

УДК 551.46.077(261.24)

ОСОБЕННОСТИ ПОИСКА ПОДВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ**Нерсесов Б.А.***Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: nba1940@yandex.ru*

При проведении подводных хозяйственных работ (геологоразведка, рыболовство, экологический контроль трубопровода «Северный поток») в Балтийском море возникает специфическая проблема, связанная с наличием на дне Борнхольмской котловины массового скопления трофейных химических боеприпасов (ХБ), затопленных после Второй мировой войны. Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН в акватории Балтийского моря периодически проводятся экспедиции по обследованию подводных потенциально опасных объектов (ППО) с использованием судовых геофизических и геохимических средств. В статье проанализированы особенности проведения подводных хозяйственных работ в ряде акваторий Балтийского моря, связанных с наличием затопленных химических боеприпасов. Приведены теоретические аспекты поиска подводных потенциально опасных объектов в мелководных акваториях. Разработаны практические рекомендации по комплексному использованию гидроакустических и магнитометрических средств обнаружения химбоеприпасов на дне Балтийского моря с учетом специфики рельефа дна и характеристик грунта.

Ключевые слова: подводный объект, химические боеприпасы, гидролокатор бокового обзора, магнитометрическое средство, комплексирование, эффективность, рельеф дна, мелководье

PECULIARITIES OF SEARCHING FOR UNDERWATER POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS IN THE BALTIC SEA**Nersesov B.A.***Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: nba1940@yandex.ru*

Under subterranean economic operations (geological prospecting, fishing, ecological control of the Nord Stream pipeline), a specific problem arises in the Baltic Sea due to the presence on the bottom of the Bornholm Basin of a mass accumulation of captured chemical munitions (HB) flooded after the Second World War. Shirshov Institute of Oceanology, RAS in the Baltic Sea area, expeditions are periodically conducted to survey submarine potentially dangerous objects (PPSO) using ship geophysical and geochemical means. The article analyzes the features of conducting underwater economic operations in a number of water areas of the Baltic Sea associated with the presence of submerged chemical munitions. Theoretical aspects of the search for underwater potentially dangerous objects in shallow water areas are presented. Practical recommendations have been developed on the integrated use of sonar and magnetometric means for detecting chemical bombs at the bottom of the Baltic Sea, taking into account the specificity of the bottom relief and soil characteristics.

Keywords: underwater object, chemical ammunition, side-scan sonar, magnetometric means, integration, efficiency, bottom relief, shallow water

Как показал опыт строительства подводных трубопроводов, океанологическое обеспечение их прокладки является весьма актуальной проблемой [1].

В настоящее время вторая нитка газопровода «Северный поток – 2» прокладывается по дну Балтийского моря из России (севернее Санкт-Петербурга) в Германию (Грайсвальд).

Однако кроме прежних задач, стоящих перед океанологами по изучению рельефа дна и его сейсмической активности, возникает специфическая проблема, связанная с наличием в экономической зоне Дании (на дне Борнхольмской котловины) трофейных химических боеприпасов, затопленных после Второй мировой войны [2, 3].

Таких экологически опасных объектов (бомб, снарядов, контейнеров) в Балтийском море было затоплено более 35 тысяч тонн. К настоящему времени, по оценкам экспертов, под действием коррозии уже разгерметизировано около 90–100% тон-

костенных контейнеров с отравляющим веществом, а также 80–90% снарядов и бомб, имеющих более прочные корпуса. Кроме того, как показали экспедиционные исследования, затопленные ХБ находятся в разных условиях: одни оказались погребенными под многометровым слоем ила, другие – чуть прикрыты осадками, третьи – легли на каменистое дно прибрежных шельфов.

Согласно концепции экологического мониторинга места затопления кораблей и судов, а также захоронения боевых отравляющих веществ – химических боеприпасов рассматриваются как зоны особо опасных природно-техногенных комплексов на дне Балтийского моря.

При этом площади установленной или предполагаемой максимальной концентрации ХБ на морском дне выделяются как зоны отчуждения, в которых контролируются загрязнения трех основных природных сред акватории (геология, вода, биота). Кро-

ме того, для зоны отчуждения прогнозируется возможность чрезвычайных ситуаций в диапазоне от экологических нарушений до экологической напряженности (опасности), а также проводится геоэкологический контроль в режиме локального или регионального мониторинга.

