

Утверждаю
Директор ИФЗ РАН
Чл.-корр. РАН

С.А. Тихоцкий
«01» _____ 2019 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук
на диссертационную работу Калининой Веры Игоревны
«РЕКОНСТРУКЦИЯ СТРУКТУРЫ МОРСКОГО ДНА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГЕРЕНТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ
ИМПУЛЬСОВ»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности:
01.04.06 – Акустика

Диссертационная работа В.И. Калининой посвящена разработке методов и исследованию возможностей решения задачи реконструкции параметров морского дна при использовании в качестве зондирующих сигналов широкополосных акустических импульсов, обладающих высокой степенью взаимной когерентности.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, содержащего основные результаты диссертации, а также списка литературы. Рукопись содержит 159 страниц текста, 67 рисунков и 8 таблиц. Список литературы насчитывает 130 наименований (список пронумерован), включая 34 публикации автора по теме диссертации. Диссертация написана в хорошем стиле, понятным языком.

Введение диссертации состоит из 19 стр., и в нем представлены рубрики, в которых согласно требованиям ВАК обсуждаются вопросы

актуальности работы, цели и задачи, новизна, вклад автора и другие важные показатели научной работы. Здесь представлено два защищаемых положения. Защищаемые положения в целом удовлетворяют требованиям ВАК о новизне и обоснованности фактическим материалом. По теме диссертации опубликовано 34 печатные работы, из которых 11 в рецензируемых изданиях ВАК КР. Различные разделы диссертации докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Заявленными целями исследования являются разработка физических основ и исследование возможностей реконструкции параметров морского дна при использовании в качестве источников зондирующих сигналов когерентных акустических излучателей, в частности:

1) развитие физических и численных моделей формирования когерентных сложных акустических импульсов, рассеянных в упругом слоистом дне, с учетом донной и поверхностной реверберации;

2) разработка алгоритмов реконструкции геоакустических параметров морского дна при его зондировании когерентными акустическими импульсами;

3) анализ статистических характеристик и устойчивости к шумам и помехам оценок геоакустических параметров пород морского дна путем численного стохастического моделирования и при проведении лабораторных и натурных экспериментов.

Результаты выполненных исследований отражены в двух защищаемых положениях, которые относятся к специальности «Акустика» (специальность 01.04.06).

Содержание исследований по заявленным направлениям отражены в трех главах диссертации. *Первая глава* посвящена постановке задачи и развитию модели формирования сложных акустических импульсных сигналов в море в результате рассеяния в слоистом дне, учитывающая случайные неоднородности рельефа дна и наличие ветрового волнения.

Также в первой главе описываются условия применимости развитой геометроакустической модели формирования отраженных сигналов, приводится описание разрабатываемой модели реверберационных помех и обсуждается влияние аддитивных шумов, наблюдаемых при зондировании морского дна когерентными акустическими импульсами. Выводы к главе отражают применимость разрабатываемой модели, а так же возможности, которые дает разработанный для поставленной задачи программный комплекс. Результаты исследований, представленные в этой главе, опубликованы в работе [Лазарев, Малеханов, Мерклин, Романова, Таланов, Хилько, 2010; Калинина, Смирнов, Малеханов, Хилько, 2017].

Вторая глава посвящена разработке алгоритмов реконструкции геоакустических параметров морского дна и исследованию их устойчивости к шумам и помехам при когерентном зондировании. В качестве искомым параметров слоя при решении обратной задачи реконструкции оцениваются его толщина, плотность, продольная и поперечная скорости грунта. Здесь приводится схема и описание алгоритма послойной реконструкции структуры морского дна при когерентном акустическом зондировании и выражения для функционалов невязки, используемых при реконструкции параметров слоистого дна. В ней так же приводится анализ решения обратной задачи по реконструкции параметров донных слоев на примере импульсного зондирования верхних осадочных слоев и проводится сравнительный анализ робастности реконструкции параметров упругих донных слоев при использовании различных функционалов невязки. Результаты исследований, представленные в этой главе, опубликованы в работах [Гринюк, Кравченко, Лазарев, Малеханов, Петухов, Романова, Хилько, 2013; Хоботов, Хилько, Романова, 2013; Калинина, Смирнов, Хилько, 2017; Смирнов, Калинина, Хилько, 2018; Смирнов, Калинина, Хилько, 2018; Калинина, Смирнов, Хилько, Курин, Хилько, 2019]. Второе защищаемое положение отвечает содержанию этой главы.

В *третьей главе* обсуждаются результаты экспериментальной апробации метода когерентной реконструкции структуры морского дна в условиях физического моделирования в бассейне и в морских условиях в Каспийском и Черном морях. По каждому из указанных экспериментов приводится описание условий и оборудования, а так же обработка полученных экспериментальных данных. Результаты исследований, представленные в этой главе, опубликованы в работах [Лазарев, Малеханов, Мерклин, Романова, Стромков, Таланов, Хилько, 2012; Лазарев, Малеханов, Мерклин, Романова, Таланов, Хилько, 2013; Калинина, Малеханов, Мерклин, Таланов, Хилько, 2015; Уваров, Калинина, Хилько, Курин, Хилько, 2018]. Первое защищаемое положение отвечает содержанию этой главы.

