

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра прикладной математики и информационной безопасности

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


_____ А. А. Кытманов

« ____ » _____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ К НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

**Вычислительный эксперимент: моделирование удалённых
цунами**

09.06.01 Информатика и вычислительная техника

05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ

Научный руководитель



проф. каф. ПМКБ, д.т.н.

К.В. Симонов

Аспирант



А.А. Быков

Красноярск 2018

АННОТАЦИЯ

научно-квалификационной работы (диссертации)

Быкова Артём Александровича

На тему: «Вычислительный эксперимент:

моделирование удалённых цунами»

Актуальность. Исследование посвящено актуальной теме численному моделированию удаленных цунами – морских катастрофических волн-наводнений сейсмической природы. В работе подчеркивается важность изучения именно удаленных источников цунами относительно тихоокеанского побережья России, поскольку необходимо наиболее точно оценивать характеристики распространения волны цунами в открытом океане и, соответственно, параметры источника.

Объектом исследования являются длинные поверхностные гравитационных волны-наводнения цунами.

Предмет исследования – модели и методы численного моделирования цунами, алгоритмы обработки и анализа данных наблюдений, принимающие форму вычислительного эксперимента.

Цель работы – усовершенствование технологии вычислительного эксперимента для повышения точности оценок о параметрах удаленных цунами.

Для достижения поставленной цели решаются следующие **задачи**:

1. Разработка способа для уточнения оценок параметров источника цунами на основе данных гео- и гидрофизического мониторинга.
2. Модификация вычислительной технологии для моделирования удаленных цунами как сочетание одномерного (асимптотические формулы) и планового расчета (CUDA) распространения цунами.
3. Разработка методики обработки и анализа комплекса данных для решения основных задач гидрофизического мониторинга.

4. Проведение экспериментальных исследований в рамках усовершенствованной технологии вычислительного эксперимента о проявлениях удаленных цунами для создания базы данных.

Методы исследования и фактический материал. В работе используются известные численные подходы для моделирования длинных волн на основе системы уравнений мелкой воды, а также средства нелинейного регрессионного, локального спектрального анализа (вейвлет-преобразование) и методы визуализации на основе упругих сеток. Источником фактических данных наблюдений для решения актуальных задач гидрофизического мониторинга являлись материалы Геологической службы (USGS), а также записи с глубоководных станций DART.

Область исследования. Результаты диссертационной работы соответствуют следующим пунктам паспорта специальностей ВАК (05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, физико-математические/технические науки):

1. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.

2. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.

3. Разработка новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурного эксперимента на основе его математической модели.

Научная новизна работы определяется следующими положениями:

1. Разработан способ для уточнения оценок параметров источника цунами на основе данных гео- и гидромониторинга изучаемого явления.

2. Модифицирована вычислительная технология для моделирования удаленных цунами как сочетание одномерного (асимптотические формулы) и планового расчета (CUDA) распространения цунами.

3. Разработана методика обработки и анализа комплекса данных для решения основных задач гидрофизического мониторинга.

4. Создана база данных на основе результатов экспериментальных исследований в рамках усовершенствованной технологии вычислительного эксперимента о проявлениях удаленных цунами в период с 2001 по 2017 гг.

Основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы, определяются следующими полученными оригинальными результатами:

1. Способ для уточнения оценок параметров источника цунами на основе данных гео- и гидромониторинга изучаемого явления.

2. Модифицированная вычислительная технология для моделирования удаленных цунами как сочетание одномерного (асимптотические формулы) и планового (CUDA) расчета распространения цунами.

3. Методика обработки и анализа комплекса данных для решения основных задач гидрофизического мониторинга.

4. База данных на основе результатов экспериментальных исследований в рамках усовершенствованной технологии вычислительного эксперимента о проявлениях удаленных цунами в период с 2001 по 2017 гг.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования во многом определяется научной новизной результатов и заключается в повышении точности оценки опасности для тихоокеанского побережья России от удаленных цунами на основе применения усовершенствованной технологии вычислительного эксперимента. Результаты исследования вносят существенный вклад в решение актуальной задачи своевременного и достоверного прогноза цунами в рамках деятельности региональных служб раннего предупреждения.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы представлялись на международных форумах, всероссийских семинарах и конференциях: Всероссийской конференции молодых учёных по математическому моделированию и информационным

технологиям (Красноярск, 2015; Новосибирск, 2017; Кемерово, 2018); Российско-Монгольской конференции молодых учёных по математическому моделированию, вычислительно-информационным технологиям и управлению (Россия – Монголия, 2015); Всероссийском семинаре «Моделирование неравновесных систем» (Красноярск, 2014); Международной научно-технической конференции молодых специалистов, аспирантов и студентов «Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем» (Пенза, 2017); на научных студенческих конференциях ИКИТ СФУ (2015-2018)

Достоверность полученных результатов подтверждается качеством используемых данных, согласованностью теоретических и экспериментальных результатов, а также сопоставлениями с результатами других авторов. Алгоритмы, составляющие основу методики анализа данных наблюдений о цунами, а также базовая технология численного моделирования цунами являются общепризнанными в мировой практике исследований цунами, поэтому выводы, полученные на основе применения этих методов, являются научно обоснованными.

