

Акустичні та мультимедійні системи

УДК 681.32

Е.В. Азаренко¹, М.М. Дивизинюк¹, Ю.Ю. Гончаренко², Д.Г. Гончаренко²

¹ *Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Симферополь*

² *Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности*

АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Систематизированы данные об акустических методах контроля состояния водной среды. Показано, что они могут быть трех видов: активными, пассивными и методом измерения скорости распространения звука.

Ключевые слова: акустические методы, водная среда.

Введение

Охрана окружающей природной среды, рациональное использование ресурсов, сохранение человечества как биологического вида в условиях возрастающих антропогенных нагрузок – это одна из важнейших задач, сформулированных в виде стратегии устойчивого развития главами двухсот государств в Рио-де-Жанейро [1]. Одна из составных частей этой глобальной проблемы – водные ресурсы, моря и океаны, занимающие три четверти нашей планеты, определяющие ее климат и являющиеся одним из источников формирования катастрофических событий различного масштаба [2]. Одним из средств, обеспечивающих контроль за состоянием водной среды, являются системы мониторинга, выполняющие сбор, обработку, анализ, систематизацию информации и позволяющие на основе моделирования происходящих процессов прогнозировать развитие экологической ситуации в водной среде [3].

Приборы и устройства, осуществляющие непосредственное измерение параметров водной среды, реализуют два различных принципа [4,5]. Первый – лабораторный, когда берутся пробы воды и доставляются в лаборатории для выполнения химического, спектрального, радиологического и других необходимых анализов. В этом случае измерение параметров водной среды обеспечивается всесторонним анализом проб воды, но длится продолжительное время от момента взятия пробы до получения результатов, большая часть которого тратится на транспортировку проб от места забора до лабораторий. Второй – *in situ*, позволяет производить измерение параметров водной среды непосредственно при погружении в нее прибора или измерительного устройства с последующей трансляцией данных потребителю в режиме реального времени. Очевидно, что при этом ограничен круг измеряемых параметров по сравнению с возможностями лаборатор-

ных исследований, но зато определенный набор характеристик водной среды и их изменение можно наблюдать в реальном масштабе времени, что и используется в системах оперативного мониторинга.

Достаточно широкий круг *in situ*-измерений параметров водной среды реализуется акустическими методами [5], в связи с чем систематизация сведений о них является актуальной научной задачей.

Целью данной работы является систематизация данных об акустических методах контроля состояния водной среды. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научные задачи. Первоначально рассмотреть существующие виды акустических методов контроля состояния водной среды, затем дать характеристику этих методов на конкретных примерах.

Виды акустических методов

Все акустические средства по характеру использования первичного или вторичного акустического поля принято разделять на пассивные и активные. К первым относятся приборы и устройства, гидроакустические станции, тракты и комплексы, которые только принимают акустические сигналы (шумы), излучаемые окружающими нас надводными и подводными объектами. В зависимости от исследуемого диапазона частот они бывают инфразвуковыми, низкочастотными, звуковыми и высокочастотными. К инфразвуковым относят частотный диапазон ниже 10-20 Гц. Низкочастотный и высокочастотный диапазоны имеют условное наименование. Строго говоря, они находятся в области восприятия (слышимости) человеческого уха. Звуковым диапазоном принято считать основной интервал от 500 Гц до 3,5 кГц, в котором сосредоточены основные звуки человеческой речи. Соответственно, низкочастотный от 20 Гц до 500 Гц, а высокочастотный от 3,5 кГц до 10-20 кГц. Реализуемые в устройствах пассивные методы пеленгования (мак-

симальный, фазовый, фазово-амплитудный, корреляционный и др.) позволяют определять направление на объект и характер его перемещения в пространстве (направление на источник шумов изменяется вправо или влево – объект перемещается в соответствующую сторону, интенсивность шумов возрастает или убывает – расстояние до объекта увеличивается или уменьшается).

В зависимости от конкретных задач мониторинга пассивные акустические системы, которые еще называют системами шумопеленгования, могут использовать моно- (одно) и мультиторпусные антенны, представляющие собой подвешенные к плаучести гирлянды, идущие от поверхности ко дну, или специальные гидрофонные системы, располагающиеся на дне или в непосредственной близости от него.

