

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук  
**Куличкова Сергея Николаевича**  
на диссертацию **Чупина Владимира Александровича,**  
**«Трансформация волновых процессов искусственного и природного**  
**происхождения в зоне перехода геосфер»,**  
Представленную на соискание ученой степени доктора физико-  
математических наук по специальности 1.3.7 – Акустика

Диссертация Чупина В.А. посвящена исследованию трансформации волновых процессов различной природы, генерируемых в одной геосфере (атмосфера, океан, земля) и распространяющихся в соседнюю геосферу. Исследуется применение акустических методов в разных практических областях.

Актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью более глубокого понимания процессов взаимодействия волновых процессов между отдельными геосферами, что имеет критическое значение для решения ряда ключевых задач современной науки и технологий.

Волны, возникающие в одной природной среде, трансформируются в переходных зонах в другие среды, и это взаимодействие зависит от множества факторов, таких как характеристики самих сред, длины волн, структура морского дна, метеорологические условия и особенности береговой полосы.

Эти процессы влияют на точность прогнозирования и моделирования природных и антропогенных явлений, включая сейсмические события, цунами и другие опасные природные явления.

В условиях актуальности задач обеспечения национальной безопасности, освоения и защиты природных ресурсов, а также разработки новых методов для мониторинга экосистем и прогнозирования природных катастроф, важно исследовать трансформацию волновых процессов в геосферах и их переходных зонах. В частности, использование современных

лазерно-интерференционных методов в изучении волновых процессов, происходящих в шельфовых зонах морей, представляет собой перспективный и высокотехнологичный подход.

Кроме того, комплексное исследование волновых процессов может значительно улучшить методы и средства прогнозирования, повысить безопасность морских и прибрежных операций, а также создать новые возможности для разработки эффективных решений в таких областях, как экология, геофизика и сейсмология. Таким образом, это исследование имеет не только теоретическую, но и практическую значимость для науки и практических применений, позволяя внедрять новые методы и технологии в задачи мониторинга и охраны окружающей среды, а также в исследования в области освоения природных ресурсов.

Диссертация В.А. Чупина состоит из Введения, пяти глав, Заключения.

Во **Введении** обоснована актуальность диссертационной работы, поставлена цель исследования, сформулированы решаемые задачи и основные защищаемые положения.

**Первая глава** посвящена описанию экспериментального приборного комплекса, в создании которого и применении во всех, проведенных в диссертационной работе, исследованиях автор принимал непосредственное участие.

Комплекс включает в себя пространственно-разнесенную систему береговых лазерных деформографов и низкочастотные гидроакустические излучающие системы.

Основными измерительными устройствами комплекса являются стационарный двухкоординатный и мобильный лазерные деформографы, построенные на основе неравноплечего интерферометра Майкельсона.

Деформографы обеспечивают высокочувствительную регистрацию микродеформаций земной коры в широком частотном диапазоне.

Применение такого комплекса позволило проводить исследования амплитудной модуляции распространяемых гидроакустических сигналов.

Приводятся характеристики и методики эффективного применения низкочастотных гидроакустических излучающих систем с электромеханическим преобразователем, работающие на частотах 22 и 33 Гц, использующихся для исследования распространения и трансформации акустических сигналов без необходимости применения крупногабаритных судов.

Результаты применения гидроакустических излучателей позволили получить большинство экспериментальных результатов в зоне контакта различных геосфер.

**Вторая глава** посвящена исследованию трансформации гидроакустических волн в сейсмоакустические волны на границе океан-земная среда проведенных по результатам уникальных экспериментальных работ.

В начале главы делается обзор предварительных имеющихся результатов. В первой части главы рассматриваются особенности распространения низкочастотных гидроакустических волн на морском шельфе с убывающей глубиной и их последующая трансформация в сейсмоакустические волны.

Выполненные экспериментальные исследования включали измерение плотности энергии тонального гидроакустического излучения в различных точках акватории.

На основании собранных данных построены вертикальные профили распределения гидроакустического давления на разных частотах излучения.

В результате комплексных измерений исследован процесс преобразования гидроакустического сигнала в сейсмические волны поверхностного типа.

Полученные результаты позволили сделать выводы о закономерностях распространения гидроакустических волн различных частот и о количестве акустической энергии, переходящей в энергию сейсмических волн.

Во второй части главы представлены исследования сезонной изменчивости процесса трансформации энергии гидроакустических волн на границе геосфер.

Описаны эксперименты, проведенные автором в разное время года в одной и той же акватории.

Анализ данных, зарегистрированных береговым измерительным комплексом, выявил значительную зависимость трансформации энергии гидроакустического излучения в сейсмическое от сезонных факторов.

**Третья глава** посвящена исследованию особенностей регистрации сейсмоакустических сигналов, генерируемых различными гидроакустическими источниками, с использованием двухкоординатного лазерного деформографа и расширением возможностей измерительного комплекса за счет пространственно-разнесенных измерительных станций.

Продемонстрирована возможность определения пеленга конкретного судна на значительном удалении от береговой линии.

Приведены результаты определения направления на источник излучения с учетом различных особенностей распространения гидроакустических колебаний от источника до лазерного деформографа.

Применение пространственно-разнесенного измерительного комплекса с использованием разнонаправленной измерительной системы позволило проанализировать разные методы регистрации, улучшить качество регистрации и анализа гидроакустических сигналов.

В экспериментах с буксируемым гидроакустическим излучателем были получены результаты по локализации его местоположения в акватории с использованием двухкоординатного лазерного деформографа.

