


НОМЕР ПРОЕКТА 06-05-64869		УЧЕТНАЯ КАРТОЧКА
НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА Исследование особенностей генерации оползнями поверхностных волн в прибрежных зонах океана с помощью гидродинамических моделей, с улучшенными дисперсионными характеристиками		
ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ 05 - науки о земле	КОД(Ы) КЛАССИФИКАТОРА 05-513 01-201	
ВИД КОНКУРСА а - Инициативные проекты		
ФАМИЛИЯ, ИМЯ, ОТЧЕСТВО РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА Чубаров Леонид Борисович		ТЕЛЕФОН РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА (383)3331882
ПОЛНОЕ НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ГДЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ПРОЕКТ Институт вычислительных технологий СО РАН		
ПОЛНОЕ НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ЧЕРЕЗ КОТОРУЮ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ФИНАНСИРОВАНИЕ Институт вычислительных технологий СО РАН		
ОБЪЕМ СРЕДСТВ, ФАКТИЧЕСКИ ПОЛУЧЕННЫХ ЗА 2007 г. 350000 руб.	ОБЪЕМ ФИНАНСИРОВАНИЯ, ЗАПРАШИВАЕМЫЙ НА СЛЕДУЮЩИЙ ГОД 400000 руб.	
ЧИСЛО УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТА (включая руководителя) 8	ЧИСЛО УЧАСТНИКОВ, ИМЕЮЩИХ УЧЕНУЮ СТЕПЕНЬ 3	ЧИСЛО МОЛОДЫХ (до 35 лет включительно) УЧАСТНИКОВ 5
Федотова Зинаида Ивановна		
Бейзель Софья Александровна		
Бабайлов Вадим Валерьевич		
Елецкий Станислав Викторович		
Хакимзянов Гаяз Салимович		
Комаров Виктор Анатольевич		
Гагарина Елена Витальевна		
ПОДПИСЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА		ДАТА ПОДАЧИ ОТЧЕТА 10.01.2008
ПРОХОЖДЕНИЕ ОТЧЕТА (заполняется в РФФИ)		
РЕКОМЕНДАЦИЯ ЭКСПЕРТНОГО СОВЕТА Проект прошел полный цикл экспертизы отчета и к финансированию: - рекомендован - не рекомендован (ненужный вариант зачеркнуть)		ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ЭКСПЕРТНОГО СОВЕТА
РЕШЕНИЕ СОВЕТА ФОНДА По результатам рассмотрения на заседании Совета Фонда проект к финансированию: - принят - не принят (ненужный вариант зачеркнуть)		ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СОВЕТА ФОНДА

Форма 501. КРАТКИЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

1.1. Номер проекта

06-05-64869

1.2. Руководитель проекта

Чубаров Леонид Борисович

1.3. Название проекта

Исследование особенностей генерации оползнями поверхностных волн в прибрежных зонах океана с помощью гидродинамических моделей с улучшенными дисперсионными характеристиками

1.4. Вид конкурса

а - Инициативные проекты

1.5. Год представления отчета

2008

1.6. Вид отчета

этап 2007 года

1.7. Аннотация

В отчетному году усилия исполнителей были направлены на совершенствование математических моделей изучаемого явления и на повышение эффективности вычислительных алгоритмов с целью обеспечения достоверности результатов численного моделирования посредством учета наиболее важных определяющих гидродинамических эффектов нелинейности, дисперсии, пространственной неоднородности.

В рамках полных гидродинамических моделей существенного продвижения удалось добиться за счет использования подвижных криволинейных сеток, адаптирующихся к движению затопленного оползня, и конечно-разностных схем, аппроксимирующих уравнения математической модели на таких сетках. С использованием этих конечно-разностных алгоритмов были получены новые данные о генерируемых волнах при варьировании толщины оползня, его ускорения и угла наклона плоского откоса. При этом в отличие от проводившихся ранее исследований здесь рассмотрены значительно более широкие диапазоны изменения этих параметров. Оказалось, что для малого значения угла наклона при увеличении толщины оползня или его ускорения происходит значительный рост амплитуды первой волны, в то время как при относительно большом угле монотонный характер роста головной волны хотя и сохраняется, однако ее амплитуда при разных значениях толщины оползня и его ускорения изменяется в небольшом диапазоне значений.