Гидроакустические средства, реализующие активные методы, используют вторичные акустические поля. В этом случае первичное акустическое поле создается путем излучения в водную среду определенного набора акустических сигналов, которые, распространяясь в водной среде, отражаются от всех надводных и подводных объектов и от неоднородностей водной среды. Отраженные акустические волны формируют вторичное акустическое поле, которое регистрируется приемной системой. По направлению излучения, а при круговом излучении – по направлению приходов отраженного сигнала, определяется пеленг (азимут) на объект, а по времени прихода отраженного сигнала определяется расстояние до объекта. В зависимости от значения используемой несущей частоты акустического сигнала средства могут быть звуковыми, высокочастотными, ультразвуковыми (более 20 кГц) и гиперзвуковыми (более 300 кГц). Излучаемые акустические сигналы могут быть моно- и мультиимпульсными, когда излучаемая пачка сигналов содержит от двух до десяти импульсов. Импульсы могут быть тональными на одной или различных частотах, могут быть линейно частотно модулируемыми. Необходимо отметить, что если излучающие акустические устройства, называемые гидролокационными, или объект лоцирования находятся в движении, то происходит доплеровский сдвиг частоты, пропорциональный скорости взаимного сближения или удаления.

В зависимости от конкретных решаемых задач возможны три варианта использования антенн в гидролокационных системах. Во-первых, когда одна и та же антенна используется как излучающая и как приемная. Во-вторых, когда используются две антенны – одна излучающая, а вторая – приемная. В-третьих, когда используется одна излучающая и несколько приемных антенн.

Третья группа – это методы измерения скорости звука в водной среде. Строго говоря, их всего

два: акустический и гидрологический. В отечественной и зарубежной литературе их принято называть прямым и косвенным методами измерения скорости звука. Прямой метод основан на классическом определении скорости звука как первой производной по времени от расстояния, которое, как правило, является измерительной базой прибора, а измерение времени прохождения акустического сигнала вдоль этой базы определяет способ реализации измерительного устройства. Это могут быть импульсные, резонансные, фазовые, импульсно-фазовые и другие способы. Здесь измерение скорости звука в воде производится *in situ*.

Косвенный, или гидрологический, метод измерения скорости звука основан на уравнении состояния морской воды и эмпирических зависимостях скорости звука от значений трех гидрологических величин: температуры, солености и гидростатического давления в точке измерения. Это формулы Вуда, Вильсона, Берха, Дель-Гроссо и других. В общем виде они сводятся к полиномиальной зависимости, где к опорному значению скорости звука добавляются приращения (поправки) температуры, солености, гидростатическая и совместного действия факторов.

Историческая хронология говорит о том, что косвенный метод измерения скорости звука почти на век старше прямого.

Таким образом, все многообразие акустических методов контроля водной среды можно свести к трем основным видам, а именно: пассивным акустическим методам, активным акустическим методам и методам измерения скорости звука в водной среде.

Характеристика трех видов акустических методов

Системы и устройства, реализующие пассивные акустические методы имеют, как правило, следующую структуру. Основным элементом является антенное устройство, представляющее собой или гирлянду гидрофонов, или специально сконструированные системы, размещенные на морском дне или на заякоренных бочках, бакенах, буях и т.п. Антенна в своем конструктивном исполнении имеет предварительные усилители, которые обеспечивают трансляцию принятых сигналов по телекоммуникационным кабелям на береговой пост. Здесь имеются компенсаторы, формирующие пространственные характеристики направленности и обеспечивающие их сканирование по определенным программам. В состав пульта управления входят блоки обработки сигналов и устройства индикации данных. Независимо от своего назначения подобные акустические системы обеспечивают регистрацию акустического фона и его изменение во времени, обнаружение новых (отличных от фона) шумящих объектов и реги-

страцию их характеристик, регистрацию изменения акустического фона по определенным направлениям, выделение низкочастотных дискретных составляющих и др. В свою очередь, это позволяет решать определенный круг прикладных задач, таких как контроль ледовой обстановки, сейсмической и оползневой активности, судоходства, работу очистных и гидротехнических сооружений, выполнять мониторинг чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

В первом случае – контроль ледовой обстановки – осуществляется по изменению уровня фоновых шумов. Например, в Керченском проливе акустический фон в ночное время составляет 20-30 дБ. При сковывании его льдом он падает до 10-12 дБ. В период тресканья льда фон возрастает в 2-5 раз, причем появляются дискретные составляющие, свидетельствующие об образовании больших трещин. Во время ледохода фон возрастает в десятки раз. Аналогичная картина происходит на реках, водохранилищах, прудах и т.д. Таким образом решаются и другие прикладные задачи. Акцентируем внимание на чрезвычайных ситуациях приведением примера, ставшего классическим в акустическом мониторинге – гибель американской субмарины «Трешер» в Атлантике. Случайный треск, зафиксированный системой акустического наблюдения, спустя месяцы позволил определить координаты этого шума, а затем обнаружить и саму подводную лодку, легшую на океанском дне.

