



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**Заключение диссертационного совета МГУ.013.6
по диссертации на соискание учёной степени доктора наук**

Решение диссертационного совета от 23 июня 2023 года № 5

О присуждении Шурупу Андрею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, 1981 года рождения, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Модовая томография неоднородных сред с приложениями к гидро- и сейсмоакустике» по специальности 1.3.7. «Акустика» принята к защите 18 апреля 2023 года, протокол № 1, диссертационным советом МГУ.013.6.

Соискатель Шуруп Андрей Сергеевич, 1981 года рождения, в 2005 году с отличием окончил физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению «Физика». С 2005 по 2008 год учился в очной аспирантуре физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук на тему «Модели активно-пассивной акустической томографии неоднородного движущегося океана», по специальности 01.04.06 — акустика, защищена 20 ноября 2008 года на заседании диссертационного совета Д 501.001.67 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. С 2008 года соискатель работает на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, в настоящее время занимает должность доцента.

Диссертация выполнена на кафедре акустики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Петников Валерий Георгиевич, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории гидрофизики Научного центра волновых исследований Института общей физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук (НЦВИ ИОФ РАН);

Хилько Александр Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией акустических методов в гидрофизике отдела геофизической акустики Института прикладной физики имени А.В. Гапонова–Грехова Российской академии наук (ИПФ РАН);

Пересёлков Сергей Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математической физики и информационных технологий физического факультета Воронежского государственного университета (ВГУ), —

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 132 опубликованные работы, из них 119 по теме диссертации, в том числе 41 научную публикацию в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении учёных степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.7. «Акустика». Все представленные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии:

1. Буров В.А., Сергеев С.Н., Шуруп А.С. Трёхмерная модель томографического восста-

- новления океанических неоднородностей при неизвестном расположении антенн // Акустический журнал. 2011. Т. 57. № 3. С. 348–363. **IF = 1,116 (WoS)**
2. *Медведева Е.В., Гончаренко Б.И., Шуруп А.С.* Использование разнесенных в пространстве комбинированных приемных модулей для исследования скалярно-векторных характеристик акустического поля // Известия РАН. Серия физическая. 2020. Т. 84. № 2. С. 278–283. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
 3. *Гончаренко Б.И., Дмитриев К.В., Сергеев С.Н., Шуруп А.С.* Теоретические и экспериментальные исследования схемы мониторинга мелких морей гидроакустическими методами // Известия РАН. Серия физическая. 2020. Т. 84. № 6. С. 777–782. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
 4. *Гончаров В.В., Шуруп А.С., Годин О.А., Заботин Н.А., Веденев А.И., Сергеев С.Н., Brown M.G., Шатравин А.В.* Томографическая инверсия измеренных функций взаимной корреляции шумов океана в мелкой воде с использованием лучевой теории // Акустический журнал. 2016. Т. 62. № 4. С. 431–441. **IF = 1,116 (WoS)**
 5. *Сергеев С.Н., Шуруп А.С., Годин О.А., Веденев А.И., Гончаров В.В., Муханов П.Ю., Заботин Н.А., Brown M.G.* Выделение акустических мод во Флоридском проливе методом шумовой интерферометрии // Акустический журнал. 2017. Т. 63. № 1. С. 73–83. **IF = 1,116 (WoS)**
 6. *Сабиров И.Р., Шуруп А.С.* Исследование фазы функции взаимной корреляции шумового поля океанического волновода // Известия РАН. Серия физическая. 2020. Т. 84. № 1. С. 106–109. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
 7. *Преснов Д.А., Жостков Р.А., Гусев В.А., Шуруп А.С.* Дисперсионные зависимости упругих волн в покрытом льдом мелком море // Акустический журнал. 2014. Т. 60. № 4. С. 426–436. **IF = 1,116 (WoS)**
 8. *Presnov D.A., Sobisevich A.L., Shurup A.S.* Model of the geoacoustic tomography based on surface-type waves // Physics of Wave Phenomena. 2016. V. 24. No. 3. P. 249–254. **IF = 1,108 (WoS)**
 9. *Собисевич А.Л., Преснов Д.А., Шуруп А.С.* Фундаментальные основы совершенствования пассивных сейсмогидроакустических методов исследования шельфа Арктики // Акустический журнал. 2021. Т. 67. № 1. С. 72–97. **IF = 1,116 (WoS)**
 10. *Преснов Д.А., Жостков Р.А., Собисевич А.Л., Шуруп А.С.* Натурные наблюдения сейсмоакустических волн в условиях покрытого льдом водоема // Известия РАН. Серия физическая. 2017. Т. 81. С. 76–80. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
 11. *Жостков Р.А., Преснов Д.А., Шуруп А.С., Собисевич А.Л.* Сравнение микросейсмического зондирования и томографического подхода при изучении глубинного строения Земли // Известия РАН. Серия физическая. 2017. Т. 81. №1. С.72–75. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
 12. *Собисевич А.Л., Преснов Д.А., Собисевич Л.Е., Шуруп А.С.* О локализации геологических отдельностей арктического шельфа на основе анализа модовой структуры сейсмоакустических полей // Доклады Академии наук. 2018. Т. 479. № 1. С. 80–83. **IF = 0,633 (WoS)**
 13. *Собисевич А.Л., Преснов Д.А., Собисевич Л.Е., Шуруп А.С.* Исследование геоакустических полей – физическая основа мониторинга локальных неоднородностей и запасов углеводородов в Арктике // Известия РАН. Серия физическая. 2018. Т.82. № 5. С.565-571. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
 14. *Преснов Д.А., Собисевич А.Л., Груздев П.Д., Игнатъев В.И., Коньков А.И., Мореев А.Ю., Тарасов А.В., Шувалов А.А., Шуруп А.С.* Томографическая оценка параметров водоема при наличии ледового покрова с использованием сейсмоакустических излучателей // Акустический журнал. 2019. Т. 65. № 5. С. 688–698. **IF = 1,116 (WoS)**
 15. *Преснов Д.А., Собисевич А.Л., Шуруп А.С.* Исследование возможностей пассивной томографической реконструкции параметров мелкого моря по данным натурных измерений на поверхности льда // Известия РАН. Серия физическая. 2020. Т.84. № 6. С. 815–818. **IF = 0,547 (РИНЦ)**