Для полных гидродинамических моделей в сотрудничестве с учеными из Кемеровского государственного университета были проведены вычислительные эксперименты с использованием алгоритмов, реализующих метод граничных элементов. Для повышения эффективности работы исполнителями были задействованы параллельные версии соответствующих алгоритмов и программ, адаптированные к особенностям высокопроизводительных вычислительных комплексов КемГУ и ИВТ СО РАН.

Выполненные в этой части работы исследования позволили также изучить количественные характеристики особенностей распараллеливания алгоритмов метода граничных элементов на вычислительных устройствах различной архитектуры, а также определить зависимость порождаемых волн от основных параметров оползневого процесса. В частности, увеличение толщины и протяженности оползня приводит к росту амплитуды волн, в вершинах которых формируется сгусток, переходящий в скользящий бурун. При этом возможно возникновение сильно нелинейных деформаций свободной границы, интерпретируемых как "опрокидывание" волн. В таких ситуациях метод граничных элементов сталкивается с вероятностью перехлеста узлов, приводящего в конце концов к прерыванию расчета.

Развитие более экономичных приближенных гидродинамических моделей проводилось в соответствии с определенной на предыдущем этапе работ необходимостью учета взаимодействия нелинейных и дисперсионных эффектов.

Здесь были получены важные теоретические результаты, связанные с выводом, анализом и классификацией нелинейно-дисперсионных моделей, учитывающих динамику донной поверхности.

Переход к двумерному (в плане) численному моделированию оползневых механизмов генерации волн в прибрежной зоне также потребовал модификации алгоритмов построения пространственных сеток, адаптирующихся к контуру береговой линии и сгущающихся в мелководных областях. Эта работа инициировала, в свою очередь, доработку соответствующих конечно-разностных схем, разработку систем модельных акваторий, воспроизводящих специфические особенности реальных прибрежных зон участков побережья Индийского океана, проведение серий тестовых расчетов и содержательных модельных вычислительных экспериментов.

Наряду с простейшей моделью оползня, представляемого в виде твердого тела, движущегося по подстилающей поверхности в соответствии с законами, учитывающими особенности контакта между этой поверхностью и оползнем, исполнителями были рассмотрены также модели, в которых оползневые массы представляются жидкостью с высокой плотностью. В этом направлении также был осуществлен переход от простейших одномерных численных алгоритмов к алгоритмам двумерным (в плане), основанным на методике расщепления по направлениям и на последующем применении на идеях схемы С.К.Годунова. Определены зависимости процесса волнообразования от свойств оползневой массы (соотношение плотностей, коэффициент сухого трения о подстилающую поверхность).

1.8. Полное название организации, где выполняется проект
Институт вычислительных технологий СО РАН

"Исполнители проекта согласны с опубликованием (в печатной и электронной формах) научных отчетов и перечня публикаций по проекту"

Подпись руководителя проекта

Форма 502. КРАТКИЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

2.1. Номер проекта

06-05-64869

2.2. Руководитель проекта

Chubarov Leonid Borisovich

2.3. Название проекта

Study of the process of generation of surface waves by landslides in the near-shore areas of the ocean using hydrodynamic models with improved dispersion characteristics

2.4. Год представления отчета

2008

2.5. Вид отчета

этап 2007 года

2.6. Аннотация

In 2007 the research effort focused on the study of several mathematical models of landslide movement. The study resulted in multiple improvements in the efficiency of the computational algorithms and in the modelling power of the models by accounting for the effects of nonlinearity, dispersion and spacial anisotropy.

