ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сорокина Михаила Андреевича
«Исследование распространения звука с шельфа в глубокий океан
методом нормальных волн»,
представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.7 – Акустика

Диссертационное исследование М.А. Сорокина направлено на решение одной из важных проблем современной гидроакустики — моделирование распространения звуковых сигналов в условиях перехода от мелководного шельфа к глубоководной части океана. Практическая значимость этой проблемы обусловлена все более широким использованием автономных необитаемых подводных аппаратов для исследования и освоения Мирового океана и, следовательно, необходимостью обеспечения их навигации и связи на больших удалениях от центров управления. Гидроакустические системы остаются безальтернативным средством передачи информации на значительные расстояния в водной толще, однако их работа осложняется трёхмерными эффектами, возникающими в переходных зонах. Существующие подходы, основанные на геометрической акустике, не всегда обеспечивают требуемую точность на протяжённых трассах (от десятков до нескольких сотен километров). Таким образом, разработка методов и численных алгоритмов, позволяющих корректно прогнозировать времена прихода модальных (модовых) компонент акустического сигнала с учетом трехмерных эффектов распространения в существенно горизонтально-неоднородных подводных каналах, является актуальной и практически востребованной.

Автором предложен и верифицирован оригинальный подход к расчёту эффективных скоростей модальных компонент акустического сигнала и времён их прихода, опирающийся на комбинацию метода нормальных волн и лучевой теории в адиабатическом приближении. Такой подход даёт возможность получать достоверные оценки в океанических волноводах, включающих как шельфовую зону, так и глубоководную часть, что подтверждается сопоставлением с экспериментальными данными.

К числу наиболее значимых новых результатов следует отнести установление вклада горизонтальной рефракции в формирование зависимости задержек приходов мод от их номера. Качественно, существенное влияние горизонтальной рефракции является ожидаемым, но для практически значимых прогнозных расчетов его необходимо количественно оценивать и иметь надежную физическую интерпретацию, что и сделано в данной работе. Показано, что вклад рефракции в задержки имеет двойственную природу: он

связан как с различием геометрических длин собственных лучей, так и с дополнительной дисперсией, возникающей из-за прохождения мод различных номеров через «свои» неоднородные участки шельфа.

Особого внимания заслуживает результат, касающийся использования данных по полю скорости звука в заданной акватории из современной модели циркуляции океана (модели NEMO) с ассимиляцией натурных гидрологических данных. В связке с оперативной океанографией развитая автором методика расчетов времен распространения модальных компонент сигнала становится рабочим инструментом навигации удаленных подводных объектов. Установлено, что такой комбинированный подход позволяет заметно повысить точность прогноза эффективных скоростей и времён прихода модальных компонент в сравнении с подходом, ограниченным использованием разрозненных данных прямых измерений: ошибка определения дальности снижается на 0,02–0,03 % от протяжённости трассы, что для больших трасс является существенным улучшением. Этот результат только усиливает практическую значимость работы в целом: разработанная автором методика и её программная реализация могут быть использованы при создании гидроакустических навигационных систем большой дальности.

Сомнений в достоверность полученных результатов не возникает. Она подтверждается использованием апробированных теоретических методов, успешно развиваемых в ТОИ ДВО РАН, и согласием с данными серии натурных экспериментов, выполненных в Японском и Охотском морях. Основные положения диссертации докладывались на многих международных и всероссийских научных конференциях, включая PACON-2019, UACE-2021, «Дни дифракции», Школу-семинар по акустике океана им. акад. Л.М. Бреховских, сессии Российского научно-технического акустического общества. По теме диссертации опубликовано 18 работ, в том числе 11 статей в рецензируемых журналах (7 из них индексируются в Web of Science и Scopus) и 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

К недостатку не автореферата, но диссертации в целом можно отнести излишне краткую формулировку основных результатов. Кажется очевидным, что полученные результаты заслуживают более детального изложения в качестве итога выполненной работы.

Заключение

На основании знакомства с авторефератом можно с уверенностью заключить, что диссертационная работа Сорокина Михаила Андреевича «Исследование распространения звука с шельфа в глубокий океан методом нормальных волн» является завершённым научным исследованием, в котором решена актуальная для акустики океана задача, обладающая

существенной научной новизной и высокой практической значимостью. Работа полностью соответствует паспорту специальности 1.3.7 – Акустика и критериям, изложенным в п. 9–14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 в действующей редакции, а ее автор, Сорокин Михаил Андреевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7 – Акустика (физико-математические науки).

Даю согласие на обработку персональных данных в связи с оформлением документации по данной диссертации.

Заведующий отделом
геофизической акустики ИПФ РАН
к.ф.-м.н. 15/09/2026 А.И. Малеханов

подпись, дата

Сведения об авторе отзыва:
Малеханов Александр Игоревич — кандидат физ.-мат. наук по специальности 01.04.03 – радиофизика, заведующий отделом геофизической акустики Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова–Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)
Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, ИПФ РАН.
тел.: +7 (831) 436 83 52, эл. почта: almal@ipfran.ru

Подпись Малеханова А.И. заверяю:
Ученый секретарь ИПФ РАН
к.ф.-м.н. И.В. Корюкин