

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Стробыкина Дмитрия Сергеевича

на тему: **«Исследование влияния полей температур и течений на формирование гидроакустических полей на шельфе Японского моря»**,

по специальности 01.04.06 - «Акустика»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата технических наук

### 1. Актуальность темы.

Тема диссертации актуальна, т.к. акустические методы и средства широко используются для исследования океана и в частности шельфовых зон морских акваторий. Изучение основных закономерностей распространения звука и динамических процессов, происходящих в океане - взаимосвязанные задачи. Использование данных дальнего распространения позволяет получить информацию о состоянии морской среды, решать оборонные задачи, обеспечивать освоение биологических и минеральных ресурсов.

Вместе с тем, недостаточность экспериментальных исследований процессов распространения сигналов на шельфе Японского моря, потребность в данных изменчивости полей температур, течений делает работу востребованной.

Следует отметить, что осуществление мониторинга шельфовой зоны Японского моря затруднена в связи со спецификой звукового канала, конвективным перемешиванием вод, сложным рельефом дна, высоким уровнем шумовых помех. Тогда постановка и проведение эксперимента, сбор, обработка информации, точная синхронизация и позиционирование, использование уже имеющихся данных и встраивание их в результаты эксперимента - сложная задача. Она связана с повышением эффективности акустических приемных систем, использованием комбинированных приемников, позволяющих увеличить помехоустойчивость за счет повышения числа обрабатываемых параметров, которые характеризуют акустическое поле.

В современной литературе достаточно полно описаны акустико-гидрографические эксперименты в прибрежных зонах морей, исследованы возможности мониторинга различных параметров среды, однако

немногочисленность экспериментальных исследований на шельфе Японского моря делает диссертационную работу актуальной и востребованной.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.**

Степень обоснованности научных положений обусловлена научной новизной поставленных задач.

2.1. Разработана методика долговременного мониторинга изменчивости вертикальной структуры поля температур в мелком море с применением методов акустической томографии, разработан метод тестовой импульсной характеристики, позволяющий идентифицировать приход акустической энергии.

2.2. Произведен анализ лучевых приходов и определена функция отклика акустического канала по данным численного моделирования.

2.3. Произведены оценки метода зондирования, модели (численные расчеты с использованием метода Гауссовых пучков, метода представления приходящих импульсов в виде вейвлета Морле) и аппаратуры, которые соответствуют заданным требованиям. Показано, что применяемые численные методы с использованием расчетных данных позволяют учитывать влияние прилива на времена распространения акустических приходов в мелководных акваториях.

2.4. Заключено, что в условиях очень мелкого моря (глубины до 20 метров) необходимо учитывать особенности ветровых режимов и использовать метеорологическую информацию о скорости и направлении ветра, что обычно не входит в практику акустических экспериментальных исследований. Подтверждена эффективность применения направленных свойств векторного приема для анализа импульсных характеристик волноводов при решении задач томографии.

2.5. Получены в контролируемых условиях данные измерений пространственной структуры векторно-скалярных полей на протяженных акустических трассах при различных гидрологических условиях, углах наклонов и глубин дна, получены данные об условиях появления в интерференционных структурах векторно-скалярных полей значительных по дистанции (сотни метров) смещений минимумов и максимумов сигналов в каналах. Тогда вертикальная компонента векторного приемника может стать определяющей при приеме сигналов тонального источника звука при

прохождении зон тени, образованных в зонах интерференционных минимумов в каналах.

Развитие томографических исследований предлагается за счет внедрения комбинированных приемников, повышения точности синхронизации и позиционирования приемников.

### **3. Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций.**

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов подтверждается обширным экспериментальным материалом и использованием апробированных экспериментальных методик и схем проведения экспериментов, а также использованием методов цифровой обработки и анализа данных, применением калиброванных приемных и излучающих систем, многократным повторением экспериментов и согласованностью экспериментальных и численных данных.