Принципиальное отличие структурных схем, систем и приборов, реализующих активные акустические методы, состоит в следующем. В них обязательно наличие генераторного устройства и излучающей антенны. Независимо от своего назначения все активные акустические системы обеспечивают регистрацию реверберации и доплеровского сдвига частоты от движущихся объектов.

При вертикальной гидролокации, реализуемой в эхолотах и эхомерах, обеспечивается измерение глубины морского дна, определение толщины слоев донных осадков, измерение толщины льда, высоты поверхностных волн, косяков рыбы и др.

При горизонтальной локации обеспечивается обнаружение нефтяных загрязнений на водной поверхности, определение скорости движения подводных и надводных объектов, а также определение направления и скорости потока (течения).

Выделение в особую группу методов измерения скорости распространения звука объясняется следующим. Как было указано ранее, косвенные измерения скорости звука зависят от гидрологических параметров водной среды – температуры, солености и гидростатического давления. На наличие антропогенной мелкодисперсной примеси измерители, реализующие косвенные методы, не реагиру-

ют. Прямые измерения скорости звука, наоборот, реагируют на наличие антропогенной примеси, причем чем ее концентрация выше, тем больше уменьшается скорость звука. Сопоставление одновременно выполненных двух измерений, прямого и косвенного, позволяет обнаружить наличие антропогенной примеси и определить ее концентрацию. Этот факт может использоваться для осуществления контроля сточных вод, обнаружения эмульгированных нефтяных загрязнений, для контроля захороненных боевых отравляющих веществ и т.д.

Таким образом, системы, приборы и устройства, реализующие акустические методы контроля состояния водной среды, обеспечивают решение достаточно широкого круга прикладных задач и могут использоваться как самостоятельно, так и в составе комплексных систем оперативного мониторинга окружающей природной среды.

Выводы

1. Все многообразие акустических методов контроля водной среды можно свести к трем основным видам, а именно: пассивным акустическим методам, активным акустическим методам и методам измерения скорости звука в водной среде.

2. Системы, приборы и устройства, реализующие акустические методы контроля состояния водной среды, обеспечивают решение достаточно широкого круга прикладных задач и могут использоваться как самостоятельно, так и в составе комплексных систем оперативного мониторинга окружающей природной среды.

Список литературы

1. Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие материалы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. – Женева: Центр «За наше общее будущее». – 1993. – 82 с.
2. Азаренко Е.В. Проблема управления экологической безопасностью прибрежных вод и пути ее решения / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Системи обробки інформації. – Х.: ХВПС, 2012. – Вип. 2(100). – С. 271 – 275.
3. Азаренко Е.В. Геоинформационная система мониторинга прибрежных вод / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк и др. // Науковий вісник НГУ. – № 2. – Дніпропетровськ: НГУ, 2011. – С. 70 – 74.
4. Ісаєнко В.М. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища / В.М. Ісаєнко, Г.В.Лисиченко, Г.В.Дудар та ін. – К.: НАУ-Друк, 2009. – 312 с.
5. Дивизинюк М.М. Акустические поля Черного моря / М.М. Дивизинюк. – Севастополь: Гос. океанариум, 1998. – 352 с.

Поступила в редколлегию 5.07.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.М. Порошин, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

АКУСТИЧНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ СТАНУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЦА

О.В. Азаренко, М.М. Дівізінюк, Ю.Ю. Гончаренко, Д.Г. Гончаренко

Систематизовані дані про акустичні методи контролю стану водного середовища. Показано, що вони можуть бути трьох видів: активними, пасивними і методом вимірювання швидкості розповсюдження звуку.

Ключові слова: акустичні методи, водне середовище.

ACOUSTIC METHODS OF WATER ENVIRONMENT STATE CONTROL

E.V. Azarenko, M.M. Divizinyuk, Yu.Yu. Goncharenko, D.G. Goncharenko

Information is systematized about the acoustic methods of control of the state of water environment. It is rotined that they can be three kinds: active, passive and by the method of measuring of speed of distribution of sound.

Keywords: acoustic methods, water environment.