An important advance was gained within the framework of full hydrodynamic models with the development of new algorithms using a finite difference scheme with an adaptive curvilinear grid. The use of the algorithms brought new information on the waves produced by the underwater landslides for different values of the landslide thickness, its acceleration and the slope inclination. It became possible to consider a significantly wider range of parameters than in the previous studies. It was observed that for slopes of small inclination a significant growth of the amplitude of the initial wave occurs with the increase in the thickness of the landslide and its acceleration. While for large values of the slope inclination a growing trend in the amplitude remains, however the values of the amplitude stay in a narrow range.

In the collaboration with a group of Prof. Afansiev from Kemerovo State University (KemSU) a series of computational experiments was carried out using the method of boundary elements. The algorithms were parallellized for running on distributed memory compute clusters. The experiments were carried out on the compute clusters of the Institute of Computational Technologies and of Kemerovo State University. A good parallel speedup was observed. The results of the computational experiments were used to study the change in the characteristics of the generated waves depending on the variation of parameters of the landslide. An increase in the thickness and the length of the landslide results in an increase in the amplitude of the waves causing the waves to break due to strongly nonlinear deformations of the free surface. Such fluid movements are difficult to simulate with the method of boundary elements due to overlap of grid cells.

The development of hydrodynamic models and fast algorithms was performed according to the results of the previous stage of the project where it was shown that accounting for nonlinear and dispersive effects is necessary. New results were obtained in the classification of nonlinear-dispersive models that follow the dynamics of the bottom wall of the computational domain.

A transition to two dimensional modelling of the landslide mechanism of wave generation required modification of the algorithms for construction of the computaional grid adjusting to the contour of the coastline with a higher density of grid nodes in shallow water areas. This required modification of the finite difference schemes. A series of geometries approximating the shape of the ocean surface in several areas of the Indian ocean was developed and tested.

Together with the simple model of landslide as a solid moving along the slope with friction other

landslide models were also considered, where a landslide is modelled as a dense liquid mass. The algorithms were developed for one and two dimensional models. For the transition from one dimension to two dimensions the splitting approach was used that is based on the ideas of the Godunov scheme. The change in the characteristics of the wave generation process was studied depending on the variation in the properties of the landslide such as the density ratio and the Coulomb friction coefficient.

2.7. *Полное название организации, где выполняется проект*
Institute of Computational Technologies SB RAS

Подпись руководителя проекта

Форма 503. РАЗВЕРНУТЫЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

3.1. *Номер проекта*

06-05-64869

3.2. *Название проекта*

Исследование особенностей генерации оползнями поверхностных волн в прибрежных зонах океана с помощью гидродинамических моделей, с улучшенными дисперсионными характеристиками

3.3. *Коды классификатора, соответствующие содержанию фактически проделанной работы*

05-513 01-201

3.4. *Объявленные ранее (в исходной заявке) цели проекта на 2007 год*

Основной целью работ этапа 2007 года было объявлено исследование особенностей волновых процессов, возникающих при движении оползня и обусловленных пространственной неоднородностью рельефа подстилающей поверхности и оползневого материала.

Достижение этой цели планировалось обеспечить использованием для моделирования исследуемых процессов математической модели плановых уравнений мелкой воды первого приближения и плановых нелинейно-дисперсионных моделей, имеющих улучшенные дисперсионные свойства и допускающих учет динамики поверхности дна в ходе процесса волнообразования.

Предполагалось продолжить работы по созданию комплексной модели "оползень-вода" с использованием обобщенной модели мелкой воды, учитывающей свойства оползневого материала (плотность, трение о подстилающую поверхность). Единство математических моделей, в свою очередь, планировалось обеспечить единством вычислительных алгоритмов, основанных на противопотоковой схеме Годунова распада разрыва.

Повышение точности результатов численного моделирования предполагалось достичь использованием специальных сеток, адаптирующихся к геометрии береговой линии и особенностям рельефа дна. С этой же целью планировалось изучение возможности использования вычислительных алгоритмов типа конечных объемов на непрямоугольных сетках.