Автором была установлена зависимость ошибки определения направления от пространственного положения осей деформографа. В результате подтверждена возможность регистрации и пространственного определения источников низкочастотного гидроакустического излучения с использованием береговых измерительных средств, что указывает на

перспективы расширения возможностей акустического мониторинга природных сред.

**Четвертая глава** посвящена разработке технологии томографии земной коры в шельфовой области моря, основанной на использовании низкочастотных гидроакустических излучателей и береговых лазерных деформографов.

В ходе исследования была определена единая методика проведения экспериментальных работ по томографии различных участков шельфа.

Автокорреляционная обработка принятого лазерным деформографом сигнала позволила определить время прихода отражений от различных структурных слоев морского дна.

В результате применения и развития такой методики были определены вероятные пути прохождения акустических сигналов с учетом региональных геологических особенностей мест проведения экспериментов.

Приведено несколько реализаций метода томографии как на открытых водах, так и на акваториях, покрытых льдом. Для каждой реализации выполнена интерпретация участков морского дна вдоль трасс распространения акустического сигнала с учетом скорости прохождения откликов.

Также представлены результаты реализации томографического метода с применением буксируемого источника излучения.

В ходе эксперимента судно перемещалось по различным траекториям — приближаясь и удаляясь от берегового приемника сигнала, а также двигаясь по круговой траектории с постоянным расстоянием до приемной системы.

В первой части эксперимента уточнен разрез морского дна в районе бухты Витязь вдоль трассы распространения излученного сигнала.

Во второй части эксперимента продемонстрирована возможность построения пространственной модели верхнего слоя земной коры морского дна.

**Пятая глава** посвящена анализу микросейсмических колебаний в области частот, характерном для инфразвуковых волн, связанных с тайфунами.

Рассматриваются общие характеристики тайфунов, включая их категории и особенности траекторий, при прохождении вблизи Приморского края.

Приведены новейшие результаты, связанные с регистрацией неизвестных ранее инфразвуковых микросейсмических колебаний.

Для демонстрации этого феномена представлены записи синхронных данных с различных измерительных приборов, дополненные анализом метеорологических параметров, зарегистрированных на полигоне наблюдений.

Первоначальные исследования показали, что микросейсмические колебания, фиксируемые в условиях воздействия тропических циклонов, не являются аномальными и могут регистрироваться лазерным деформографом в ряде других случаев.

Проведен анализ архивных данных, позволивший уточнить природу представленных микросейсмических сигналов и их связь с первичными и вторичными микросейсмами, а также с ветровыми условиями в регионе проведения экспериментов.

Установлена явная корреляция между микросейсмическими колебаниями, вызванными морскими волнами зыби, и отсутствием воздействия ветра.

Установлена зависимость диапазона частот микросейсм, которые характерны для, так называемого «голоса моря», наблюдаемого в акустических волнах, распространяющихся в атмосфере, от траекторий движения тропических циклонов.

Такие микросейсм мы будем далее называть микросейсмическим «голосом моря».

На основе этой зависимости выделены четыре группы тайфунов с характерными особенностями их влияния на микросейсмическую активность.

Применение двухкоординатного лазерного деформографа позволило локализовать области генерации «голоса моря» в прибрежных зонах Японского моря.

Указанные выше результаты диссертационного исследования полностью соответствуют положениям, вынесенным на защиту, и в полной мере раскрывают их содержание.

Все результаты обоснованы экспериментальными исследованиями.

В работе уделено значительное внимание обоснованию предлагаемых методов.

Результаты исследования были представлены на многочисленных российских и международных конференциях, посвященных геофизическим исследованиям и подводной акустике, и опубликованы в авторитетных отечественных и международных научных изданиях. Все это позволяет утверждать, что положения, вынесенные на защиту, обладают достаточной степенью обоснованности.

В отношении содержания диссертации Чупина В.А. можно отметить следующие замечания, которые можно отнести к разряду редакционных:

1. На мой взгляд, автор чрезмерно использует термин «геосферы», когда, наиболее целесообразным было бы использовать термины «природные среды», либо просто- атмосфера, океан, земная кора.

2. Целесообразным было бы также указать авторов лазерных деформографов, а не просто указывать номера публикаций в списке цитируемой литературы.

3. Непонятна фраза на С.45: «Возможно также **параметрическое воздействие данных волн на основные характеристики волн различных частот, распространяющихся в соседних геосферах.** Волновая энергия может переходить во внутреннюю энергию соседних геосфер».



Здесь необходимо разъяснить, что автор понимает под параметрическим воздействием?

4. Считаю не совсем удачным термин «микросейсмы «голос моря»».

Более правильным было бы использование термина «микросейсмы голоса моря».

5. Замечание, которое относится ко всем рисункам и, к сожалению, относящееся практически ко всем работам других авторов – не читаемые обозначения по осям координат (слишком маленький размер шрифта).

Несмотря на замечания, считаю, что в диссертации В.А. Чупина разработаны основы нового направления исследования природных сред, с использованием комплексного использования лазерных деформографов и перспективных гидроакустических излучателей в низкочастотном диапазоне частот.

Что имеет важное значение при реализации фундаментальных и прикладных задач акустики мелкого моря.

Диссертация является законченным научным исследованием, которое соответствует всем критериям, установленным требованиями «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.7 – Акустика.

Автореферат правильно передает содержание диссертации.

Официальный оппонент,  
главный научный сотрудник,  
советник директора ИФА им. А.М. Обухова РАН  
доктор физ.-мат. наук

С.Н. Куличков

Подпись С.Н. Куличкова заверяю  
ученый секретарь ИФА им. А.М. Обухова РАН  
кандидат географ. наук



Л.Д. Краснокутская