Данные мониторинга, сведенные в соответствующие базы данных, дают возможность построения вариантных прогнозных моделей с программным обеспечением.

Разносрочные прогнозы, в свою очередь, позволяют организовывать необходимые инженерно-геологические мероприятия по снижению негативного эффекта чрезвычайной ситуации.

Положение усложняется еще и тем, что координаты этих районов определены приблизительно. Поэтому они не закрыты для рыболовства и геологоразведочных работ.

Решением этой проблемы озадачен Департамент предупреждения чрезвычайных происшествий МЧС России, по заказу которого начиная с 1998 года Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН проводятся экспедиции по обследованию подводных потенциально опасных объектов с использованием судовой аппаратуры.

При проведении работ по поиску и обследованию ППОО следует учесть особенности акваторий их вероятного нахождения: средние глубины от 40 до 90 м; наибольший градиент глубин – порядка 20 м на милю; рельеф дна слаборасчлененный; мощность залегания осадков достигает десятки метров; грунты в районе – различные комбинации ила, глины и песка

Кроме того, как показали экспедиционные исследования, затопленные ХБ находятся в разных условиях: одни оказались погребенными под многометровым слоем ила, другие – чуть прикрыты осадками, тре-

ты – легли на каменистое дно прибрежных шельфов [4].

Традиционно задачи поиска подводных объектов решаются с помощью гидролокаторов бокового обзора (ГБО), буксируемых за судном. Однако эксплуатация этих средств в мелководных районах шельфа связана с определенными ограничениями. Кроме того, предполагаемая степень заиленности ППОО не дает оснований для их эффективного обнаружения только гидроакустическими средствами.

Морская же магнитометрия успешно используется для поиска подводных объектов в условиях естественной маскировки (илистый грунт, донная флора, складки рельефа дна) подводных объектов [5].

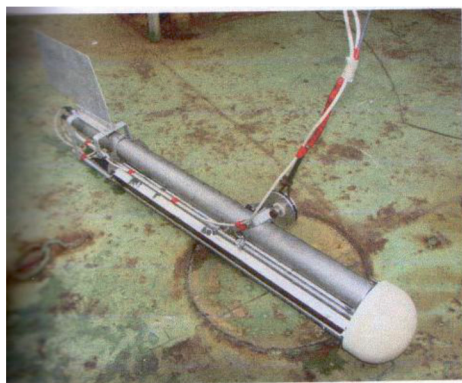
1. Гидроакустические средства поиска подводных объектов.

Отметим, что на работу ГБО оказывают влияние маскирующие и искажающие акустические помехи, рефракция и реверберация звука, вызываемые вертикальной пространственно-временной изменчивостью региональных океанологических процессов.

Серьезным ограничением использования ГБО являются также реверберационные помехи, вызываемые отражениями и рассеяниями исходного звука от дна, а также от неоднородностей придонной среды и наблюдаемые в условиях мелководья.

Для обнаружения ППОО, как правило, используются гидролокаторы с длиной волны акустических колебаний, соизмеримых с эквивалентными радиусами обследуемых объектов, т.е. с частотами более 70 кГц. При этом для их надежного обнаружения соотношение сигнал/помеха должно быть не менее 2–3 [6].

Для надежного выделения объекта на фоне дна поиск необходимо проводить на скорости движения ГБО, позволяющей получение не менее 6–10 отметок от цели.



а)



б)

Рис. 1. Гидролокаторы бокового обзора «Мезоскан – М» (а) и «МКС – 240» (б)

Кроме того, для снижения влияния дна поиск объектов целесообразно осуществлять при углах скольжения более 40° , т.е. за пределами так называемой малоинформативной зоны.

В процессе экспедиционных работ использовались ГБО, разработанные Институтом океанологии и предназначенные для исследования дна акваторий на глубинах 40–100 м:

– «МКС» (рабочая частота – 240 кГц; дальность действия 200 м, масса подводного носителя – 3 кг, габариты – $D0,65 \times 0,07$ м).

– «Микросаунд» (рабочие частоты 240/500 кГц; дальность действия – 300/75 м, масса подводного носителя – 9 кг; габариты $D0,1 \times 0,9$ м).

