

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ ВДОЛЬ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ТРАСС ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

*М.М. Дивизинюк, Л.В. Третьякова,
И.П. Шумейко*

Севастопольский национальный
университет
ядерной энергии и промышленности
г. Севастополь, ул. Курчатова, 7
E-mail: shumira_07@mail.ru

В работе рассматривается возможность использования изменения фоновых реверберационных характеристик водной среды для контроля других её гидрологических параметров вдоль гидроакустических трасс.

Введение. Исследование мезомасштабной и синоптической изменчивости характеристик морской водной среды – актуальнейшая проблема, которая стоит перед фундаментальной и прикладной наукой. В первом случае это изучение водных масс и их влияние на формирование геофизических и климатических процессов глобального и регионального уровня, во втором – решение конкретных задач навигационного и гидрометеорологического обеспечения, добычи полезных ископаемых с морского дна и обнаружение подводных объектов, строительства гидротехнических сооружений и защиты окружающей природной среды [1 – 3]. Эти исследования достаточно сложные и дорогостоящие [2, 4]. Наблюдения, выполняемые одним научно-исследовательским судном (НИС) при длительном дрейфе не дают полной картины даже по локальному району. От НИС требуется выполнение гидрологического разреза – серии гидрологических станций, отстоящих друг от друга на определенном расстоянии. Ещё более дорогие исследования – это выполнение полигонных съёмок, когда несколько НИС выполняют параллельные гидрологические разрезы, накрывая гидрологическими станциями как сотами определенную водную акваторию или часть моря [4].

Постоянно разрабатывались и продолжают разрабатываться средства оперативного мониторинга водной среды, размещенные на стационарных платформах, с использованием дрейфтеров с гирляндой измерительных устройств, заякоренных гидрологических приборов и др. [5]. Их эффективность значительно возрастает при совместном

использовании инфракрасных, радиолокационных и телевизионных сканеров, установленных на искусственных спутниках Земли. Однако этот мониторинг ограничивается водной поверхностью. Производство оперативного контроля параметров деятельного слоя вод, тем более всей водной толщи, не представляется возможным.

Постановка цели и задач научного исследования. Целью данной работы является разработка концептуальных подходов оперативного контроля параметров водной среды морского района с использованием поисковых гидролокаторов большой мощности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Во-первых, проанализировать основные факторы, влияющие на использование гидролокаторов при обследовании водной среды. Во-вторых, рассмотреть фоновые характеристики водной среды и их воздействие на монохроматический акустический сигнал. В-третьих, разработать критерий определяющий изменение параметров водной среды вдоль гидроакустической трассы.

Факторы водной среды, определяющие использование поисковых гидролокаторов. Первоначально заметим, что всё многообразие факторов, начиная от строения молекулы воды, химического состава морской воды до закономерностей структуры гидрологических фронтов, влияет на распространение акустических волн – упругих колебаний в водной среде. По этой причине из всего многообразия характеристик морской водной среды выделим доминирующие факторы, определяющие использование поисковых гидролокаторов большой мощности, технические характеристики которых позволяют контролировать водную среду на десятки километров. Это вертикальное распределение скорости звука, аномалии в его структуре, рельеф морского дна и характер грунтов, водная поверхность и параметры её волнения.

Вертикальное распределение скорости звука $c(h)$ является результирующим фактором изменения температуры $T(h)$ и солености $S(h)$ по глубине в условиях возрастающего гидростатического давления $P(h)$ – первичных гидрологических характеристик. При условии, что эти параметры изменяются плавно по глубине и неизменны вдоль гидроакустической трассы – направления распространения звука, методы лучевой теории позволяют производить

аналитические расчёты и графическое построение акустических полей. В случае, когда скорость звука увеличивается с глубиной (рисунок 1 а) акустические лучи, выходящие под различными углами из источника звука, канализируются у поверхности воды, формируя сплошную зону акустической освещенности в приповерхностном водном слое. Если же скорость звука убывает с глубиной (рисунок 1 б), то предельными акустическими лучами, определяемыми шириной характеристики направленности источника звука в вертикальной

плоскости, формируется ближняя зона акустической освещенности и зона акустической тени. Возможны ситуации, когда сглаженный профиль скорости звука искажен мелкомасштабными флуктуациями (пунктирная линия на рис. 1 а) или синоптическими узковолноводными (рис. 1 б, пунктирная линия вверху) и антиволноводными (внизу на рис. 1 б) аномалиями скорости звука. Здесь конфигурация акустического поля практически не меняется, но существенно изменяются его энергетические характеристики.

