



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Дальневосточного федерального
университета

А.В. Емельянов

« 19 » мая 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ)

на диссертационную работу Болсуновского Михаила Алексеевича

«Геосферное взаимодействие в инфразвуковом диапазоне»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности

1.6.17 – Океанология

Актуальность темы работы. Диссертационная работа посвящена исследованию процессов геосферного и межгеосферного взаимодействия в инфразвуковом диапазоне, а также анализу воздействия природных явлений – как катастрофических, так и фоновых (не катастрофических) – на геосферы Земли. Гидросфера, атмосфера и литосфера испытывают значительные возмущения, обусловленные катастрофическими процессами, зарождающимися в одной из геосфер. Возникающие при этом изменения оказывают прямое или опосредованное влияние на жизнедеятельность человека и состояние окружающей среды, что обуславливает высокую актуальность исследований в данной области. Ключевое значение при изучении природных процессов приобретает идентификация источника (первопричины) регистрируемых возмущений, что позволяет раскрыть механизмы их генерации и характер взаимодействия геосфер.

В настоящей работе проведён анализ геосферных процессов, инициированных как катастрофическим природным событием – извержением вулкана, так и не катастрофическими явлениями, наблюдаемыми в атмосфере и гидросфере. Полученные результаты базируются на данных комплекса измерительных систем, обеспечивающих непрерывный мониторинг состояния гидросферы, атмосферы и литосферы. В состав этого комплекса вошли:

станции глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в акватории Тихого океана и на территории Приморского края (Российская Федерация); лазерный нанобарограф и лазерные деформографы, развернутые на базе морской экспериментальной станции «мыс Шульца»; а также сеть морских уровнемерных станций в Тихом океане и Японском море.

Научная новизна. В диссертационной работе представлены результаты анализа мощного взрывного извержения вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай, произошедшего 15 января 2022 года. По энергетике данное событие сопоставимо с катастрофическим взрывным извержением вулкана Кракатау в 1883 году. Благодаря применению комплекса разнородных измерительных систем, удалось получить данные не об отдельно взятой геосфере, а о характере межгеосферного взаимодействия.

На основе совместного анализа данных ГНСС, лазерного нанобарографа, лазерных деформографов и морских уровнемерных станций установлено, что зарегистрированные после извержения колебания водной поверхности и деформации земной коры обусловлены мощным атмосферным импульсом, сгенерированным взрывом вулкана.

Кроме того, в ходе совместной обработки данных морских уровнемерных станций и ГНСС-данных о состоянии ионосферы обнаружены гидросферные и ионосферные колебания с совпадающими значениями периодов в интервалах наблюдений, характеризующихся отсутствием выраженных внешних воздействий («спокойные» интервалы). Данный факт позволил идентифицировать первоисточник указанных колебаний, локализованный в атмосфере Земли.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость работы заключается в углублении существующих представлений о физических закономерностях, определяющих геосферные процессы и межгеосферное взаимодействие в инфразвуковом диапазоне.

Практическая значимость исследования обусловлена возможностью прогнозирования и минимизации последствий катастрофических природных и антропогенных явлений на основе анализа геосферных процессов. Полученные в работе результаты способствуют формированию комплексного понимания характера взаимодействия между геосферами и могут быть использованы при разработке моделей оценки последствий природных катастроф различного генезиса. Кроме того, представленные в диссертации методы и комплексный подход к проведению междисциплинарных исследований позволяют выработать эффективный алгоритм обработки

разнородных экспериментальных данных, что повышает достоверность интерпретации геосферных возмущений.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 101 страницу, включая 64 рисунка и 5 таблиц. Библиографический список насчитывает 99 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность темы, охарактеризована степень её разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, а также положения, выносимые на защиту. Дополнительно приведены сведения о степени достоверности результатов, апробации работы, публикациях и личном вкладе автора. Каждый из разделов введения в полной мере раскрывает содержание диссертации и отражает её достоинства.

В главе 1 представлено подробное описание оборудования, используемого для мониторинга состояния литосферы, атмосферы, гидросферы и ионосферы. В первом разделе, помимо характеристик измерительных средств, приведены сведения об ионосфере, методах её наблюдения и обработке данных ГНСС для выявления ионосферных возмущений. Второй раздел посвящён детальному описанию лазерных деформографов и истории их развития. Третий и четвёртый разделы содержат описание лазерного нанобарографа, предназначенного для измерения колебаний атмосферного давления, и морских уровнемерных станций, регистрирующих вариации уровня моря. В пятом разделе охарактеризованы основные геосферные процессы. Несмотря на то, что в первой главе приведены литературные данные по каждому из разделов, полноценному литературному обзору уделено относительно небольшое внимание; вместе с тем ряд публикаций по теме исследования представлен в последующих главах.

В главе 2 приведены характеристики и параметры распространения ионосферных возмущений, выявленных в результате обработки данных ГНСС. Кроме того, в главе описана регистрация возмущений двумя лазерными деформографами и нанобарографом. Все зарегистрированные в данной главе возмущения связываются с взрывным извержением вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай, произошедшим 15 января 2022 года. Полученные результаты и выводы, сформулированные в конце главы, обосновывают первое защищаемое положение. Содержание главы позволяет заключить, что основной средой распространения возмущений являлась атмосфера, которая оказывала

нагружающее воздействие на литосферу (и, как показано далее, на гидросферу).

