

## ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Долгих Станислава Григорьевича «Лазерно-интерференционный комплекс для исследований геосферных процессов переходных зон», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

**Актуальность исследований.** Диссертационная работа С.Г. Долгих направлена на решение важной научно-технической проблемы – создания аппаратного комплекса, позволяющего изучать закономерности возникновения, развития и трансформации геосферных процессов и явлений широкого диапазона частот в системе «атмосфера-гидросфера-литосфера» в широком диапазоне частот на уровне фона. Необходимость в развитии новых, современных измерительных комплексов и новых методов регистрации обуславливает актуальность настоящей работы. Отличительной особенностью диссертационного исследования является создание аппаратного комплекса способного проводить измерения колебаний и волн в системе «атмосфера-гидросфера-литосфера».

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, изложена на 275 страницах. Список литературы содержит 243 источника и включает значительное число современных научных работ за последние десятилетия по теме исследования.

**Во введении** приводится описание объекта и предмета исследования, сформулированы тема диссертационной работы, последовательно приведено: актуальность, цели и задачи исследований, научная новизна, сформулированы защищаемые положения, приведена обоснованность и практическая значимость результатов, и апробация работы.

**В первой главе** описываются лазерно-интерференционные приборы для измерения основных параметров системы «атмосфера-гидросфера-литосфера» и проводится постановка задачи исследования. Показано, что изучение процессов, возникающих в атмосфере, гидросфере или литосфере, проводится с помощью различных установок и приборов, и что их большая часть имеет ряд недостатков, не позволяющих проводить качественные измерения на высоком уровне. С целью ликвидации этих недостатков необходимо создать измерительные системы, построенные на новых физических принципах, к которым, в первую очередь, относятся лазерно-интерференционные методы регистрации колебаний и волн широкого диапазона частот в литосфере, гидросфере и атмосфере. Раскрыта необходимость создания комплексов, состоящих из установок,

разработанных на одних и тех же принципах. Учитывая высокие технические параметры лазерных деформографов, лазерных нанобарографов и лазерных измерителей вариаций гидросферного давления сформулирована задача по созданию таких комплексов, объединённых в единую сеть с вспомогательными установками, с обязательной разработкой методики проводимых измерений и разработкой соответствующего математического аппарата, направленного на оперативный сбор информации и обработку полученных экспериментальных данных с последующей интерпретацией полученных результатов обработки.

**Во второй главе** описываются лазерно-интерференционные комплексы для измерения вариаций деформаций земной коры, микроколебаний атмосферного и гидросферного давлений инфразвукового и звукового диапазонов. С использованием современных лазерно-интерференционных методов были созданы приборы, позволяющие проводить измерения в атмосфере, литосфере, гидросфере на уровне фона. На основе этих приборов были созданы два лазерноинтерференционных комплекса, расположенные на берегах Японского моря и Охотского моря. Приводится описание создания лазерноинтерференционного комплекса на «м. Шульца», в состав которого входят лазерные деформографы, лазерный нанобарограф, лазерные измерители вариаций давления гидросферы, лазерный гидрофон, метеостанция, широкополосный сейсмограф, GPS приемник TRIMBLE, гидрологические зонды, профилограф, гидроакустические и сейсмоакустический излучатели и другая аппаратура. Лазерные нанобарографы созданы на основе равноплечего интерферометра Майкельсона и входят в состав лазерно-интерференционного комплекса «м. Шульца» и лазерно-интерференционного комплекса «м. Свободный». Оба лазерных нанобарографа позволяют регистрировать вариации атмосферного давления в частотном диапазоне от 0 (условно) до 10 000 Гц с точностью 50 мкПа.

**В третьей главе** рассмотрены особенности применения лазерноинтерференционного комплекса в гидроакустических исследованиях. В ходе проведения экспериментальных работ с применением сейсмоакустического излучателя, лазерных деформографов, лазерного измерителя вариаций давления гидросферы было определено, что около 0.3 % энергии сейсмоакустических поверхностных волн переходит в энергию гидроакустических волн на частоте излучаемого сигнала. В процессе проведения цикла натуральных и модельных экспериментов установлено, что морские ветровые волны не оказывают модулирующего воздействия на распространяющиеся гидроакустические волны с частотами около 32, 245 и 321 Гц. Все модулирующее воздействие связано с «эффектом обработки», который обусловлен влиянием низкочастотной спектральной

составляющей на высокочастотную часть спектра в области излученного сигнала. Модулирующее воздействие на распространяющиеся гидроакустические волны оказывают более низкочастотные сейши. По полученному результату можно оценивать закономерности распространения более низкочастотных морских волн по шельфу убывающей глубины, например, для морских ветровых волн, короткопериодных внутренних морских волн. Для них также существуют глубины, при которых значительная доля их энергии трансформируется в энергию упругих колебаний верхнего слоя земной коры.