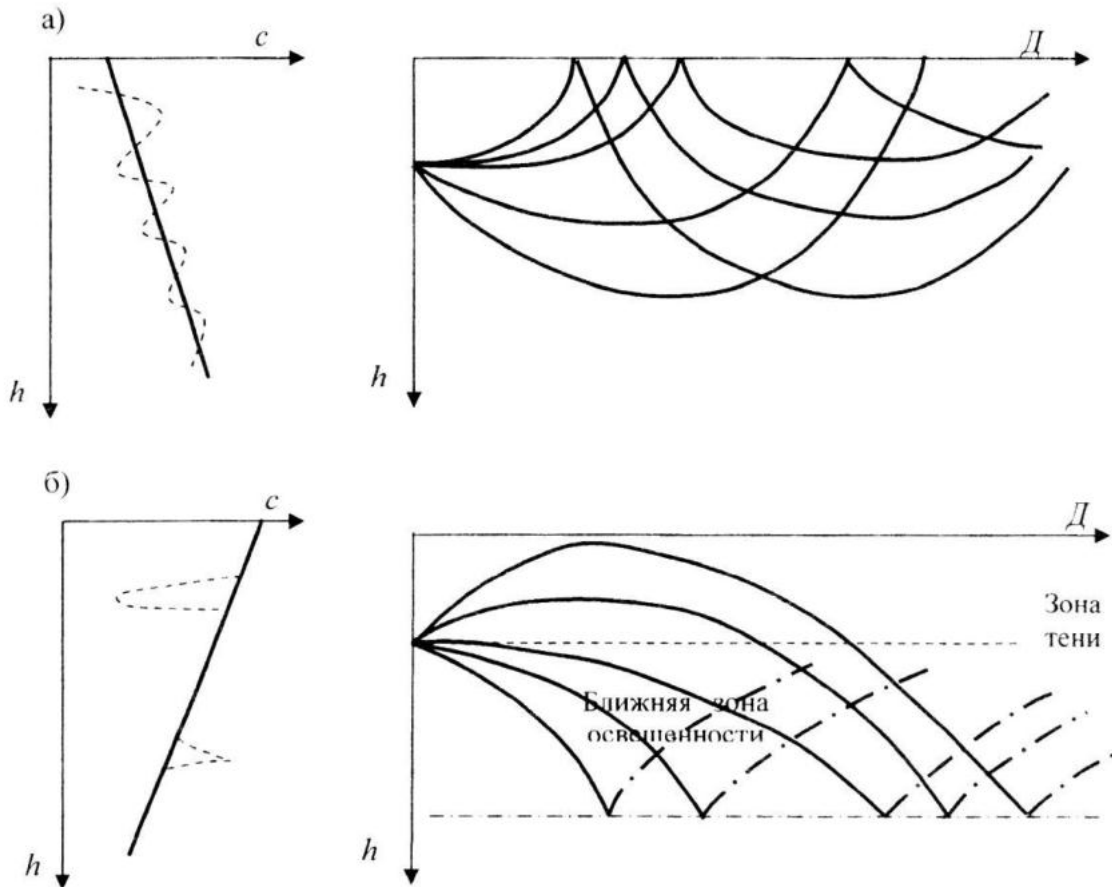


Рисунок 1 – Конфигурация акустических полей при а) положительной; б) отрицательной рефракции

Рельеф морского дна и характер грунтов – географические характеристики морских районов, которые имеют и общие закономерности и специфические региональные особенности. Для удобства применения лучевой теории морское дно принимается плоским и горизонтальным, тогда углы падения и отражения акустических лучей от морского дна (штрихпунктирная линия, рис. 1 б) будут равными. В случае если у дна будет положительный или отрицатель-

ный уклон, то этого равенства не будет, и траектории отраженных акустических лучей будут формировать уже не симметричную отличную от плоского дна картину акустического поля. Даже если дно горизонтальное, то в зависимости от характеристик грунта акустические волны могут полностью поглотиться дном или полностью от него отразиться, либо частично отразиться от дна и частично поглотиться грунтом.

