

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.214.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ТИХООКЕАНСКОГО
ОКЕАНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.И. ИЛЬЧЕВА
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № _____
Решение диссертационного совета от 12 сентября 2025 г. №3

О присуждении Тыщенко Андрею Геннадьевичу, гражданство РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численное моделирование распространения широкополосных акустических сигналов в мелком море с использованием модовых параболических уравнений» по специальности 1.3.7 – «Акустика» принята к защите 14 мая 2025 г., протокол № 2, диссертационным советом 24.1.214.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 690041, г. Владивосток, Балтийская, 43, утвержденным приказом Минобрнауки России № 714/нк от 2 ноября 2012 г.

Соискатель Тыщенко Андрей Геннадьевич, 09 июля 1997 года рождения, в 2021 году окончил ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ) по направлению подготовки 09.04.01 – «Информатика и вычислительная техника».

С 2021 по 2025 Тыщенко Андрей Геннадьевич обучался в очной аспирантуре ТОИ ДВО РАН по специальности – «Теоретическая физика», направлению подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия».

В период подготовки диссертации соискатель Тыщенко Андрей Геннадьевич работал в «Лаборатории геофизической гидродинамики» ТОИ ДВО РАН в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в ТОИ ДВО РАН в «Лаборатории геофизической гидродинамики».

Научный руководитель – Петров Павел Сергеевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник «Лаборатории геофизической гидродинамики» ТОИ ДВО РАН.

Официальные оппоненты:

- Цысарь Сергей Алексеевич, гражданство РФ, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра нанофотоники физического факультета;
- Вировлянский Анатолий Львович, гражданство РФ, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», заведующий лабораторией статистических методов в акустике океана;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Мельчаковой Ириной Валерьевной, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником, деканом физического факультета и Петровым Михаилом Игоревичем, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником, доцентом физического факультета, утвержденном Никифоровым Владимиром Олеговичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, указала, что диссертационная работа носит актуальный характер, основные положения и выводы диссертации представляют значительный интерес для специалистов, занимающихся исследованиями трёхмерных эффектов, возникающих при распространении звука в мелком море. Результаты диссертационной работы Тыщенко Андрея Геннадьевича могут быть использованы в научно-исследовательских и прикладных работах, в том числе при моделировании антропогенных сигналов и оценки их влияния на морскую фауну. Автореферат и публикации автора достаточно полно и точно передают содержание и основную суть диссертационной работы.

Диссертационная работа Тыщенко Андрея Геннадьевича «Численное моделирование распространения широкополосных акустических сигналов в мелком море с использованием модовых параболических уравнений» является полностью законченной научно-исследовательской работой и отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением №842 Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. в текущей редакции, а соискатель Тыщенко Андрей Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7 – Акустика.

Соискатель имеет 6 научных статей в изданиях, определённых в перечне

ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК, из них 6 работ опубликованы в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Полученные результаты прошли апробацию на трёх международных и трёх всероссийских научных конференциях. В опубликованных работах отражены основные результаты диссертации. Основные работы по теме диссертации:

1. Wide-angle mode parabolic equations for the modelling of horizontal refraction in underwater acoustics and their numerical solution on unbounded domains / P. S. Petrov, M. Ehrhardt, A. G. Tyshchenko, P. N. Petrov // Journal of Sound and Vibration. — 2020. — Vol. 484. — P. 115526 (вклад соискателя 25%).
2. Комплекс программ для расчета акустических полей в мелком море на основе метода широкоугольных модовых параболических уравнений / А. Г. Тыщенко, О. С. Заикин, М. А. Сорокин, П. С. Петров // Акустический журнал. — 2021. — Июнь. — Т. 67, № 5. — С. 533 — 541 (вклад соискателя 70%).
3. Estimating Sound Exposure Levels Due to a Broadband Source over Large Areas of Shallow Sea / D. Manul'chev, A. Tyshchenko, M. Fershalov, P. Petrov // Journal of Marine Science and Engineering. — 2022. — Vol. 10, no. 1. — P. 82 (вклад соискателя 20%).
4. Современные методы расчета акустических полей в океане, основанные на их представлении в виде суперпозиции мод / А. Г. Тыщенко, С. Б. Козицкий, М. С. Казак, П. С. Петров // Акустический журнал. — 2023. — Июнь. — Т. 69, № 5. — С. 620—636 (вклад соискателя 60%).
5. Petrov P. S., Tyshchenko A. G., MacGillivray A. O. Three-dimensional modeling of underwater noise produced by a bulk carrier vessel and estimation of its environmental impact // The Journal of the Acoustical Society of America. — 2024. — June. — Vol. 155, no. 6. — P. 3702–3714 (вклад соискателя 40%).
6. The solution of sound propagation modeling problems for environment impact assessment by the mode parabolic equations method / A. G. Tyshchenko, M. A. Sorokin, S. B. Kozitskiy, P. S. Petrov // The Journal of the Acoustical Society of America. — 2024. — Ноябрь. — Т. 156, № 5. — С. 3306—3319 (вклад соискателя 60%).