3.5. *Степень выполнения поставленных в проекте задач*

Цели этапа 2007 г. достигнуты, сформулированные задачи в целом выполнены.

3.6. *Полученные за отчетный год важнейшие результаты*

В отчетному году усилия исполнителей были направлены на совершенствование математических моделей изучаемого явления и на повышение эффективности вычислительных алгоритмов с целью обеспечения достоверности результатов численного моделирования посредством учета наиболее важных определяющих гидродинамических эффектов нелинейности, дисперсии, пространственной неоднородности.

Было продолжено численное исследование процесса генерации поверхностных волн движущимся подводным оползнем с использованием вычислительных алгоритмов, основанных на моделях волновой гидродинамики различного порядка приближения, созданы алгоритмы, аппроксимирующие полные гидродинамические модели с применением конечно-разностного подхода и с использованием метода граничных элементов. Такое решение позволило сопоставить две альтернативных методики, определить их сильные стороны и проблемы, требующие дальнейшего исследования.

Конечно-разностный подход был реализован на основе разностной схемы для уравнений в подвижной системе координат, описывающих потенциальные течения идеальной жидкости со свободной границей. Повышение точности результатов численного моделирования удалось достигнуть за счет использования специальных сеток, адаптирующихся к движущемуся оползню. Анализ траекторий донных узлов сетки (см. Рис. 1) демонстрирует

наибольшее сгущение над вершиной оползня, равномерно скользящего по донной поверхности до момента остановки. Это сгущение движется вместе с оползнем вплоть до его остановки. Далее двумерная сетка становится фиксированной в горизонтальном направлении, продолжая изменяться в вертикальном направлении за счет адаптации к подвижной свободной границе. Другой вариант адаптивной сетки предусматривает ее сгущение на наиболее крутых частях поверхности оползня (см. Рис. 2), в данном случае, на передней и хвостовой частях оползня, форма которого задается гиперболическим тангенсом.

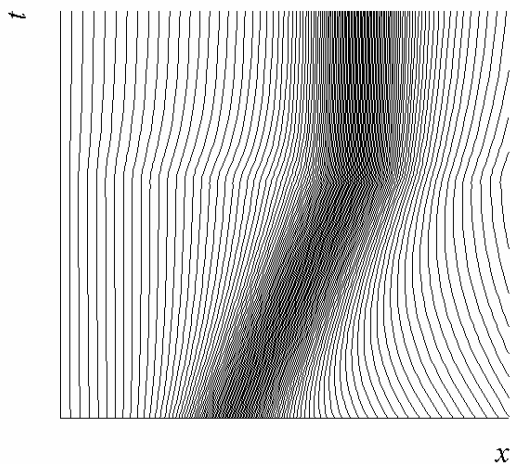


Рис. 1

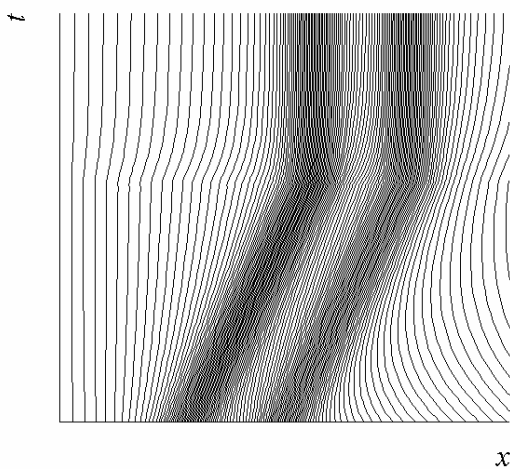


Рис. 2.

