

1. Наименование работы – численное моделирование и анализ характеристик проявления волн цунами у защищаемых пунктов Дальневосточного побережья Российской Федерации.

2. Исполнители – сотрудники Института вычислительных технологий СО РАН:

г.н.с., проф., д.ф.-м.н. Л.Б. Чубаров,

в.н.с., д.ф.-м.н. В.К. Гусяков,

н.с., к.ф.-м.н. С.А. Бейзель,

м.н.с. Д.Л. Чубаров

3. Контактное лицо – проф., д.ф.-м.н. Леонид Борисович Чубаров, chubarov@ict.nsc.ru.

4. Научное содержание работы.

Постановка задачи предполагает разработку и реализацию современных информационно-вычислительных технологий для расчета экстремальных значений проявления катастрофических волн цунами в защищаемых пунктах Дальневосточного побережья РФ с целью их дальнейшего использования в составе новой версии национальной системы предупреждения волн цунами. Результаты, полученные в ходе моделирования на высокопроизводительных вычислительных устройствах, возможных потенциально опасных цунами, порожденных в исследуемом регионе подводными землетрясениями различной мощности и удаленности, предназначены для наполнения базы данных этой системы предупреждения.

Работа выполняется в рамках плана Научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для государственных нужд по федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» по договорам, заключенным с Государственным учреждением «Научно-производственное объединение «Тайфун». Исследования поддерживаются также РФФИ (грант 09-05-00294-а), программой поддержки фундаментальных интеграционных междисциплинарных исследований СО РАН (проекты 113-2009, 117А-2012, 37Б-2012), проектом программы базовых фундаментальных исследований СО РАН (IV.31.2.1), программой государственной поддержки научных исследований, проводимых ведущими научными школами Российской Федерации (НШ-6068.2010.9, НШ-6293.2012.9).

В качестве модели сейсмического механизма генерации поверхностных волн используется модель Подъяпольского -Гусякова-Окады, которая представляет собой замкнутую систему уравнений динамической теории упругости, описывающей колебания слоя сжимаемой жидкости (модель океана), залегающего на поверхности упругого полупространства (модель земной коры и верхней мантии). Вычисление остаточных смещений дна океана производится для пространственной дислокационной модели очага землетрясения, описываемой набором параметров. В качестве гидродинамической модели распространения волн используются нелинейные уравнения мелкой воды с учетом силы Кориолиса и донного трения. На границе «вода/суша» ставится условие отражения, на боковых границах расчетной области – условие свободного прохода волн.

Полученные результаты

Разработана и реализована методология разработки баз данных о проявлении волн цунами у Дальневосточного побережья РФ, предназначенных для информационного обеспечения оценок динамического воздействия волн цунами национальной системой предупреждения. Подготовлены соответствующие массивы батиметрической информации; определены основные расчетные области, точки установки расчетных мареографов, а также совокупность модельных «реальных» землетрясений. Создана система вычислительных и общесистемных алгоритмов для серийного расчета начальных возмущений свободной поверхности, подготовлены вычислительные алгоритмы для расчета трансформации волн

цунами от области источника возмущения вплоть до берега. Созданы система управляющих алгоритмов, обеспечивающая организацию и проведение серийных расчетов распространения волны цунами; система управления данными, а также достаточно простой и гибкий интерфейс доступа к информации. Выполнен большой объем производственных расчетов, в ходе которых построены карты изохрон распространения волн и картины свечения, определены мареограммы, а также экстремальные значения высот волн в защищаемых пунктах и точках установки гидрофизических датчиков, созданы анимационные файлы, демонстрирующие процесс распространения. Все результаты интегрированы в единую систему визуализации.

Эффект от использования кластера в достижении целей работы

Разработана и реализована методика ускорения расчетов высот волн цунами, генерируемых множеством модельных источников, с использованием возможностей кластеров с большим числом процессоров, обеспечивающих возможность одновременного (параллельного) решения однотипных задач, различающихся наборами входных данных (расчетных областей, начальных данных – источников цунами, виртуальных мареографов).

Иллюстрации, визуализация результатов

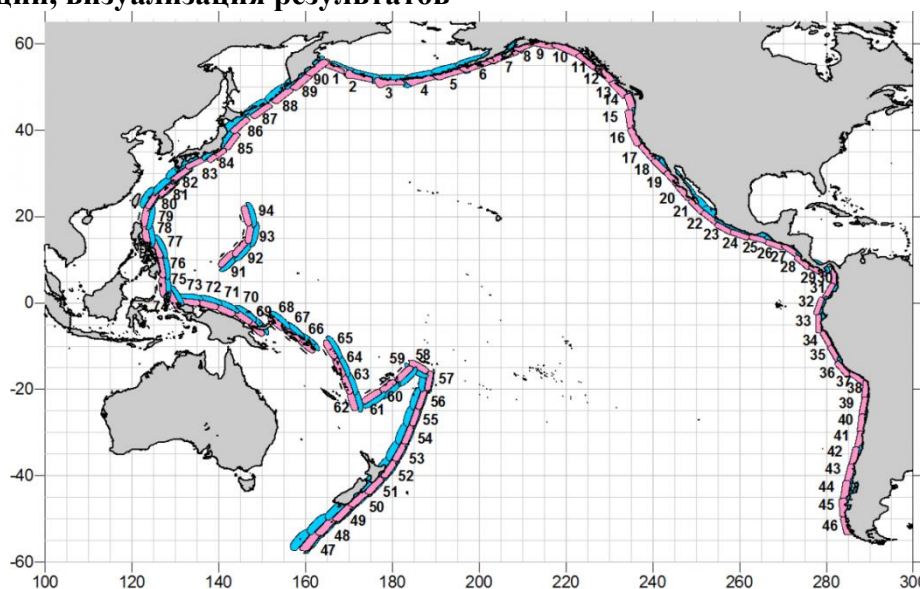


Рис. 1. Расположение источников модельных цунамигенных землетрясений в акватории Тихого океана.