16. Тихоцкий С.А., Преснов Д.А., Собисевич А.Л., Шуруп А.С. Использование низкочастотных шумов в пассивной сейсмоакустической томографии дна океана // *Акустический журнал*. 2021. Т. 67. № 1. С. 107–116. **IF = 1,116 (WoS)**
17. Буров В.А., Шуруп А.С., Румянцева О.Д., Зотов Д.И. Функционально-аналитическое решение задачи акустической томографии по данным от точечных преобразователей // *Известия РАН. Серия физическая*. 2012. Т.76. № 12. С. 1524–1529. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
18. Буров В.А., Шуруп А.С., Зотов Д.И., Румянцева О.Д. Моделирование функционального решения задачи акустической томографии по данным от квазиточечных преобразователей // *Акустический журнал*. 2013. Т. 59. № 3. С. 391–407. **IF = 1,116 (WoS)**
19. Зотов Д.И. Шуруп А.С., Румянцева О.Д. Восстановление векторного поля течений функциональным алгоритмом Новикова-Агальцова и аддитивно-корреляционным способом // *Известия РАН. Серия физическая*. 2017. Т.81. № 1. С. 111–116. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
20. Румянцева О.Д., Шуруп А.С. Уравнение для волновых процессов в неоднородных движущихся средах и функциональное решение задачи акустической томографии на его основе // *Акустический журнал*. 2017. Т. 63. № 1. С. 94–103. **IF = 1,116 (WoS)**
21. Шуруп А.С., Румянцева О.Д. Совместное восстановление скорости звука, поглощения и течений функциональным алгоритмом Новикова-Агальцова // *Акустический журнал*. 2017. Т. 63. № 6. С. 700–718. **IF = 1,116 (WoS)**
22. Зотов Д.И., Румянцева О.Д., Шуруп А.С. Раздельное восстановление скорости звука, плотности среды и поглощения в задачах томографического типа // *Известия РАН. Серия физическая*. 2018. Т.82. № 1. С. 41–46. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
23. Rumyantseva O.D., Shurup A.S., Zotov D.I. Possibilities for separation of scalar and vector characteristics of acoustic scatterer in tomographic polychromatic regime // *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*. 2021. V. 29. No. 3. P. 407–420. **IF = 1,448 (WoS)**
24. Shurup A.S. Numerical comparison of iterative and functional-analytical algorithms for inverse acoustic scattering // *Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications*. 2022. V. 10. No. 1. P. 79–99. **IF = 1,17 (Scopus)**
25. Красулин О.С., Шуруп А.С. Численное решение трехмерной задачи адиабатической модовой томографии океана на основе функционально-аналитического алгоритма // *Известия РАН. Серия физическая*. 2020. Т.84. № 2. С. 289–294. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
26. Буров В.А., Сергеев С.Н., Шуруп А.С. Использование в пассивной томографии океана низкочастотных шумов // *Акустический журнал*. 2008. Т. 54. № 1. С. 51–61. **IF = 1,116 (WoS)**
27. Буров В.А., Сергеев С.Н., Шуруп А.С. Использование коротких искривленных вертикальных антенн в акустической томографии океана // *Акустический журнал*. 2009. Т.55. №2. С. 232–246. **IF = 1,116 (WoS)**
28. Буров В.А., Попов А.Ю., Сергеев С.Н., Шуруп А.С. Акустическая томография океана при использовании нестандартного представления рефракционных неоднородностей // *Акустический журнал*. 2005. Т.51. №5. С. 602–613. **IF = 1,116 (WoS)**
29. Сергеев С.Н., Шуруп А.С. Решение задачи прохождения и рассеяния цилиндрической волны на слабо преломляющей плоской неоднородности // *Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия*. 2004. № 6. С. 34–38. **IF = 0,536 (WoS)**
30. Буров В.А., Сергеев С.Н., Шуруп А.С. Роль выбора базиса в задачах акустической томографии океана // *Акустический журнал*. 2007. Т.53. №6. С. 791–808. **IF = 1,116 (WoS)**
31. Буров В.А., Грачева Т.В., Сергеев С.Н., Шуруп А.С. Двумерная модель томографического восстановления океанических неоднородностей при волновом и лучевом описании акустического поля // *Акустический журнал*. 2008. Т.54. №2. С. 291–306. **IF = 1,116 (WoS)**
32. Burov V.A., Sergeev S.N., Shurup A.S., Scherbina A.V. Acoustic tomography of shallow water with unknown relief of hard bottom // *Physics of wave phenomena*, 2013. V.21. No.2. P. 152–157. **IF = 1,108 (WoS)**