С использованием таких конечно-разностных алгоритмов были получены новые данные о генерируемых волнах при варьировании толщины оползня, его ускорения и угла наклона плоского откоса, при этом, в отличие от проводившихся ранее исследований, были рассмотрены существенно более широкие диапазоны изменения этих параметров. Оказалось (см. Рис. 3, Рис. 4), что для малого значения угла наклона (5 градусов) при увеличении толщины оползня или его ускорения происходит значительный рост амплитуды первой волны, в то время как при относительно большом угле (15 градусов) монотонный характер роста головной волны хотя и сохраняется, однако ее амплитуда при разных толщинах и ускорениях изменяется в небольшом диапазоне значений. Это происходит потому, что глубина расчетной области зависит от угла наклона области, и чем больше угол наклона, тем на большей глубине располагается оползень по мере своего продвижения.

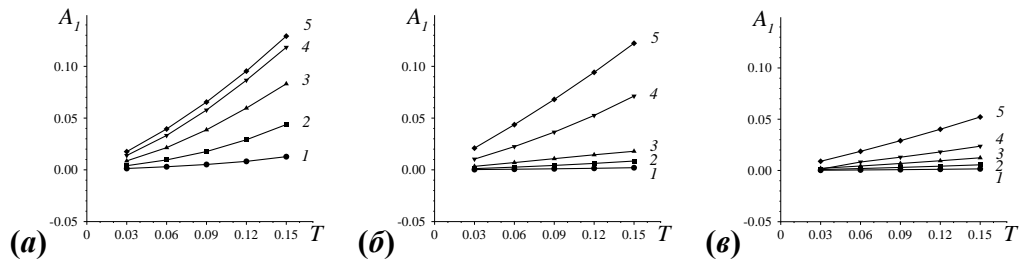


Рис. 3. Зависимость амплитуды первой волны от толщины оползня: *a* – $\theta = 5^\circ$, *б* – $\theta = 10^\circ$, *в* – $\theta = 15^\circ$. 1 – $a=0.02$, 2 – $a=0.04$, 3 – $a=0.06$, 4 – $a=0.08$, 5 – $a=0.10$.

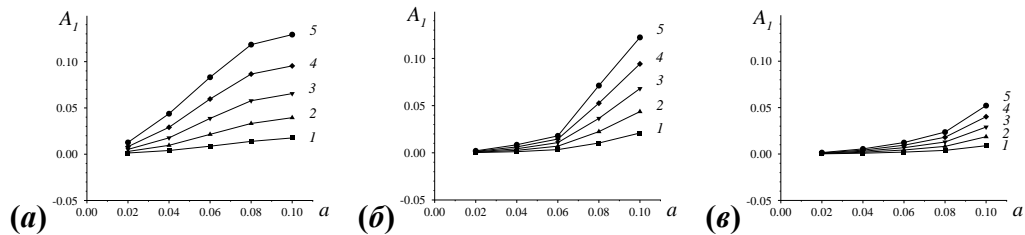


Рис. 4. Зависимость амплитуды первой волны от ускорения оползня: *a* – $\theta = 5^\circ$, *б* – $\theta = 10^\circ$, *в* – $\theta = 15^\circ$. 1 – $T=0.03$, 2 – $T=0.06$, 3 – $T=0.09$, 4 – $T=0.12$, 5 – $T=0.15$.

Расширение возможностей моделирования рассматриваемого класса задач было осуществлено с использованием высокопроизводительных вычислительных устройств и адаптированных к их особенностям вычислительных алгоритмов, построенных на базе метода граничных элементов. Эти расчеты проводились на многопроцессорных системах (кластерах) Института вычислительных технологий СО РАН и Кемеровского государственного университета. Результаты численных экспериментов показали, что предлагаемая вычислительная технология позволяет не только значительно уменьшить время решения задач (в зависимости от количества вычислительных узлов кластера), но и, в силу специфики метода граничных элементов, предоставляет возможность воспроизведения тонких эффектов развития изучаемого явления, например, начальной стадии обрушения волны.