Публикации и личный вклад автора. По теме диссертации опубликованы 13 работ, в том числе в центральных отечественных журналах, в трудах международных и российских научных конференций. Основные результаты исследований отражены в работах [1–4].

Личный вклад автора состоит в постановке и проведении теоретических и прикладных исследований, определяющих основу диссертации и новизну полученных научных результатов, а также в постановке и проведении серий численных экспериментов, в обработке и интерпретации полученных данных.

Структура и объём работы.

Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения и Приложений, где приводятся исходные коды программ и результаты обработки данных применительно к проблемам гео- и гидрофизического

мониторинга морских природных катастроф. Объем диссертации с указанными приложениями составляет 150 страниц, включая 80 рисунков и 21 таблицу. Список литературы содержит 138 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ НКР

Во введении обоснована актуальность работы, определены цели и задачи исследования, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

Первая глава посвящена математическому описанию моделей источника цунами. Представлена их классификация и предложен способ для уточнения оценок параметров источника цунами на основе обработки и анализа данных гео- и гидрофизического мониторинга исследуемого природного явления.

Во второй главе исследования представлены вычислительный инструментарий для численного моделирования цунами с использованием асимптотических формул С.Ю. Доброхотова и программы MOST-CUDA. Приведено краткое математическое описание асимптотических формул для расчета цунами с локализованным источником в рамках линеаризованной системы уравнений мелкой воды. На модельных примерах выполнены адаптация и тестирование модифицированной технологии численного моделирования цунами, которая заключается в сочетании расчетов на основе асимптотических формул и программы MOST-CUDA, созданной совместно с коллегами из ФИТ НГУ.

Третья глава посвящена адаптации и тестированию модифицированной вычислительной технологии для решения основных задач гидрофизического мониторинга цунами, и разработке методики анализа комплекса данных наблюдений.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям особенностей проявления цунами от удаленных цунамигенных областей

Тихого океана для создания соответствующей базы данных и решения прогностических задач. В рамках усовершенствованной технологии вычислительного эксперимента и разработанной методики анализа пространственно-временных рядов гео- и гидрофизического мониторинга получены новые данные о проявлениях цунами (2001-2017 гг.).

Заключение

Проведённые исследования позволяют сформулировать следующие теоретические и практические результаты.

1. Представлена классификация и выполнен анализ моделей источника цунами. Разработан способ уточнения их параметров. Способ позволяет оценивать параметры источника цунами в рамках гео- и гидрофизического мониторинга исследуемого опасного природного явления. Некоторый опыт экспериментальных исследований показал, что местоположение и, соответственно, размеры источника цунами можно уточнить на 20-40 км, оценка возможного уточнения величины магнитуды цунамигенного землетрясения составляет 0.15-0.2 единицы шкалы магнитуд.

2. Для решения основных задачи гидрофизического мониторинга модифицирована вычислительная технология моделирования цунами, в которой сочетаются расчеты распространения цунами на основе асимптотических формул С.Ю. Доброхотова и расчеты помощью программы MOST-CUDA. Выполнены адаптация и тестирование модифицированной технологии численного моделирования цунами на основе асимптотических формул и программы MOST для быстрого численного моделирования волн, что достигается применением систем с общей памятью, систем с распределённой памятью и технологии CUDA. В проведенных экспериментальных исследованиях экспресс-расчеты на основе асимптотических формул показали свою эффективность при решении обратных задач гидрофизического мониторинга цунами. Моделирование на основе программы MOST-CUDA на два порядка повысило скорость расчета распространения волны по сравнению с базовой программой.

3. На этой алгоритмической и методической основе усовершенствована технология вычислительного эксперимента для решения основных задач гидрофизического мониторинга. Разработана методика обработки и анализа комплекса данных, где используется расчетная схема построения упругих сеток для кластеризации пространственных данных геомониторинга, а также применяются вычислительные средства вейвлет-анализа и нелинейной регрессии. Как показали результаты экспериментальных исследований, комплексная обработка расчетных данных и данных наблюдений на основе разработанной методики позволяет на более высоком качественном уровне и с повышенной точностью решать основные задачи гидрофизического мониторинга цунами.

4. В рамках усовершенствованной технологии вычислительного эксперимента выполнены экспериментальные исследования для оценки особенностей проявления цунами от цунамигенных областей Тихого океана. В рамках гидрофизического мониторинга на основе модифицированной технологии численного моделирования цунами получены новые данные об особенностях распространения цунами, которые возникали в период 2001-2017 гг. Показано, что уточненные оценки параметров источника цунами согласуются с данными наблюдениями при совместной работе с программным комплексом MOST-CUDA и асимптотическими формулами, разработанными С.Ю. Доброхотовым. В итоге создан существенный задел в виде атласа удаленных цунами для разработки элементов базы данных изучаемых цунами за указанный период времени наблюдения, расчетные данные из которого позволяют решать прогностические задачи.