33. Буров В.А., Сергеев С.Н., Шуруп А.С., Щербина А.В. Томографическое восстановление характеристик дна мелкого моря // Акустический журнал. 2015. Т. 61. № 5. С. 583–595. **IF = 1,116 (WoS)**
34. Буров В.А., Сергеев С.Н., Шуруп А.С., Щербина А.В. Возможность восстановления параметров мелкого моря методами пассивной томографии по данным с донных гидрофонов // Известия РАН. Серия Физическая. 2015. Т.79. №12. С. 1682–1686. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
35. Буров В.А., Гринюк А.В., Кравченко В.Н., Муханов П.Ю., Сергеев С.Н., Шуруп А.С. Выделение мод из шумового поля мелкого моря одиночными донными гидрофонами для целей пассивной томографии // Акустический журнал. 2014. Т. 60. № 6. С. 611–622. **IF = 1,116 (WoS)**
36. Гончаренко Б.И., Веденев А.И., Муханов П.Ю., Шуруп А.С. Экспериментальное исследование особенностей убывания акустического поля в мелком пресном водоеме при наличии свободной границы // Известия РАН. Серия физическая. 2019. Т.83. № 1. С. 96–98. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
37. Гончаренко Б.И., Веденев А.И., Шуруп А.С. Особенности распространения звукового сигнала в мелком пресном водоеме при разной глубине погружения источника звука // Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2019. № 5. С. 81–87. **IF = 0.536 (WoS)**
38. Корольков А.И., Князева К.С., Шуруп А.С. Теоретические и экспериментальные исследования корреляционных характеристик сигналов, отраженных вращающимся винтом // Акустический журнал. 2020. Т. 66. № 6. С. 681–689. **IF = 1,116 (WoS)**
39. Корольков А.И., Медведева Е.В., Шуруп А.С. Акустический метод обнаружения и идентификации винтовых летательных аппаратов // Известия РАН. Серия физическая. 2021. Т.85. № 1. С. 116–120. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
40. Корольков А.И., Князева К.С., Шуруп А.С. Акустическая локация на основе метода тройной корреляции // Известия РАН. Серия физическая. 2022. Т.86. № 1. С. 105–109. **IF = 0,547 (РИНЦ)**
41. Гончаренко Б.И., Павловский А.А., Шуруп А.С. Особенности формирования акустического поля воздушного источника в мелком водоеме с газонасыщенным слоем осадков // Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2022. №5. С. 84–90. **IF = 0,536 (WoS)**