Выполненные в этой части работы исследования позволили также изучить количественные характеристики особенностей распараллеливания алгоритмов метода граничных элементов на вычислительных устройствах различной архитектуры, а также определить зависимость порождаемых волн от основных параметров оползневого процесса. В частности, увеличение толщины и протяженности оползня приводит к росту амплитуды волн, в вершинах которых формируется сгусток, переходящий в скользящий бурун (см. Рис. 5). При этом возможно возникновение сильно нелинейных деформаций свободной границы, интерпретируемых как "опрокидывание" волн. В таких ситуациях метод граничных элементов сталкивается с вероятностью перехлеста узлов, приводящего в конце концов к прерыванию расчета.

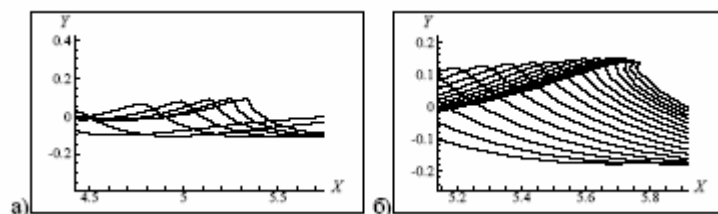


Рис. 5. Начальная стадия опрокидывания волны, порожденной оползнем.

Самое серьезное внимание в 2007 году было уделено задачам об исследовании

особенностей волновых процессов, возникающих при движении оползня при наличии пространственной неоднородности рельефа подстилающей поверхности. Изучение процесса генерации длинных волн движущимся оползнем, проведенное на предыдущем этапе работ по проекту и в ходе исследований, поддержанных РФФИ ранее грантом 03-05-64108, показало, что на начальной стадии процесса в случае длинного тонкого оползня все модели, от классических уравнений мелкой воды до полной модели течения идеальной жидкости, хорошо описывают наиболее заметные характеристики волнообразования, отмеченные и в эксперименте. Даже линейная модель мелкой воды в начальной части процесса показывает картину, достаточно близкую к экспериментальным данным, однако с развитием процесса осредненные по вертикали уравнения приводят к весьма упрощенному волновому полю, далекому от полученного в эксперименте. Кроме того, уравнения мелкой воды показывают значительное превышение амплитудных характеристик.

В то же время, нелинейно-дисперсионные (НЛД-) модели воспроизводят более сложную картину волнового поля. Под влиянием дисперсии увеличивается число волн, усложняется процесс перестройки свободной поверхности в момент остановки оползня, уменьшаются амплитуды волн, распространяющихся в сторону мелководья. Причина указанных эффектов – более точное по сравнению с гидростатическим описание вертикальной структуры процессов.

В ранее выполненных работах применялись как модели типа Буссинеска, при выводе которых предполагалась малость амплитуды, так и более точные модели, свободные от этого ограничения. Весьма популярная в настоящее время модель Лью-Лайнета, применяемая в одно- и двухслойном вариантах, отличается тем, что в ней особым образом определяется «интегральная» скорость. В модели Алешкова приближенная скорость определяется по потенциалу на дне. На наш взгляд, используемое в моделях Грина-Нагди и Железняк-Пелиновского определение приближенной скорости путем осреднения истинной скорости по глубине более соответствует физике процесса. Как следствие, в этих моделях, в отличие от модели Лью-Лайнета, при выводе уравнения неразрывности выполняются точные преобразования, гарантирующие, в частности выполнение закона сохранения массы.

За отчетный период предложены и проанализированы условия вывода известных нелинейно-дисперсионных моделей, работающих в случае нестационарного дна. Среди них есть модели, при выводе которых использовалось предположение о малости амплитуды, но есть и хорошо известные полные НЛД-модели Грина-Нагди и Алешкова.

Анализ разнообразных НЛД-моделей и опыт работы с ними побудил исполнителей проекта уделить особое внимание модели Железняк-Пелиновского, известной лишь для стационарной донной поверхности. Эта модель хорошо изучена, и для нее построены эффективные конечно-разностные алгоритмы, в том числе, с использованием адаптивных криволинейных сеток. В отчетном году получено обобщение модели Железняк-Пелиновского на случай подвижного дна. Кроме того, показано, что модели Грина-Нагди и Железняк-Пелиновского, хотя и имеют различный вид определяющих уравнений, эквивалентны и являются по-существу разной формой записи одной и той же системы уравнений теории мелкой воды второго приближения.