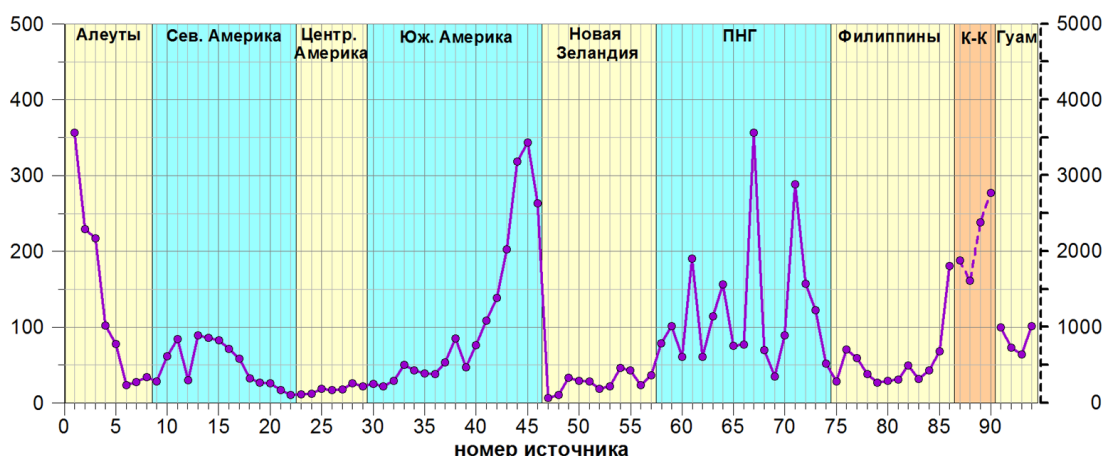


Рис. 2. Интегральная характеристика энергетического воздействия цунамигенных землетрясений на защищаемое Дальневосточное побережье России.

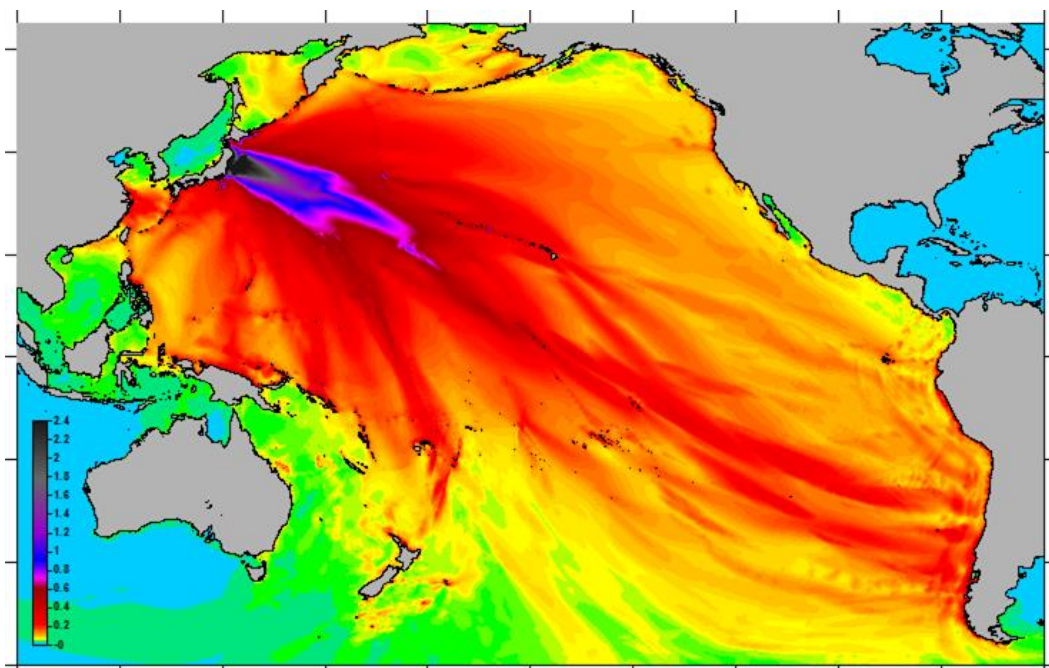


Рис. 3. Распределение максимальных положительных высот волн в акватории Тихого океана от модельного источника, соответствующего землетрясению 11 марта 2011 г. вблизи Тохоку (Япония).

5. Перечень публикаций, содержащих результаты работы

Гусяков В.К., Бейзель С.А., Чубаров Л.Б. Оценка воздействия удаленных цунами на Дальневосточное побережье России // Труды Третьей научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России», 9–15 октября 2011 г. Петропавловск-Камчатский: Учреждение РАН Геофизическая служба РАН, 2011, С. 435 – 439.

Шокин Ю.И., Чубаров Л.Б. Школа академика Н.Н.Яненко: достижения в области численного решения задач волновой гидродинамики // Международная конференция «Современные проблемы прикладной математики и механики: теория, эксперимент и практика», посвященная 90-летию со дня рождения академика Н.Н. Яненко. Тезисы докладов. Новосибирск, 2011. С. 27.

Shokin Y., Chubarov L. Вычислительные и информационные системы поддержки принятия решений в ходе кризисных ситуаций, связанных с катастрофическими волновыми процессами в акваториях // «Mathematical and Informational Technologies» (MIT–2011), August, 27–31, 2011, Vrnjacka Banja, Serbia; August, 31 – September, 5, 2011, Budva, Montenegro», Conference Information: State Company of Textbooks, Serbia, 2011, P. 125.