В ситуации, показанной на рис. 1 а акустические лучи многократно отражаются от водной поверхности. Она может быть плоской (в случае полного штиля), но чаще всего искажается ветровым волнением, которое превращает её в шероховатую границу водной среды. В зависимости от соотношения геометрических размеров поверхностных волн и длины акустических волн эта шероховатая поверхность по-разному влияет на энергетические характеристики акустического поля.

Таким образом, вертикальное распределение скорости звука и аномалии в его структуре, рельеф морского дна и характер грунтов, водная поверхность и параметры её волнения являются доминирующими факторами, определяющими энергетические характеристики акустических полей, формируемых поисковыми гидролокаторами.

Воздействие водной среды на монохроматический акустический сигнал. Даже при сглаженных профилях скорости

звука и отсутствии флуктуаций и аномалий морская водная среда не является однородной. Эти неоднородности обусловлены наличием взвешенных частиц и пузырьков, растворенных в воде газов (кислорода, сероводорода) и органических соединений, микроорганизмов (планктона), мелкомасштабных завихрений, вызванных морской турбулентностью и т.д. Эти неоднородности специфическим образом воздействуют на монохроматический импульсный акустический сигнал, излученный в водную среду. На этих неоднородностях происходит его рассеяние во всех направлениях в том числе и в направлении источника звука. при продвижении акустической волны (удаление от источника звука) суммарное рассеяние уменьшается до полного исчезновения. При повторном излучении сигнала этот процесс послезвучания в точке приема-излучения повторно регистрируется, как показано на рисунке 2. Его принято называть реверберацией.

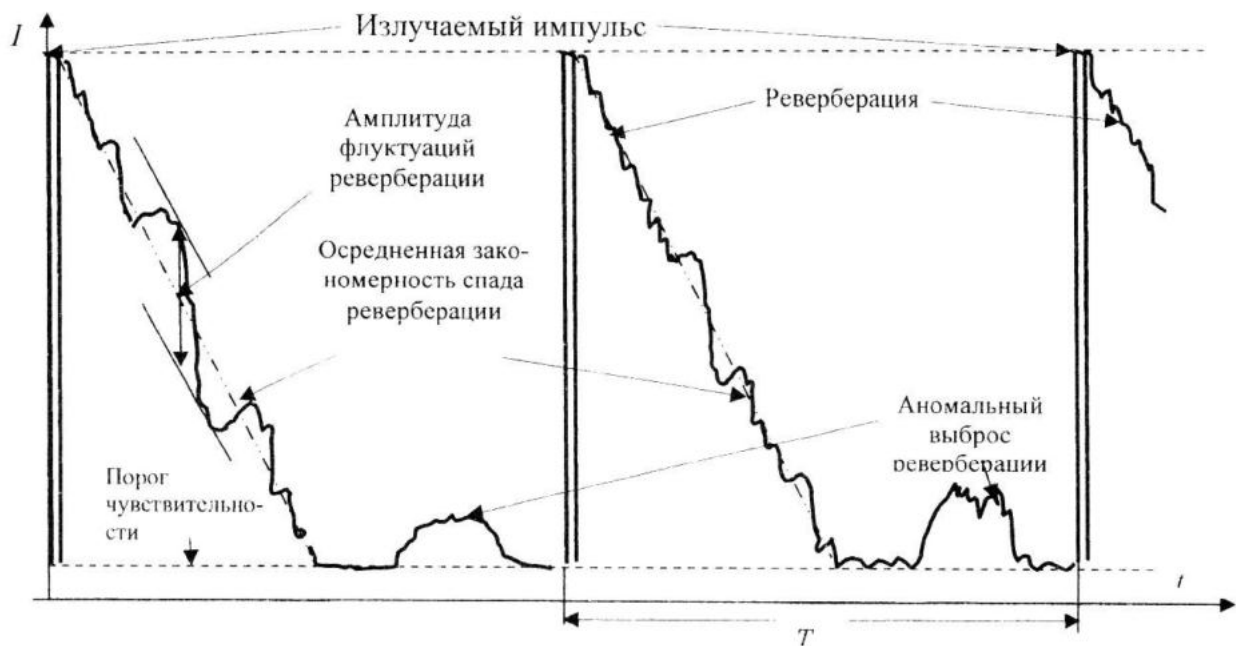


Рисунок 2 – Рекордограммы реверберации

В общем случае реверберация характеризуется осредненной закономерностью спада, амплитудой флуктуаций и наличием аномальных выбросов. Замечено, что для одних и тех же гидролокаторов, в схожих морских районах в одни и те же сезоны реверберационные характеристики совпадают. В свою очередь это позволило говорить

о фоновых реверберационных характеристиках акваторий.