Заключаем, что все защищаемые положения диссертации подкреплены фактическим материалом.

Актуальность темы выполненной работы связана с развитием методов реконструкции структуры морского дна в целях повышения пространственного разрешения при зондировании морского дна и расширения круга различных задач, связанных с исследованием структуры дна на основе использования преимуществ когерентной обработки.

Научная значимость результатов диссертационных исследований, полученных соискателем, связана с решением фундаментальных научных проблем в области реконструкции структуры морского дна при использовании когерентных источников.

В результате исследований особенности полученного поля деформаций:

- 1) показано, что использование когерентных акустических источников дает возможность реконструкции параметров морского дна при существенном (на несколько порядков) уменьшении амплитуд излучаемых акустических сигналов по сравнению с использованием источников взрывного типа;

- 2) разработана модель формирования акустических импульсов, принимаемых в водном слое в результате рассеяния в упругом слоистом дне, учитывающая случайные неоднородности рельефа дна и наличие ветрового волнения, позволяющая корректно определять пороги уровней шумов при реконструкции параметров дна;
- 3) разработан итерационный алгоритм послойной реконструкции геоакустических параметров морского дна, характеристики которого (дисперсия и сходимости к истинным значениям параметров) исследованы методом стохастического моделирования;
- 4) экспериментально апробирован алгоритм оценки параметров морского дна с использованием когерентных акустических зондирующих импульсов в условиях физического моделирования и в натуральных условиях мелководных районов Каспийского и Черного морей.

Практическая значимость работы

Результаты диссертации имеют значительную практическую значимость для приложений в области морской геоакустики, сейсморазведки морских месторождений и при проведении морских инженерных работ. Они могут быть рекомендованы к практическому использованию в организациях, выполняющих исследования и разработки в указанных областях, включая ФГБУН «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук», ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики Российской академии наук», ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук», ОА «Акустический институт им. академика Н.Н. Андреева», ФГБУН «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук», Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, ФГАОУВО «Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина», ФГБОУВО «Московский государственный

университет имени М.В. Ломоносова», АО «Концерн «Океанприбор».

Замечания по работе

Замечания по работе не носят существенного характера, но Вере Игоревне Калининой следует на них обратить внимание в следующих своих научных исследованиях.

Не очень удачно оформлен список литературы, поскольку работы соискателя вынесены в отдельный, но не озаглавленный список. Таким образом, создается впечатление, что часть ссылок идет в алфавитном порядке, а часть - нет. Аккуратнее было бы либо включить все источники в единый список, либо выделить публикации соискателя в отдельный озаглавленный перечень.

К сожалению, качество некоторых иллюстративных материалов низкое: изображения смазаны и искажены; содержится некоторое количество графических артефактов; шрифты подписей на рисунках разные и деформированные. На некоторых рисунках, например, 1.8 и 2.13, отсутствует легенда, что делает невозможным анализ приведенных данных.

Текст диссертационной работы содержит опечатки, например, зачастую отсутствуют пробелы между сокращением «рис.» и номером рисунка, также отсутствуют пробелы при использовании тире (стр. 4). В диссертации при оформлении формул используется курсив, в то время как символы греческого алфавита стоит писать прямым шрифтом.

На стр. 99 приведено:

«Измерительный комплекс (рис. 3.1) включал в себя следующие элементы: 1 – регистратор принятых сигналов, 2 – усилитель, 3 – ванна из

нержавеющей стали с размерами 2.97 x 0.8 x 0.71 м, 4 – водный слой толщиной 33 см, 5 – пластина из оргстекла, 6 – координатное устройство, 7 – каретка гидрофона, 8 – каретка излучателя, 9 – генератор сигналов, 10 – усилитель мощности, 11 – излучатель, 12 – гидрофон. Подсистемой излучения формировались акустические ЛЧМ импульсы в полосе частот от 25 кГц до 3 МГц, длительностью от 10-3 до 0.1 сек. Источник акустических сигналов и приемная система располагались на глубинах от 30 до 2 см. Расстояния между ними менялись с помощью сканирующего устройства от 20 мм до 660 мм» — использование в одном абзаце сразу трех единиц измерения одной и той же величины: «мм, см, м» не выглядит обоснованным и затрудняет восприятие.

