ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сорокина М.А. на тему:
«ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА С ШЕЛЬФА В ГЛУБОКИЙ ОКЕАН МЕТОДОМ НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН»
(представлено на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7 – «Акустика»)

Возрастающую роль в современных исследованиях Мирового океана играют автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА), действующие в условиях большой удаленности от центров управления и связи. В силу значительного затухания радиоволн в океанской среде, обеспечение подводного позиционирования АНПА представляется возможным лишь при помощи гидроакустических систем большой дальности, состоящих из источников навигационных сигналов, находящихся на шельфе, и приемника, входящего в аппаратный состав АНПА. В таком случае задача навигации разделяется на несколько задач определения дальности, точность решения которых зависит от точности расчета скорости распространения навигационных сигналов. Эта точность особенно важна при разработке систем позиционирования и управления АНПА, функционирующих в сотнях километров от источников сигналов, размещаемых вблизи береговой черты. В связи с этим особый интерес представляет изучение закономерностей, возникающих при распространении звука из шельфовой области в глубокое море. В частности, возникает вопрос о возможности уверенного приема навигационных сигналов аппаратами, находящимися существенно выше или ниже горизонта оси подводного звукового канала (ПЗК), обеспечивающего сверхдальнее распространение звука в глубоком океане. Волноводное распространение звука в океане характеризуется, в том числе, наличием чередующихся зон акустической освещенности и зон тени, что приводит к необходимости определения условий, при которых суммарная площадь зон тени в волноводе минимальна. Устоявшейся практикой при решении данной

задачи является привлечение математического моделирования распространения звука в волноводе, в частности, расчет акустического поля вдоль геодезической, соединяющей точки излучения и приема. Во многих работах, посвященных данной тематике, используется подход с позиций геометрической акустики, который имеет ряд существенных ограничений: приемник не должен располагаться на каустике или в зоне акустической тени, профиль скорости звука должен быть достаточно гладким. Кроме того, задача расчета лучей является численной, и накапливающаяся ошибка геометрического приближения становится существенной при распространении на сотни и тысячи километров.

В связи с этим возникает необходимость исследовать задачу распространения сигналов из мелкого моря в глубокий океан другими методами.

Автор диссертационного исследования Сорокин М.А. провел анализ задачи распространения звуковых сигналов из мелкого моря в глубокий океан при помощи комбинирования метода нормальных волн и лучевой теории.

Целью диссертации является разработка методики определения эффективных скоростей модовых импульсов акустических сигналов и их времен прихода в точку приема путем исследования двумерных и трехмерных эффектов, возникающих при распространении звука из шельфовой зоны в глубокий океан для решения задач акустической навигации и дальнометрии. Для достижения поставленной цели в диссертации были решены следующие задачи:

1. проведен расчет времени прихода модальных компонент импульсных акустических сигналов в волноводах Японского моря;
2. разработан алгоритм расчета эффективных скоростей модальных компонент акустического сигнала;
3. разработана методика оценки влияния трехмерных эффектов на времена прихода модальных компонент акустического сигнала.

Представленная работа является законченным научным исследованием, в котором приведено описание результатов натурных экспериментов и их математического моделирования. На основе результатов моделирования дано теоретическое обоснование двумерных и трехмерных эффектов, возникающих при распространении импульсных навигационных сигналов из мелкого моря в глубокое.

Научная новизна предложенной работы состоит в следующем.

1. Для моделирования распространения звука с шельфа в глубокий океан в адиабатическом приближении предложена и апробирована методика расчета эффективных скоростей модальных компонент акустического сигнала и времен прихода в точку приема.

2. Установлено, что при распространении навигационных сигналов с шельфа в глубокий океан горизонтальная рефракция может вносить существенный вклад в зависимость задержек приходов модальных компонент от номера моды как за счет разницы удлинений собственных лучей, так и за счет дополнительной дисперсии сигналов, обусловленной прохождением разных модовых компонент через различные участки шельфа.

3. Впервые показано, что использование поля скорости звука, получаемого из моделей циркуляции океана при условии ассимиляции ими данных прямых гидрологических измерений, позволяет увеличить точность оценок эффективных скоростей и времен прихода модальных компонент по сравнению с прогнозами, получаемыми на основе разрозненных прямых измерений скорости звука.

Теоретическая значимость работы заключается в возможности адекватного прогнозирования групповых скоростей и времен прихода модальных компонент сигнала в задачах акустической дальнометрии при использовании достаточно разреженной сетки батиметрических и гидрологических данных.

Практическая значимость заключается в том, что предложенная методика оценки эффективности скоростей и времен прихода модальных

компонент акустического сигнала может быть использован на практике при организации гидроакустических навигационных систем большой дальности. Помимо этого, предложенный программный комплекс может служить прототипом для программной части перспективных гидроакустических навигационных систем большой дальности для ориентирования АНПА.

Работа автора выполнена на высоком научно-техническом уровне с использованием современного комбинированного подхода к решению задачи распространения звука в неоднородном океане. Достоверность результатов подтверждается использованием хорошо апробированных теоретических методов, а также высокой степенью согласованности с результатами натурных измерений.

Основные результаты диссертации докладывались на перечисленных в автореферате отечественных и зарубежных конференциях. Материалы диссертации опубликованы в 18 печатных работах, из них 11 являются статьями в рецензируемых научных журналах.

По тексту автореферата также выявлены и недостатки, к которым можно отнести:

1) Не вполне раскрыты детали сравнения времен прихода модальных компонент и пиков импульсной характеристики волновода. Приведённое качественное сравнение представляется недостаточным без количественных оценок.

2) В списке литературы встречаются ссылки на русскоязычные статьи, приведённые на английском языке с пометкой «in Russian».

Отмеченные недостатки не обесценивают диссертационного исследования и носят рекомендательный характер.

Диссертация является законченной научной работой, выполненной автором лично. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованны.

Автореферат Сорокина Михаила Андреевича соответствует всем требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к диссертационным работам.

С учетом изложенного Сорокин М.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7 – «Акустика».

Начальник отдела
к.ф-м,н., доцент Ю.В. Тютекин

Старший научный сотрудник
к.т.н. В.В. Савицкий

Название организации: Акционерное общество Акустический институт им. академика Н.Н. Андреева (АО «АКИН»)
Адрес организации: ул. Шверника д. 4, Москва, Российская Федерация, 117292
Телефон: +7 499 126 7401
E-mail: info@akin.ru

Начальник отдела кадров
16.09.2026



Е.В. Лебединская