В ряде источников временную шкалу, в которой главной масштабирующей величиной является период следования импульсов T заменяют на шкалу дистанций, где рабочая шкала гидролокатора $D_{ш}$ связана с периодом следования импульсов соотно-

шением $D_{ш} = \frac{2T}{c}$, где c – скорость распространения звука в водной среде.

Таким образом, реверберация – это процесс постоянного рассеяния излученного монохроматического сигнала неоднородностями водной среды, регистрируемого в точке приема-излучения, который характеризуется осредненной закономерностью спада, амплитудой флуктуаций и наличием аномальных выбросов.

Критерий контроля параметров водной среды вдоль гидроакустической трассы. Принято разделять морскую реверберацию в зависимости от пространственного распределения рассеивателей на три вида: поверхностную, донную и объемную. Здесь доминирующим фактором так же является конфигурация акустического поля. Если конфигурация акустического поля такая, как на рис. 1 а, то главными неоднородностями определяющими рассеяние звука будут неоднородности, сосредоточенные в приповерхностном слое. Здесь главный гидрологический параметр – волнение водной поверхности – изменяет осредненную закономерность спада реверберации: чем интенсивность волнения больше, тем продолжительней спад реверберации и не равномерней амплитуда флуктуаций. Наличие аномальных выбросов свидетельствует о наличии антропогенных (например, нефтяных) загрязнений на водной поверхности и позволяет оценить начало и протяженность нефтяного пятна.

В случае если конфигурация акустического поля такая, как на рис. 1 б, то главными рассеивателями звука будут неоднородности морского дна. Незначительный подъем морского дна (5 ÷ 10 м на 1 км) вдоль акустической трассы вызывает такой рост интенсивности реверберации, что не позволяет обнаруживать никакие гидроакустические цели, формируя зоны акустического маскирования.

Возможны также ситуации, когда акустические лучи, образующие конфигурацию поля не выходя ни к поверхности, ни к морскому дну. Тогда будут доминировать рассеиватели, распределенные по всему объему. Изменение (увеличение) интенсивности объемной реверберации вызывается появлением аномалий и флуктуаций скорости звука, искажающих сглаженный профиль скорости звука. причем чем контраст-

нее эти флуктуации, тем больше рост интенсивности реверберации.

Поисковый гидролокатор – это достаточно сложный измерительный комплекс, который можно использовать не только для обнаружения подводных целей, но и для решения других прикладных задач гидроакустики в том числе и контроля параметров окружающей природной среды.

Таким образом, изменение фоновых реверберационных характеристик может быть критерием для контроля параметров водной среды вдоль гидроакустических трасс измерительного комплекса.

Выводы.

1. Вертикальное распределение скорости звука и аномалии в его структуре, рельеф морского дна и характер грунтов, водная поверхность и параметры её волнения являются доминирующими факторами, определяющими энергетические характеристики акустических полей, формируемых поисковыми гидролокаторами.

2. Реверберация – это процесс постоянного рассеяния излученного монохроматического сигнала неоднородностями водной среды, регистрируемого в точке приема-излучения, который характеризуется осредненной закономерностью спада, амплитудой флуктуаций и наличием аномальных выбросов.

3. Изменение фоновых реверберационных характеристик может быть критерием для контроля параметров водной среды вдоль гидроакустических трасс измерительного комплекса.

Л и т е р а т у р а

1. Шулейкин В.В. Физика моря. М.: Наука, 1968. – 1083 с.
2. Физика океана / Под ред. Ю.П. Дорониной. Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 240 с.
3. Азаренко Е.В. Обнаружение подводных объектов. – Севастополь: Гос. океанариума. – 2003. – 86 с.
4. Изменчивость гидроакустических полей Черного моря // Под. ред. Б.А. Нелепо. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 240 с.
5. Коротаев Г.К. Оперативная океанография Черного моря: этапы развития и современное состояние // Геоинформатика. – Київ: Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю ІГН НАНУ, 2004. – № 3. – С. 76–85.