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области акустики неоднородных сред, методов обработки акустических сигналов и полей, обратных задач излучения и рассеяния звука, включая задачи томографического типа, и имеют публикации по тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание учёной степени доктора физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой развиты новые методы акустической модовой томографии слоистых сред на основе строгих математических методов решения обратных задач с упрощенными требованиями на практическую реализацию сейсмогидроакустического мониторинга. Полученные в диссертационной работе результаты в области пассивной модовой томографии, использующей в качестве источника информации о среде естественные шумы, могут найти применение при акустическом мониторинге шельфовых зон мирового океана в том числе, при наличии ледового покрова. Разработанные методики прошли апробацию по данным серии экспериментов, проведенных при непосредственном участии соискателя, а также сторонними международными научными коллективами. Фундаментальный интерес представляют результаты применения математически строгих функционально-

аналитических методов решения обратных задач рассеяния при восстановлении акустических скалярных и векторных неоднородностей без привлечения итераций и дополнительных процедур регуляризации, учитывая при этом эффекты многоканального рассеяния мод. Проведенные исследования вносят существенный вклад в развитие томографических методов мониторинга геофизических сред в гидро- и сейсмоакустических приложениях.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов, а также в научно-исследовательских институтах для ознакомления с результатами и методами исследований по соответствующей тематике.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Учёт горизонтальной рефракции мод приводит к схеме томографического восстановления трехмерных океанических неоднородностей, содержащих течение и возмущение скорости звука, отличительной особенностью которой является слабая чувствительность к неизвестному смещению антенн в горизонтальной плоскости на расстояния вплоть до нескольких сотен метров.
2. Частотно-временной анализ функции взаимной корреляции естественного шумового поля океана, зарегистрированного в двух пространственно разнесенных точках, обеспечивает разделение сигналов гидроакустических мод, соответствующих случаю излучения и приема этих мод в точках наблюдения.
3. Функция взаимной корреляции шумового поля, рассматриваемая только для положительных или отрицательных временных задержек, содержит информацию о фазе функции Грина и позволяет оценить критические частоты волноводных мод.
4. Использование комбинированных приемных модулей, содержащих векторные приемники, позволяет реализовать методы пассивной томографии в случае анизотропного шумового поля.
5. Выделение сигналов отдельных мод, распространяющихся в системе «ледовый покров – водный слой – упругое полупространство», по данным с сейсмоприемников, расположенных на поверхности льда, приводит к схеме сейсмоакустической томографии параметров ледового покрова, водного слоя и дна. Перспективная томографическая схема восстановления рассматриваемой геофизической среды основана на использовании полосчатого базиса.
6. Пространственная корреляционная обработка фонового сейсмоакустического шума обеспечивает реализацию схемы пассивной сейсмоакустической томографии Гавайского архипелага по данным с донных сейсмоприемников, разнесенных на расстояния до 900 км, расположенных на глубине около 5 км. Разработанный метод позволяет сократить время проведения натурного эксперимента по сравнению с полуактивными подходами, использующими сигналы от землетрясений.
7. Совместное восстановление скалярно-векторных акустических неоднородностей, описывающих возмущения скорости звука, поглощения, и векторного поля течений, по данным от квазиточечных преобразователей возможно двумерным функционально-аналитическим алгоритмом, не требующим ни линеаризации модели, ни итераций для уточнения оценок рассеивателей, ни дополнительных процедур регуляризации.
8. Многоканальный вариант функционально-аналитического алгоритма, исследованный в диссертационной работе, дает решение задачи модовой неадиабатической томографии океана. При этом учет многоканального рассеяния мод позволяет дополнительно увеличить по сравнению с адиабатическим случаем объем исходных данных для восстановления трехмерных рассеивателей.

На заседании 23 июня 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Шурупу Андрею Сергеевичу учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **18** человек, из них **5** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **22** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — **18**, «против» — **нет**, недействительных бюллетеней — **нет**.

Председатель
диссертационного совета МГУ 013.6
доктор физико-математических наук,
профессор

Салецкий Александр Михайлович

Учёный секретарь
диссертационного совета МГУ 013.6
доктор физико-математических наук,
доцент

Косарева Ольга Григорьевна

Дата оформления заключения: 23 июня 2023 года.