сооружения. При пересечении линии передатчик-приемник формируется сигнал тревоги с указанием направления пересечения периметра (см. фиг.2, 3).

Если техническим заданием обусловлена защита участка акватории, на котором не представляется возможным установить передатчик и приемник на прямой линии, то на дно акватории устанавливаются приемно-передающие модули, соединенные подводным кабелем с блоком обработки (см. фиг.4, 5). При регистрации подводным модулем сигнала, отраженного от нарушителя, формируется сигнал тревоги. Длина охраняемого участка в такой конфигурации может составлять несколько километров.

Преимущества предлагаемого технического решения заключаются в следующем:

- возможность точно классифицировать нарушителя по спектру отраженного сигнала («портрет цели»);
- отсутствие опорной частоты в излучающем сигнале позволяет избавиться от реверберационных помех, что значительно повышает точность;
- могут быть выявлены нарушители, не имеющие ферромагнитных предметов;
- глубины, контролируемые активной широкополосной системой, существенно выше, чем в применяемых в настоящий момент системах;
- адаптация системы к каждому конкретному участку охраняемой акватории позволяет свести к минимуму вероятность ложных срабатываний.

1. Способ обнаружения подводных объектов, включающий передачу по воде электромагнитного сигнала, прием отраженного сигнала, обработку принятого сигнала с целью идентификации изменений в полученном сигнале и формирования сигнала тревоги в случае обнаружения подводного объекта в охраняемой зоне, отличающийся тем, что в качестве электромагнитного сигнала используют широкополосный электромагнитный сигнал с полосой частот от 10 МГц до 200 МГц, возбуждаемый в передающей антенне генератором наносекундной длительности, при этом амплитуда импульсов находится в диапазоне от 1 кВ до 500 кВ в зависимости от размеров охраняемой зоны и конфигурации охранной системы, тогда как мощность каждого импульса наносекундного генератора составляет от 1 МВт до 40 МВт в зависимости от частоты их следования от 100 Гц до 100 кГц, перед началом работы проводят эталонные измерения сигналов, отраженных от различных моделей нарушителей, получая «портрет цели» для каждого подводного объекта в условиях конкретного водоема, причем обработку принятого сигнала, используемого в дальнейшем для формирования тревоги, проводят путем сравнения его с полученными «портретами цели».

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что длительность импульсов составляет от 1 наносекунды до 10 наносекунд.

