

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу 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.

Основоположниками изучения трансформации волновых процессов в зоне перехода геосфер (суша-море, море-атмосфера, атмосфера-суша) можно считать Хайма Лейба Пикереиса, Мориса Эвингема и других исследователей, впервые выявивших закономерности преобразования волн различных физических процессов на границах сред. Эти переходные зоны характеризуются сложным взаимодействием волн, обусловленным различием физических параметров геосфер. Например, в зоне «земля-море» акустические волны трансформируются в сейсмоакустические, а на границе «море-атмосфера» — в инфразвуковые колебания.

Трансформация волн зависит от множества факторов: глубины моря, рельефа дна, атмосферных условий и свойств излучающих источников. Важно отметить, что значительная часть энергии волны может теряться либо переходить в другие виды волн, что затрудняет анализ и прогнозирование процессов. Эти преобразования волн играют ключевую роль в мониторинге природных явлений, таких как цунами, тайфуны, а также в разработке методов акустического зондирования морского дна и контроля антропогенных источников звука.

Для описания этих процессов требуются сложные математические модели, учитывающие не только неоднородности среды, но и пространственно-временные эффекты, такие как рассеяние и рефракция. Проведение теоретических и экспериментальных исследований в этой области является актуальным, поскольку позволяет не только лучше понять процессы трансформации волн, но и создать эффективные технологии для их применения в экологии, геофизике и национальной безопасности.

Актуальность диссертационной работы Чупина Владимира Александровича обусловлена необходимостью глубокого понимания процессов взаимодействия волновых явлений между геосферами. Изучение трансформации волновых процессов, генерирующихся в одной геосфере и переходящих в другую через зоны взаимодействия, имеет ключевое значение для решения задач мониторинга природных и антропогенных явлений.

Использование современных лазерно-интерференционных методов в изучении процессов в шельфовых зонах морей подтверждает высокий научный и практический

потенциал темы. Эти исследования создают основу для разработки новых подходов в экологическом мониторинге, геофизике и сейсмологии.

Диссертационная работа соискателя состоит из введения, пяти подробных глав и заключения. Общий объем работы составляет 238 страниц. Список цитируемой литературы составляет 205 наименований.

Во **введении** автор обосновывает актуальность темы, формулирует цель и задачи исследования, а также выдвигает положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена созданию уникального экспериментального сейсмоакустико-гидрофизического комплекса, включающего лазерные деформографы и низкочастотные гидроакустические излучатели. Этот комплекс обеспечивает высокоточные измерения микродеформаций земной коры. А направленность компонент деформографов позволяет проводить дистанционные исследования процессов.

Во **второй главе** представлены исследования трансформации низкочастотных гидроакустических волн в сейсмоакустические на границе геосфер. Рассмотрены и экспериментально изучены особенности распространения гидроакустических волн на клиновидном шельфе. Получены результаты распределения акустической энергии в толще воды и количество ее трансформации в энергию поверхностных сейсмических волн. Автором выявлена сезонная изменчивость коэффициента трансформации акустических волн на границе вода-морское дно.

Третья глава посвящена регистрации сигналов, генерируемых гидроакустическими источниками, и возможности их пространственного определения с помощью береговых лазерных деформографов. Различные модификации лазерных деформографов позволили выполнить пространственную селекцию источников гидроакустического излучения и допустимой погрешностью определить направление их местонахождения.

Четвертая глава описывает разработку технологии акустической томографии морского дна, позволяющей исследовать структуру морского дна шельфовых зон. Было выполнено огромное количество сложнейших экспериментов на различных акваториях Японского моря, как с использованием маломерных судов, так и с поверхности морского льда. Получены результаты моделей земной коры по трассам излучения и показана перспективная возможность строить пространственную модель земной коры.

В **пятой главе** анализируются уникальные инфразвуковые микросейсмические колебания "голоса моря", и их связь с тропическими циклонами. Представлены уникальные результаты локализации зон генерации обнаруженных микросейсм с использованием приборной базы сейсмоакустико-гидрофизического комплекса.