### **4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов.**

Важным научным результатом является возможность использования представленного метода зондирования фазоманипулированными М-последовательностями (с частотой 2500 Гц, 511 символов, 4 периода частоты несущей на символ), а также численных расчетов с использованием метода Гауссовых пучков в виде вейвлета Морле. Возможность осуществлять зондирование, исследование и мониторинг изменчивости структуры и динамики полей температур в условиях мелкого моря с достаточной чувствительностью, а разработанные численные методы позволяют учитывать влияние прилива на времена распространения акустических приходов для точных акустических исследований в мелководных акваториях. Также возможно качественно оценивать вертикальное распределение температур на акватории и осуществлять мониторинг изменчивости средних температур в слоях волновода в течение длительного времени.

Практическая значимость работы заключается в возможности приложения полученных результатов и разработок при исследовании, мониторинге и томографии океана, в системах наблюдения, звукоподводной навигации, связи и управления подводными аппаратами, в информационных системах для нефте- и газодобычи и разведки биоресурсов.

## **5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Основной объем диссертационной работы 172 страницы, включая 58 рисунков. Список цитируемой литературы состоит из 222 наименований.

Во введении описываются тенденции развития, практическая значимость и перспективы развития акустических методов мониторинга морской среды на основе акустического зондирования и наблюдения за подводными объектами в мелком море и их использования.

В главе 1 достаточно полно представлен литературный обзор отечественных и зарубежных исследований по акустической томографии океана, описываются экспериментальные исследования с применением различных типов зондирующих сигналов для условий глубокого и мелкого моря, рассмотрены аспекты использования векторных (комбинированных) приемников. Рассматриваются методики, применяемые при проведении численных натурных экспериментов, схемы постановки, типы и частоты зондирующих сигналов, излучающие и приемные системы, и потенциал их использования в условиях мелкого моря для акустических трасс длиной от единиц до десятков километров. Обсуждаются основные проблемы практической реализации акустической томографии океана. Большое внимание автором уделено обзору важных особенностей использования векторно-скалярной регистрации акустических полей с помощью комбинированных приемников, преимуществ и недостатков приемных систем.

В главе 2 представлено описание используемой аппаратуры, схемы экспериментов, методические и технические решения, направленные на развитие акустических методов мониторинга изменчивости и структуры морской среды, наблюдения за подводными объектами в условиях шельфовой зоны. Следует отметить использование оригинальных методик проведения исследований с оценкой амплитудно-временных параметров акустических приходов методами лучевой акустической томографии и встречного зондирования. Представленное описание технических средств, используемых в экспериментах (приемная, излучающая, приемно-передающая аппаратура в мобильных и стационарных вариантах исполнения), характеризует их современное состояние.

В численных методах моделирования приведено обоснование выбора

лучевой модели и метода Гауссовых пучков при решении задач акустической томографии для условий мелкого моря. Расчеты распространения акустических сигналов с помощью программы VE1XNOP позволили обосновано сопоставить результаты моделирования и экспериментально полученных импульсных характеристик волновода на основе предложенного автором метода представления приходящих импульсов посредством вейвлета Морле.

В главе 3 приведен обширный экспериментальный материал, полученный при участии автора, используя который проведена апробация предложенных методик и методов в различных условиях прибрежной зоны Японского моря. Результаты экспериментов показали возможность дистанционного определения периода и скорости распространения внутренних волн методом акустического зондирования вдоль стационарных акустических трасс.

В главе 4 представлены результаты экспериментальных исследований пространственной векторно-скалярной структуры звуковых полей при использовании векторных (комбинированных) приемников в задачах томографии морской среды и наблюдения за подводными объектами. При этом продемонстрирована эффективность применения направленных свойств векторного приема для анализа импульсных характеристик волновода в задачах томографии мелкого моря. На участках с глубокими минимумами амплитуд сигналов в канале давления и горизонтальных каналов векторного приемника, фиксируется максимум амплитуды в вертикальном канале. Этот эффект указывает на возможность применения комбинированных приемников в задачах обнаружения и сопровождения источников тональных сигналов (дискреты подводных объектов) без потери акустического контакта при правильно подобранной схеме обработки сигналов с комбинированного приемника.