В главе 3 представлен анализ данных морских уровнемерных станций. После извержения вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай 15 января 2022 года на станциях, расположенных в Тихом океане и Японском море, были зарегистрированы интенсивные колебания уровня моря. Расположение выбранных станций позволило проследить динамику распространения возмущения и обоснованно интерпретировать зарегистрированные колебания. В главе приведены значения периодов спектральных максимумов, выделенных до прихода возмущения и во время его регистрации, а также выполнено сравнение расчётного времени прихода классической волны цунами с реальным временем регистрации. Установленное расхождение свидетельствует о регистрации именно метеоцунами. Полученные результаты обосновывают второе защищаемое положение, заключающееся в установлении факта возбуждения метеоцунами мощным атмосферным импульсом. В данной главе наглядно продемонстрировано влияние атмосферных возмущений, вызванных катастрофическим событием, на гидросферу.

В главе 4 выполнено сопоставление данных о колебаниях уровня моря и данных о колебаниях ионосферного слоя. Совпадение характерных периодов колебаний в обеих геосферах позволило сделать вывод о том, что первоисточник этих колебаний локализован в атмосфере. Полученные результаты обосновывают третье защищаемое положение работы. В отличие от предыдущих глав, в четвёртой главе рассматривается влияние процессов не катастрофического (фоновое) характера.

В заключении приведены основные результаты и выводы диссертационной работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и достоверность. Обоснованность и достоверность выводов диссертационной работы обеспечиваются комплексным использованием современных высокоточных измерительных систем, включающих лазерные деформографы, лазерный нанобарограф, сеть морских уровнемерных станций и станций глобальных навигационных спутниковых систем. Применение независимых методов регистрации возмущений в литосфере, атмосфере, гидросфере и ионосфере позволило получить взаимосогласованные результаты, что существенно повышает степень их достоверности. Корректность обработки экспериментальных данных подтверждается использованием апробированных программных средств и современных методов спектрального, статистического

и фильтрационного анализа. Высокая сходимость полученных автором характеристик возмущений с результатами, опубликованными отечественными и зарубежными исследователями, а также апробация материалов работы на всероссийских и международных конференциях и их публикация в рецензируемых журналах из перечня ВАК позволяют считать сформулированные в диссертации выводы полностью обоснованными и достоверными.

Замечания по работе. Принципиальные замечания к работе отсутствуют. Содержание автореферата в полной мере соответствует содержанию диссертационной работы.

Вместе с тем к работе могут быть высказаны следующие замечания, носящие рекомендательный и дискуссионный характер:

1. В первой главе достаточно большое внимание уделено описанию приборной части исследования, в тоже время описанию исследования влияния катастрофических явлений уделено мало внимания, хотя этот вопрос является основным для большей части исследований в работе.

2. В первой главе также целесообразно было бы расширить раздел, посвящённый характеристикам рассматриваемого извержения и дополнить его детальным описанием вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай.

3. Во второй главе описана регистрация атмосферных колебаний с помощью нанобарографа и литосферных колебаний с помощью двух деформографов, на основании чего сделан вывод о том, что деформации земной коры были обусловлены атмосферным импульсом. В этой же главе приведён анализ распространения возмущений, инициированных извержением вулкана. Однако в заключении к главе не в полной мере прояснено, учитывались ли результаты анализа ионосферных данных при формулировке первого защищаемого положения.

4. В четвертой главе оформление таблицы, содержащей данные о периодах ионосферных колебаний, выполнено не вполне удачно, что затрудняет восприятие представленной информации.

5. В работе встречаются отдельные стилистические погрешности и орфографические ошибки. Кроме того, имеются замечания к оформлению некоторых графических материалов.

Не смотря на перечисленные замечания, диссертация Болсуновского Михаила Алексеевича является законченной полноценной научной работой. Полученные в работе результаты не вызывают сомнений, и являются достаточно обоснованными, посредством представления большого числа

графиков и таблиц с данными, а также пояснениями к полученным результатам.

Представленная к защите диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным в пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями на 16 октября 2024 г.), для ученой степени кандидата наук, а ее автор, Михаил Алексеевич Болсуновский, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

Диссертация и отзыв рассмотрены, обсуждены и одобрены на расширенном заседании Департамента наук о Земле Института Мирового океана, протокол № 5 от 12.05.2026 г.

Директор департамента наук о Земле
Института Мирового океана
кандидат географических наук, доцент

 Лисина И.А.

Сведения о составителе отзыва:

Лисина Ирина Альбертовна, доцент Департамента наук о Земле Института Мирового океана Дальневосточного федерального университета, кандидат географических наук, доцент.

Контактные данные: lisina.ia@dvfu.ru, 8(423) 265-24-24 (доб. 1196)

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ФГАОУ ВО ДВФУ)

Адрес местонахождения ДВФУ: 690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10

Телефон: 8 (423) 265-24-29; 8 (423) 243-34-72

Факс: 8 (423) 243 23 15

Адрес электронной почты: rectorat@dvfu.ru

Адрес сайта организации: <https://www.dvfu.ru/>