2. Магнитометрические средства поиска подводных объектов.

Как показала практика, при поиске ППО для их надежного обнаружения в условиях заиленного мелководья целесообразно совместно с ГБО использовать буксируемые магнитометрические средства.

Магнитометр – прибор неакустического обнаружения объектов, имеющих, как правило, ферромагнитную конструкцию.

Это уникальное техническое средство с успехом используется для поиска подводных объектов в условиях низкой эффективности гидроакустических средств: на мелководье, в любых средах (воздухе, воде, грунте) и, главное, – на границах раздела этих сред («воздух – вода», «вода – грунт»).

Кроме того, морская магнитометрия успешно используется для их поиска в условиях естественной маскировки (илистый грунт, донная флора, складки рельефа дна) подводных объектов.

Однако одиночный магнитометр, как пассивное средство обнаружения, не позволяет определить местоположение подводного объекта.

В настоящее время этот недостаток частично устраняется с помощью магнитоградиентометра (системы двух магнитометров, разнесенных в пространстве), определяющих пеленг (направление на объект) [4, 5].

Традиционно градиентометры подразделяются на две категории:

– курсовые (продольные), измеряющие приращение поля в направлении продольном движению;

– траверзные (поперечные), измеряющие приращение поля в направлении перпендикулярном движению.

Исходя из структуры и параметров аномальных эффектов от образцов затопленных ХБ (единичных или групповых ферромагнитных масс) сформулированы требования к поисковой магнитометрической аппаратуре:

– чувствительность датчиков 0,01–0,05 нТл;

– база измерений градиента магнитного поля – 1–2 м;

– отстояние датчиков от дна (в процессе измерений) – 5–10 м;

– скорость буксировки – не более 5 узл.;

– погрешность определения местоположения магнитометра – 5–10 м.

В процессе поисковых работ выяснилась возможность классификации ППО по их магнитограммам [6].

Анализ магнитограмм обнаруженного подводного объекта позволяет классифицировать его как пространственный мультиполь – «совокупность ХБ» или как точечный диполь – «затонувшее судно» (рис. 3 и 4).



а)



б)

Рис. 2. Внешний вид магнитоградиентометров: курсового (а) и траверзного (б)

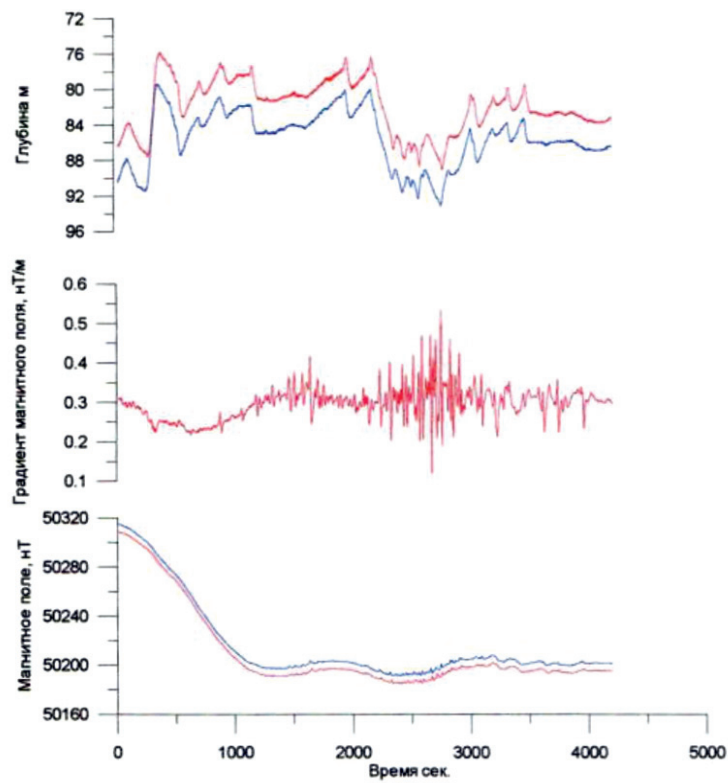


Рис. 3. Результаты измерений вариаций магнитного поля при обнаружении пространственной совокупности ХБ