В заключении приведены основные выводы по результатам диссертационной работы.

В приложении представлено обоснование выбора фазоманипулированных M-последовательностью сигналов на несущей частоте для задач мониторинга морской среды, описаны их свойства и методы формирования.

Оценивая работу в целом, можно сделать вывод, что она имеет

завершенный характер.

#### **6. Обзор публикаций.**

В диссертации представлено 18 работ в рецензируемых журналах, из них 16 работ в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации материалов диссертаций. Три работы выполнены без соавторов, остальные в соавторстве. В них в полной мере раскрыты основные положения диссертационной работы.

Результаты работы представлены на 12 научных Российских конференциях и симпозиумах (2006-2013 г.г., Москва, Владивосток, Саратов), 13 Международных конференциях и конгрессах (2006-2015 г.г., Ю.Корея, Китай, Австрия, Хабаровск, Владивосток).

На основе этого можно сделать вывод, что в опубликованных работах автора в полной мере отражены наиболее важные научные результаты.

#### **7. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации.**

Автореферат содержит: актуальность темы исследования, цель работы и задачи исследования, степень разработанности темы исследования, научную новизну, практическую значимость работы, методы исследования, выносимые на защиту, основные положения диссертации, степень достоверности результатов, список публикаций в научных журналах, апробация результатов, сведения о структуре и объеме работы, основное содержание работы, заключение. Материалы автореферата полностью соответствуют основным положениям диссертационной работы,

#### **8. По существу диссертационной работы могут быть сделаны следующие замечания.**

8.1. Исследования, представленные в диссертации, содержат большой объем экспериментального материала и разработок, проводимых коллективом авторов. Следовало бы более четко выделить собственный вклад соискателя.

8.2. Остается не совсем понятным интерпретация смещения минимумов и максимумов интерференционной структуры в каналах звукового давления.

8.3. Нет сопоставления полученных результатов с литературными данными в исследуемой области при анализе полученных результатов.

8.4. Не представлены данные по погрешностям измерений и расчетов исследуемых параметров.

8.5. Автореферат перегружен материалом описательного характера, например, изображения технических средств изучения пространственной

векторно-скалярной структуры звуковых полей на рис.2; подробное описание разделов и подразделов глав. В тексте имеются стилистические погрешности, встречаются нечеткие формулировки и досадные опечатки. Например, в главе 2, подразделе 2.3.4., стр. 105, в формуле модифицированного представления вейвлета Морле, неудачно выбрано обозначение переменной « $F_c$  – время распространения до точки приема», т.к. в приведенной ранее формуле вейвлета Морле переменная  $F_c$  обозначала центральную частоту вейвлета.

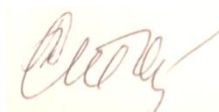
8.6. В тексте работы встречаются нечеткие формулировки, связанные со стилистикой изложения, чересчур длинные предложения, что затрудняет понимание того, что хотел сказать автор.

Отмеченные замечания не снижают ценности полученных результатов диссертационной работы.

Таким образом, диссертация Стробыкина Дмитрия Сергеевича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи экспериментального и теоретического исследования возможности развития акустических методов мониторинга динамических процессов и наблюдения за подводными объектами в мелком море, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для исследования и освоения ресурсов морских прибрежных акваторий, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Стробыкин Д.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.06 - Акустика.

Официальный оппонент,  
заведующая кафедрой Электроники и средств связи Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДФУ),

докт. физ.-мат. наук, профессор



Л.Г.Стаценко

690922, Владивосток, остров Русский, п. поселок Аякс, 10.

Тел. 8902-524-60-57