**В четвертой главе** анализируются возникновение, развитие и трансформация колебаний и волн ветрового и инфрагравитационного диапазонов. С целью исследования природы возникновения, развития и трансформации колебаний и волн ветрового и инфрагравитационного диапазонов были проанализированы экспериментальные данные приборов, входящих в состав лазерно-интерференционного комплекса. При анализе синхронных данных лазерного измерителя вариаций давления гидросферы, мобильного лазерного измерителя вариаций давления гидросферы и метеостанции было установлено, что по мере распространения по шельфу убывающей глубины ветровая волна при взаимодействии с дном теряет часть своей энергии (передает дну), что приводит к трансформации ее спектра, и энергия в нем перераспределяется в более высокочастотную область. Величины изменения зависят не только от длин ветровых волн и степени уменьшения глубины, но и от их амплитуд. Анализ синхронных экспериментальных данных лазерного нанобарографа и лазерных деформографов показал, что необходимо учитывать влияние вариаций атмосферного давления на уровень микродеформаций верхнего слоя земной коры. Так после вычета деформации земной коры, вызванной вариациями атмосферного давления, уверенно выделены сфероидальные колебания Земли в рассматриваемом диапазоне периодов, которые были «замаскированы» более мощными атмосферными процессами.

**В пятой главе** анализируются деформационные аномалии, сопутствующие возникновению цунами. Деформационный метод определения степени цунамигенности подводных землетрясений метод был апробирован на катастрофических цунами, произошедших после сильных землетрясений за последние двадцать лет. Установлено, что присутствие деформационного скачка в момент или после землетрясения свидетельствует о смещении дна, характерном при возникновении цунами. Для всех рассмотренных землетрясений были рассчитаны коэффициенты затухания данных смещений. Показано, что с помощью рассчитанных коэффициентов по данным лазерного деформографа можно не только определить относится ли землетрясение к цунамигенным, но и вычислить



величину смещения в очаге землетрясения. Учитывая то, что скорость распространения данных деформационных аномалий значительно больше скорости распространения цунами в океане/море, предложенный деформационный метод можно отнести к одним из самых перспективных дистанционных методов по определению степени цунамиопасности конкретных землетрясений. Деформационный метод определения степени цунамигенности подводных землетрясений является хорошим дополнением к существующим методам регистрации цунами ближнего зоны действия.

**В Заключении** тезисно изложены наиболее важные результаты исследований.

У меня нет принципиальных замечаний к данной работе. Наименее ясна первая глава работы. При объемном и качественном описании существующих измерительных систем не происходит четкого выделения их недостатков, однако далее предлагаются меры к их ликвидации посредством создания новых комплексов. Так же для работы на технические науки термин «высокая точность» следует превращать в величину.

Незначительные замечания и замечания дискуссионного характера:

1. Неудачно использован термин «стоячие ветровые волны», необходимо было его раскрыть.
2. В работе присутствует путаница в классификации морского волнения в зависимости от периода. Диапазоном периодов ветровых волн принято считать 2-6 с, после которого идет диапазон волн зыби до 15 с и далее диапазон инфрагравитационных волн различной природы, в который могут попадать краевые волны и короткопериодные сейши малых акваторий.
3. Волновые процессы в диссертации описаны как правило в секундах, тогда как измеряемые диапазоны комплексов в герцах. В ряде случаев это затрудняет прямое понимание и сопоставление измеряемых параметров с исследуемыми процессами, особенно в главе 4.
4. Не раскрыто определение «инфрагравитационные волны не морского происхождения».

В работе автором было выполнено большое число натурных экспериментов. Полученные результаты физически непротиворечивы, что говорит о достоверности полученных в работе результатов. Обоснованность результатов, выдвинутых С.Г. Долгих основывается на согласованности данных эксперимента с научными выводами.

Автором опубликовано большое количество научных работ по теме исследования в изданиях, рекомендованных ВАК и входящих в международные базы цитирования, а результаты исследований доложены на конференциях международного уровня, что говорит о серьезной апробации работы. Основные результаты, изложенные в

диссертационной работе, опубликованы в 51 научном труде. Автореферат в полной мере отражает суть проведенного исследования, а также показывает, что диссертация является полноценной научной работой, выполненной на высоком уровне. Диссертационная работа С.Г. Долгих в своей сути открывает новое научное направление исследования физики процессов взаимодействия в системе «атмосфера-гидросфера-литосфера» на новом, прецизионном уровне. Высокая практическая значимость работы не вызывает сомнений.

**Представленная к защите диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, для учёной степени доктора наук, а ее автор, Станислав Григорьевич Долгих заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.**

Я, Ковалев Дмитрий Петрович, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

#### **Официальный оппонент**

Ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории волновой динамики и прибрежных течений,  
заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук

доктор физико-математических наук

20 апреля 2022 года



Ковалев Дмитрий Петрович

Адрес: 693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 16

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН)

Тел.: 8(4242)733735

Email: d.kovalev@imgg.ru

Подпись Д.П. Ковалева заверяю:

ученый секретарь ИМГиГ ДВО РАН

к.б.н. А.В. Кордюков