3. Система обнаружения подводных объектов, включающая, по меньшей мере, один передатчик для передачи по воде электромагнитного сигнала, по меньшей мере, один приемник и средства обработки сигнала, отличающаяся тем, что в качестве передатчика использован излучатель широкополосного сигнала с полосой частот от 10 МГц до 200 МГц, возбуждаемого в передающей антенне генератором наносекундной длительности, при этом амплитуда импульсов излучателя находится в диапазоне от 1 кВ до 500 кВ в зависимости от размеров охраняемой зоны и конфигурации охранной системы, тогда как мощность каждого импульса наносекундного генератора составляет от 1 МВт до 40 МВт в зависимости от частоты их следования от 100 Гц до 100 кГц.
4. Система по п. 3, отличающаяся тем, что длительность импульсов излучателя составляет от 1 наносекунды до 10 наносекунд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы было показать, что в настоящее время в России нет оптимальной системы СОПО, необходимо больше привлекать молодых специалистов с большими амбициями и идеями, как и что можно исправить и дополнить в существующих СОПО. У России есть хороший потенциал для освоения Арктики и разработкой месторождений полезных ископаемых, а также драгоценных металлов. Необходимо больше внимания и средств уделять вопросу освоения Арктических территорий и новых методов по изучению и исследованию богатств Арктики, поскольку известные месторождения в ближайшие десятилетия иссякнут, потребность в освоении Арктики увеличится многократно, конкуренция за территорию будет колоссальная, поэтому необходимо уже сейчас двигаться в направлении освоения Арктической территории, налаживать инфраструктуру и делать шаги к разработке месторождений.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Юшкин Н. П. Арктика в стратегии реализации топливно-энергетических перспектив / Под ред. В. Е. Фортова, Ю. Г. Леонова. — М.: Наука, 2006. — С. 254.
2. Потепление проявляется в Арктике в 10 раз сильнее, чем во всем мире URL: <http://oko-planet.su>.
3. Шерстюков А. Б. Современные изменения термического состояния многолетней мерзлоты России и их возможные последствия для фундаментов зданий и технических сооружений: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Ин-т глоб. климата и экологии. — М., 2008.
4. Вялышев А. И., Добров В. М., Долгов А. А. и др. Система контроля аварийных ситуаций на объектах нефтегазодобычи в акваториях арктических морей // Технологии гражданской безопасности. — В печати.
5. Вялышев А. И., Добров В. М., Долгов А. А. и др. Система комплексного экологического мониторинга при эксплуатации объектов морской нефтегазодобычи // Материалы Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в инновационном развитии АПК». — Ч. 3: Экология окружающей среды. — М.: ФГБУ ВПО МГУП, 2012. — С. 16—26
6. Верещака Т. В., Зверев А. Т., Сладкопцев С. А., Судакова С. С. Визуальные методы дешифрирования. — М.: Недра, 1990. — 344 с.
7. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. — М.: Аспект пресс, 2004. — 184 с.
8. Гафаров Н. А., Баранов Ю. Б., Ванярхо М. А. и др. Использование космической информации в газовой промышленности. — М.: ООО «Газпром экспо», 2010. — 132 с.

9. Дворников Ю. А. Процессы термоденудации в криолитозоне и их индикация по растворенному органическому веществу: Дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — Тюмень, 2016. — 177 с. URL: <http://www.ikz.ru/wp-content/themes/ikz/images/dvornikov-full.pdf>).
10. Киселев А. А., Решетников А. И. Метан в Российской Арктике: результаты наблюдений и расчетов // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2013. — № 2 (96). — С. 5—15.
11. Крицук Л. Н. Подземные льды Западной Сибири. — М.: Науч. мир, 2010. — 352 с. 16. Кузин И. Л. Развитие представлений о новейшей тектонике и ее влиянии на формирование и размещение месторождений нефти и газа // Тр. ЗапСиб-НИГНИ [Тюмень]. — 1973. — Вып. 73. — С. 6—20
12. 1. Alberts D. S., Garstka J. J., Stein F. P. Networked Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority // CCRP Publications Series. — 2nd ed. — [S. l.], 1999.
13. Government's High North Strategy. — [S. l.], 2006.
14. New Building Blocks in the North: The next step in the Government's High North Strategy / Norwegian Ministry of Foreign Affairs. — [S. l.], 2009.
15. i-Nord: A holistic information system for monitoring of maritime security, marine environment and marine resources of the Nordic Seas and Arctic Ocean: Main Report SINTEF. — Trondheim, 2009.
16. Berglund J. Networked centric Warfare: A realistic Defense alternative for smaller Nations? Master's Thesis / NPS. — Monterey, CA, 2004.
17. Johnsen A. Barents 2020 — A tool for a Forwardlooking High North Policy. — Oslo, 2006.
18. Harper S. AESOP: Assessing the Effects of Submesoscale Ocean Parameterizations / Office of Naval Research Presentation. — [S. l.], 2006.

19. Лаверов Н. П., Рослов Ю. В., Лобковский Л. И. и др. Перспективы донной сейсморазведки в Российской Федерации // Арктика: экология и экономика. — 2011. — № 4.
20. C4ISR for Future Naval Strike Groups. — [S. l.], National Academies Press, 2006.
21. Hovem J. M. Underwater Sensor Networks for Marine Environmental Surveillance // SINTEF-ICT, NTNU OSS. — 2009. — 27.01.