Научная новизна работы подтверждается следующими результатами:

1. Внедрен уникальный сейсмоакустико-гидрофизический комплекс для изучения волновых процессов на границе геосфер.
2. Показана возможность мониторинга источников гидроакустического излучения методом амплитудной модуляции с использованием лазерных деформографов.
3. Впервые зарегистрированы и исследованы микросейсмические сигналы "голос моря" в диапазоне 6–11 Гц, связанные с воздействием тропических циклонов.
4. Разработана методология акустической томографии, позволяющая исследовать структуру морского дна в шельфовых зонах и под ледовым покровом без его разрушения.

Практическая значимость

Практическая значимость полученных результатов заключается в их широком применении для решения актуальных научных и прикладных задач, связанных с изучением и мониторингом природных процессов. Выявленные закономерности трансформации низкочастотных гидроакустических волн на границах геосфер обеспечивают основу для разработки новых методов мониторинга природных процессов, таких как сейсмоакустические явления в прибрежных зонах. Разработанный способ томографии предоставляет уникальную возможность получать точные данные о составе и параметрах земной коры, что может быть использовано при проектировании инженерных сооружений, поиске полезных ископаемых и оценке геологических рисков. Обнаружение и изучение микросейсмических колебаний «голос моря» имеет важное значение для мониторинга и прогнозирования тропических циклонов. Полученные результаты вносят значительный вклад в развитие геофизических исследований, мониторинг окружающей среды и повышение безопасности морских и прибрежных регионов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов, защищаемых положений и выводов подтверждаются многолетними экспериментальными исследованиями и согласованностью численных и экспериментальных данных. Автор самостоятельно и в соавторстве опубликовал 50 работ, включая 34 статьи в рецензируемых журналах, большинство из которых индексируются в международных базах данных Scopus и Web of Science, что свидетельствует о высоком уровне научной проработки темы. Результаты диссертационной работы в полной мере отражены в публикациях автора с коллегами, а автореферат диссертации соответствует содержанию работы.

В качестве замечаний можно указать следующее:

1. Диссертантом проводятся экспериментальные исследования двумя лазерными деформографами, которые имеют измерительные плечи с длинами 52.5 м и 17.5

м. С чем связан такой выбор. Необходимо ли учитывать географическое положение и геологию местности.

2. Приводится система, состоящая из двух лазерных деформографов, установленными на научном стационаре ТОИ ДВО РАН, на побережье Японского моря «м. Шульца». Каким образом по двум точкам регистрации точно определяется местоположение и источник сигнала. Очевидно, что необходимо три точки регистрации, расположенные не на одной прямой.
3. Каким образом производится точная синхронизация по времени двух независимых систем регистрации. Очевидно, что при проводимых измерениях необходима высочайшая синхронность.
4. В диссертации почти во всех главах производится расчет расстояния источника. Считаю, что для точной оценки необходимо учитывать длину рельефа, т.е. расстояние разреза «море-дно». Каким образом проводился данный расчет

Также следует отметить некоторые недочеты в оформлении диссертации. В процессе прочтения были выявлены отдельные опечатки, которые требуют исправления для улучшения общего восприятия текста. Кроме того, расположение ряда рисунков не всегда соответствует их последовательному упоминанию в тексте, что может затруднить чтение и понимание материала.

Отмеченные недостатки не затрагивают основного содержания работы и не снижают общую высокую оценку диссертации. Диссертационное исследование Владимира Александровича Чупина «Трансформация волновых процессов искусственного и природного происхождения в зоне перехода геосфер» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком уровне. Работа обладает высокой научной новизной и практической значимостью, что делает ее важным вкладом в развитие современной акустики. Диссертационная работа соискателя соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Считаю, что автор диссертационной работы безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.7 – акустика.

Директор Специального конструкторского бюро
средств автоматизации морских исследований
ДВО РАН, д-р физ. -мат. наук, чл.-корр. РАН

Подпись Зайцева Андрея Ивановича заверяю.
Ученый секретарь СКБ САМИ ДВО РАН

Шабалинова



А.И. Зайцев