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов, все отзывы положительные:

- от д.ф.-м.н., Прохорова Игоря Васильевича, главного научного сотрудника ФГБУН «Институт прикладной математики ДВО РАН». Замечание: недостаточно тщательное исследование вычислительной эффективности разработанной программы.
- от к.т.н. Еременко Александра Сергеевича, старшего научного сотрудника

Лаборатории спутникового мониторинга №34 ИАПУ ДВО РАН. Замечания:

1. Хотя в работе приведено сравнение с узкоугольными методами и методом изображений, было бы полезно более детально проанализировать преимущества и ограничения предложенного метода относительно других современных подходов.
 2. В автореферате мало информации о производительности алгоритма и возможности его распараллеливания.
 3. Не полностью раскрыто, как метод справляется с неточностями в исходных данных, хотя упоминается алгоритм коррекции параметров дна.
- от к.т.н. Леонтьева Юрия Борисовича, ведущего научного сотрудника АО «Концерн «Океанприбор». Замечания:
1. Не акцентируется и недостаточно раскрыта актуальность темы исследования.
 2. В разделе «Актуальность темы исследования» представлено некорректное (не существующее) название программы «KRAKEN3D».
 3. В тексте автореферата не указаны ссылки на первоисточник, описывающий метод широкоугольных модовых параболических уравнений.
 4. В разделе «Цели и задачи диссертационной работы» заявлена «разработка эффективного метода моделирования распространения широкополосного акустического сигнала ...». При этом, критерии оценки эффективности, не представлены.
 5. Соискателем не получены «Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ» на разработанные им в рамках диссертационной работы программы.
 6. Соискатель не реализовал графический программный интерфейс для разработанных им программ, что позволило бы значительно повысить удобство их использования.
 7. В списке «Цитированная литература» приведено неполное описание источников под номерами 7, 8, 9.
- от д.т.н. Аббасова Ифтихара Балакишиевича, профессора Кафедры инженерной графики и компьютерного дизайна ИРТСУ ЮФУ. Замечания:
1. На стр. 13 автореферата описываются условия на боковых границах, однако, как таковая геометрия задачи моделирования отсутствует, тогда какие условия на остальных границах, особенно в трёхмерной постановке задачи?
 2. На стр. 14 описываются результаты третьей главы по разработке

комплекса программ на основе AMPLE для моделирования распространения звука, почему разработанные программы не были зарегистрированы?

3. В разделе 3.2 (стр. 15) описывается метод моделирования широкоугольной аппроксимацией Клаербоута, однако она имеет ограничения по точности, как контролируется адекватность результатов моделирования? И чем обусловлен выбор частоты $f=25\text{Гц}$?

– от к.т.н. Лытаева Михаила Сергеевича, старшего научного сотрудника Лаборатории прикладной информатики Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН. Замечания:

1. В тексте автореферата не приведены данные о вычислительной сложности алгоритма, времени его работы, требования к вычислительным ресурсам и сравнение его вычислительной эффективности с другими методами.

2. Из текста автореферата не ясно, решается ли уравнение во временной или частотной области.

– от к.ф.-м.н. Миненкова Дмитрия Сергеевича, старшего научного сотрудника Лаборатории механики природных катастроф Института проблем механики РАН. Замечание: в дальнейшей работе имеет смысл обратить внимание на метод операторного разделения переменных, разработанный С.Ю. Доброходовым и его учениками. Этот метод позволяет, по всей видимости, выделять вертикальные моды, которые не взаимодействуют друг с другом и поэтому сохраняют свою структуру на больших расстояниях.

– от к.ф.-м.н. Малеханова Александра Игоревича, заведующего отделом геофизической акустики Федерального исследовательского центра «Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук». Замечание: отсутствует обсуждения частотной зависимости кривых рис. 5 и 7 автореферата, которые были бы полезны для более глубокого сопоставления результатов по главе 4.

– от к.г.н. Островского Александра Григорьевича, ИО заместителя директора по научной работе направления Морская техника, руководителя Лаборатории акустики океана и Шатравина Александра Владимировича научного сотрудника Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Замечания:

1. В Положении 3 говорится о точности на уровне 1 дБ по сравнению с прямыми измерениями SEL. При этом неопределенность самих прямых измерений SEL обычно заметно превосходит 1 дБ, хотя бы из-за погрешности калибровок тракта. Кроме того, при варьировании

некоторых параметров модели среды в разумных пределах (согласующихся с известными данными по пространственно-временной изменчивости среды или погрешностями измерений постоянных параметров), отличие модельных и натурных данных тоже будет изменяться. Проводились ли оценки диапазона такого рода изменчивости? Какие минимальные отличия модельных и натурных результатов достигаются другими методами?

2. Некоторым переменным и обозначениям в формулах и уравнениях не дано определение в тексте. Например, z_s (по-видимому, это глубина источника) в уравнении 2; в уравнениях 6 и 7 не указан смысл и границы значений индексов m и n ; в уравнениях 8-10 без объяснений возникает индекс q .
3. При беглом прочтении к рисунку 6 возникает вопрос по поводу крайне низкой точности моделирования на высоких частотах (красные области выше ~ 125 Гц). Стоило бы в тексте в явном виде дать комментарий, что на этих частотах и энергия сигнала достаточно низка, чтобы слабо влиять на интегральную точность моделирования.