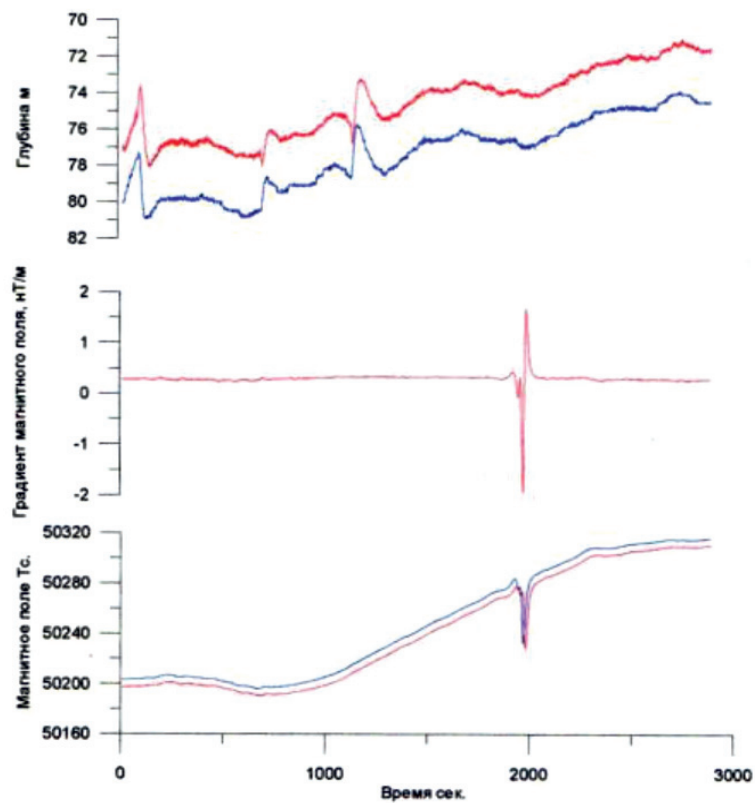


Рис. 4. Результаты измерений вариаций магнитного поля при обнаружении затонувшего судна

В ходе поисковых работ с использованием буксируемого магнитоградиентометра (в районах с преобладанием илистых осадков) были обнаружены специфические подводные объекты, напоминающие скопление небольших металлических предметов в ограниченном пространстве, которые квалифицировались как пространственно-распределенный мультиполь.

При этом регистрировались «всплески» градиента магнитного поля (до 0,3 нТл/м), превышающих на порядок уровень сигнала на периферии района.

Как показала практика, эффективное обследование районов предполагаемого наличия ППОО возможно только при комплексном использовании дистанционных технических средств обнаружения, а также методов изучения рельефа дна, грунта и других физических полей Мирового океана.

При этом гидрографическое и геофизическое обследование районов ППОО должно включать:

- выполнение рекогносцировочного обследования рельефа дна, грунта и естественного геомагнитного фона с целью уточнения условий проведения поисковых работ и обнаружения признаков наличия донных объектов;

- выполнение комплексного площадного гидроакустического обследования и промера глубин в выбранном участке поиска;

- выполнение детального обследования уточненных мест выявленных ППОО и их предварительная идентификация.

Рекогносцировочное обследование района рекомендуется производить последовательно по ограниченным участкам размера порядка 15x15 км.

Обследование осуществляется судовыми эхолотами, ГБО и буксируемыми магнитометрами путем прокладки параллельных профилей, покрывающих всю исследуемую площадь. При этом расстояния между профилями следует планировать равными межгалсовыми расстояниями гидролокационного обзора, задаваемыми в соответствии с ТТХ используемых ГБО.

Для исключения вариационных помех МПЗ и обеспечения максимальной точности магнитных измерений рекомендуется до начала работ постановку автономной морской магнитной вариационной станции. В качестве такой станции могут быть использованы буйковые магнитовариационные станции модуля вектора геомагнитного поля.

Детальное обследование выявленных гидролокационных контактов производится в два этапа.

На первом этапе – с помощью буксируемого гидролокатора с рабочей частотой 400–500 кГц при буксировке антенны над морским дном на расстоянии 15–20 м.

Совместно с гидролокатором целесообразно использование буксируемых магнитометрических средств – морского дифференциального магнитометра. В условиях Балтийского моря использование буксируемых магнитометров позволяет достаточно уверенно выявлять компактно залегаемые ферромагнитные объекты общей массой 500 кг и более.