Не лишена работа и стилистических ошибок, например, вместо слова «толщина» в контексте слоистой среды стоит использовать термин «мощность». Не корректно называть импульсные источники взрывными, поскольку во многих из них используются невзрывные принципы. На стр. 7 говорится об «указанных работах», а ссылка приведена одна. На стр. 13 говорится: «показано, что использование когерентных акустических источников дает возможность реконструкции параметров морского дна при существенном (на несколько порядков) уменьшении амплитуд излучаемых акустических сигналов по сравнению с использованием источников взрывного типа», при этом под несколькими понимается всего два (что достаточно много, но так и следовало написать). В указанном контексте термин «порядок» используется корректно, в отличие от текста, например, на стр. 112: «Показано, что в конкретной установке для физического моделирования и при используемых алгоритмах точность реконструкции донного слоя плексигласа составила для плотности и скорости поперечной волны величину порядка 3-4%, а для скорости продольной волны и толщины плексигласа - порядка 2-3% (относительно значений параметров, взятых из

справочника)» или на стр. 137: «При проведении испытаний дул ветер со скоростью порядка 3 м/с». Здесь речь о порядках не идет, поэтому стоило использовать слово «около». На стр. 31 приведено: «Другой особенностью является то, что поле, отраженное верхней границей первого донного слоя, зависит только от параметров этого верхнего слоя. Кроме этого, заметим, что поле, отраженное верхней границей второго донного слоя, зависит только от параметров первых двух слоев», возможно, не удачно подобран термин «отраженное поле».

На стр. 4 указано, что «использование мощных источников взрывного типа связано с необходимостью применения громоздкого оборудования и крупнотоннажных судов». Это требует дополнительных пояснений.

Существенную часть работы представляет численное моделирование. Стоило более подробно описать метод стохастического моделирования и о разработанных программах расчета акустических сигналов, о которых говорится на стр. 44. Неясно, что имеется в виду на стр. 96: «На примере алгоритма восстановления параметров двух донных слоев установлено, что итерационные последовательности для всех донных параметров сходятся с высокой вероятностью».

Смущает, что целей было три, защищаемых положений два, а полученных результатов пять. При таком количестве новых результатов, о которых говорится, защищаемых положений могло быть больше. Кроме того, есть вопросы к формулировке защищаемых положений. Например, первое: «Для решения современных задач морской сейсморазведки и учета экологических требований при проведении инженерных работ, альтернативой использованию источников взрывного типа является применение когерентных широкополосных излучателей...». В такой формулировке защищаемого положения стоило добавить, что

когерентные источники не просто альтернатива, а превосходящая по определенным качествам.

Сделанные здесь замечания не меняют сути работы, не подвергают сомнению сформулированные в диссертации защищаемые положения, а в большей степени относятся к интерпретации полученных результатов.

В заключение отметим, что диссертационная работа В.И. Калининой является завершенным исследованием, оформленным в соответствии с требованием ВАК и выполненным на высоком научном уровне. Приведенные в работе результаты следует определить, как новые, обоснованные и имеющие практическое и научное значение. Диссертация написана грамотно и хорошо изложена и оформлена. В своей диссертации В.И. Калинина продемонстрировала высокий уровень знания специальных вопросов акустики, сейсмологии и программирования, а также свое умение использовать эти знания для решения конкретных научных проблем.

В автореферате диссертации в достаточной для понимания форме изложено содержание всех глав диссертации.

Работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Вера Игоревна Калинина, заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.06 – акустика.

Отзыв подготовили:

Заведующий лабораторией фундаментальных проблем экологической геофизики и вулканологии (703) ИФЗ РАН, член-корреспондент РАН, профессор РАН


А.Л. Собисевич

Заведующий лабораторией гравиинерциальных измерений (601)
ИФЗ РАН, доктор технических наук, профессор



В.Н. Конешов

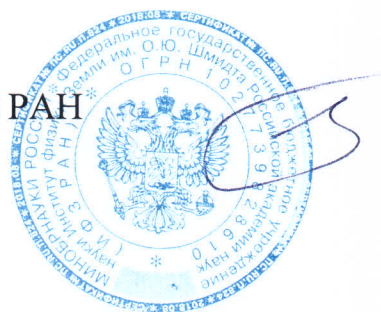
Диссертация В.И. Калининой обсуждалась на совместном семинаре лаборатории гравиинерциальных измерений (601) и лаборатории фундаментальных проблем экологической геофизики и вулканологии (703) ИФЗ РАН, на котором был заслушан доклад Калининой В.И. и обсуждена представленная диссертация (протокол от 15.10.2019). Отзыв одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (сокращенное название – ИФЗ РАН), адрес: Российская Федерация, 123242 г. Москва, ул. Большая Грузинская, 10 строение 1, e-mail: direction@ifz.ru, тел: +7 (499) 766-2656, факс: +7 (499) 766-2654

Подписи зав. лабораторией 703 ИФЗ РАН чл.-корр. РАН А.Л. Собисевича и зав. лабораторией 601 ИФЗ РАН д.т.н. В.Н. Конешова заверяю.

Ученый секретарь ИФЗ РАН



В.В. Погорелов