Все отзывы положительные, на все имеющиеся в отзывах замечания диссертант убедительно ответил. В целом, в отзывах отмечено, что диссертационная работа представляет собой самостоятельно выполненное, завершённое научное исследование на актуальную тему, обладает научной новизной и практической значимостью, содержит новые научно обоснованные решения, имеющие существенное значение для моделирования распространения звука в трёхмерных неоднородных волноводах, показано комплексное применение предложенной методики для моделирования антропогенных сигналов в прикладных и научных исследованиях.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается направлением и особенностями их исследований, которые соответствуют тематике диссертации Тыщенко Андрея Геннадьевича.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Разработана и апробирована методика моделирования акустических полей в океане на основе численного решения псевдодифференциальных модовых параболических уравнений с искусственным ограничением расчётной области путём постановки граничных условий прозрачности или добавления к ней согласованных поглощающих слоёв.
- Разработан комплекс программ на языке программирования C++, который может быть использован для моделирования распространения тональных и импульсных сигналов, а также вычисления скалярных и векторных

акустических полей антропогенных шумов в океане с возможностью учёта батиметрических и гидрологических данных, структур слоёв дна, и ориентированный на производительность.

- Показано, что моделирование антропогенных шумов, связанных с сейсморазведочными работами и судоходством, проведённое с использованием разработанного комплекса прикладных программ, позволило добиться согласия уровней акустической экспозиции (SEL) с данными прямых измерений с точностью до 1 дБ и согласия значений распределения энергии в децидекадных частотных полосах на различных расстояниях от источника шума с точностью до 5 дБ для диапазона частот, в котором сосредоточена большая часть энергии сигнала.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Разработан новый алгоритм моделирования тональных и импульсных акустических сигналов, генерируемых точечным источником, в выбранной ограниченной области мелкого моря, искусственное ограничение которой достигается условиями прозрачности или поглощающими слоями.
- Впервые выполнены расчёты широкополосного акустического поля на заданной акватории, обусловленного прохождением одиночного судна, с учётом трёхмерного характера распространения звука в мелком море с неоднородным рельефом дна, а также с предварительной оценкой параметров дна методом байесовской инверсии.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается применением комплекса программ, разработанного соискателем, в прикладных исследованиях по мониторингу акустических шумов, выполнявшихся ТОИ ДВО РАН на шельфе о. Сахалин.

Результаты проведенных исследований также использовались:

- при выполнении работ по проектам Российского Фонда Фундаментальных исследований (РФФИ) «Горизонтальная рефракция звуковых волн в мелком море и собственные функции, сосредоточенные в окрестности семейств горизонтальных лучей» № 18-05-00057 и «Новые численно-аналитические методы для решения практических задач распространения звука в акустике океана» № 18-35-20081;
- при выполнении работ по проектам Российского Научного Фонда (РНФ) «Перспективные математические методы для моделирования распространения звука в океане и их приложения» № 22-11-00171.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- методы расчета акустических полей, представленные в диссертационной работе, а также разработанный на их основе комплекс прикладных программ прошли всестороннюю верификацию при решении модельных задач распространения звука в мелком море, при этом сравнение проводилось как с аналитическими решениями, так и с решениями, полученными с использованием других известных методов моделирования распространения звука;
- математические методы используются в работе в границах их применимости и с надлежащей строгостью;
- достоверность результатов моделирования для задач оценки влияния антропогенных сигналов обусловлена хорошей их согласованностью с результатами натурных измерений.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

- автором были выведены граничные условия прозрачности (условия излучения на конечном удалении от источника) для псевдодифференциальных модовых параболических уравнений, обеспечивающие отсутствие отражения волн на границах расчётной области;
- автором был предложен лучевой стартер для моделирования точечного источника в горизонтальной плоскости, а также проведено тестирование различных стартеров на модельных задачах и выявлено, что именно лучевой стартер позволяет адекватно учесть широкоугольную природу используемых параболических уравнений;
- лично автором был разработан и реализован комплекс программ AMPLE для моделирования распространения звука в мелком море, а также проведено его всестороннее тестирование на модельных задачах;
- автором было проведено моделирование акустического сигнала сухогруза, а также предложен алгоритм корректировки параметров в рассматриваемой акватории для улучшения качества моделирования.

Вклад автора диссертации в представленных исследованиях составляет от 40% до 70%. Доля автора диссертации в статьях в соавторстве составляет от 20% до 70%.

Соискатель Тыщенко Андрей Геннадьевич ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию. С замечаниями согласился.

На заседании 12 сентября 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Тыщенко Андрею Геннадьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7 – «Акустика».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов по профилю защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – 1, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета
академик РАН



Долгих Григорий Иванович

Ученый секретарь
диссертационного совета



Костив Анатолий Евгеньевич

12 сентября 2025 г.