На втором этапе осуществляется детальное обследование района, на котором используются необитаемые подводные аппараты с фото- и телевизионной аппаратурой. При этом появляется возможность визуального осмотра и идентификации обнаруженного подводного объекта [7].

В 2005–2012 гг. в Борнхольмской котловине Балтийского моря выполнялись подводные работы по обследованию мест предполагаемого затопления ОВ: гидролокационная съемка поверхности дна, промер глубин, измерение скорости и направления течений с помощью ADCP, отбор проб воды, грунта и CTD-зондирование.

В результате экспедиций в ряде районов были обнаружены объекты, напоминающие химические боеприпасы. Экспресс-анализ проб придонной воды и донных отложений на содержание отравляющих веществ: иприта, люизита, а также продуктов их гидролиза, фенолов и т.п., проводился с использованием газового хроматографа «ЭХО – В».

Все работы по обследованию экологически опасной акватории сопровождались непрерывным измерением глубин судовым эхолотом, а навигационная привязка обеспечивается дифференциальной системой космической навигации DGPS.

Опыт подводных работ, проведенных в районе острова Борнхольм, показал, что архивные сведения о местоположении затопленных боеприпасов весьма неточны. Иногда подводные объекты обнаруживались в 5–10 км от указанных на карте мест их затопления. Ряд объектов (в пределах 20-й изобаты) были вообще не обнаружены. Повидимому, они или уже подняты, или занесены прибрежными донными отложениями.

Заключение

1. При проведении подводных работ в акваториях захоронения трофейных химических боеприпасов следует учитывать специфику их поиска и обнаружения.

2. Комплексирование активных (гидроакустических) и пассивных (магнитоме-

трических) средств поиска, в зависимости от океанологической обстановки в районе проведения подводных работ, позволит избавиться от (присущих каждому из них) принципиальных ограничений и повысить эффективность их использования.

3. В целях установления оперативного экологического контроля в районе массовых захоронений химических боеприпасов необходимо:

– продолжить проведение площадной съемки акватории предполагаемого нахождения химических боеприпасов;

– нанести на карту (все без исключения) районы затопления ХБ в районе острова Борнхольм;

– установить контроль с использованием судовых гидроакустических и неакустических средств, а также автоматизированных донных станций и радиобуев.

Список литературы

1. Нерсесов Б.А., Римский-Корсаков Н.А. Мониторинг экологически опасных акваторий в зоне прокладки подводного трубопровода «Северный поток» // Современные

методы и средства океанологических исследований: материалы XI Международной научно-технической конференции. – М., 2009. – Т. 3. – С. 8–11.

2. Спиридонов М.А. Проблема создания акваторий контролируемой экологической безопасности в Борнхольмском и Южно-Готландском районах массовых захоронений трофейных химических боеприпасов. Тезисы докладов Международной конференции по проблеме затопленного химического оружия. – М., 1995. – Т. 1. – С. 7–18.

3. Обследование химического загрязнения районов возможного затопления химического оружия. Отчет по контракту № 270/05-01 с ИОРАН им. П.П. Ширшова от 17.05.2005 г. – ГУ «Тайфун», Обнинск, 2005.

4. Вяльшев А.И., Нерсесов Б.А., Римский-Корсаков Н.А. Исследование подводных потенциально опасных объектов в Балтийском море // ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки РФ. – М., 2015. – 271 с.

5. Алексеев С.П., Ашик И.М., Воронова Т.В. Справочник технических средств изучения параметров природной среды Мирового океана // Изд. ГНИНГИ МО РФ. – СПб., 2009. – 183 с.

6. Безрукин А.Г., Токмачев Д.А., Ченский А.Г. Гидролокатор бокового обзора с аппаратурной ЛЧМ сверткой // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XV Всероссийской научно-технической конференции. – М., 2015. – Т. 2. – С. 248–251.

7. Анисимов И.М., Белевитнев Я.И. Буксируемый необитаемый подводный аппарат для осмотровых и поисковых работ // Современные методы и средства океанологических исследований: материалы XV Всероссийской научно-технической конференции. – М., 2015. – Т. 2. – С. 270–272.