При переходе к решению двумерных (в плане) задач был использован опыт предыдущих работ в части построения адаптивных сеток. Так, для моделирования исследуемых процессов на основе уравнений мелкой воды второго приближения создана программа построения двумерных криволинейных сеток, адаптирующихся к сложной форме подвижной береговой линии и к заданной батиметрии. Подобные сетки могут сгущаться в

зонах, требующих более высокой разрешающей способности, например, на мелководье вблизи линии уреза (см. Рис. 6).

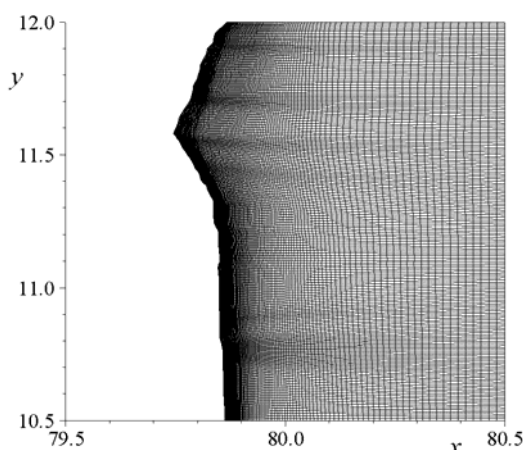


Рис. 6. Криволинейная сетка со сгущениями, обратно пропорциональными глубине.

Первые модельные двумерные (в плане) расчеты были проведены с целью определения специфических «пространственных» эффектов и их значимости. Эта серия вычислительных экспериментов была по-существу аналогичной одномерным исследованиям предыдущего этапа. Речь шла о моделировании процесса генерации волн «одномерным» плоским оползнем, скатывающимся по однородному склону, сопряженному с участком дна постоянной глубины (см. Рис. 7).

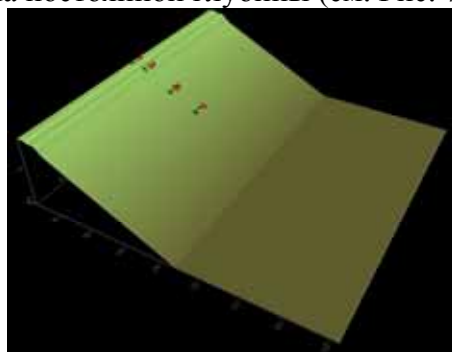
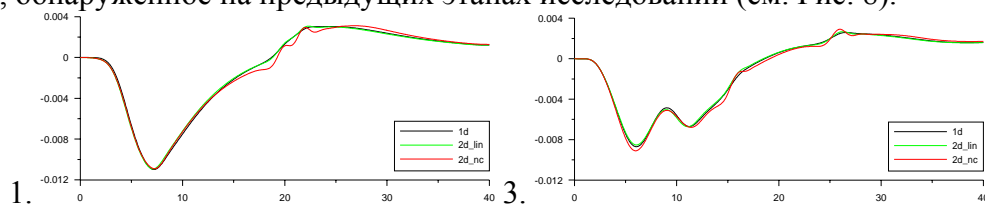


Рис. 7. Рельеф дна модельной акватории с «плоским» оползнем, размещенным в начальный момент времени в начале откоса. Указаны точки размещения мареографов.

Двумерные расчеты проводились с использованием линейной и нелинейной моделей мелкой воды. Результаты сравнивались с данными, полученными ранее в одномерных расчетах. Движение оползня определялось законом движения его центра масс, которое сначала было равноускоренным, а потом, до конца моделирования – равномерным. Анализ «линейных» мареограмм продемонстрировал согласие с одномерными расчетами, а «нелинейные» мареограммы так же естественно продемонстрировали влияние нелинейных эффектов, обнаруженное на предыдущих этапах исследований (см. Рис. 8).



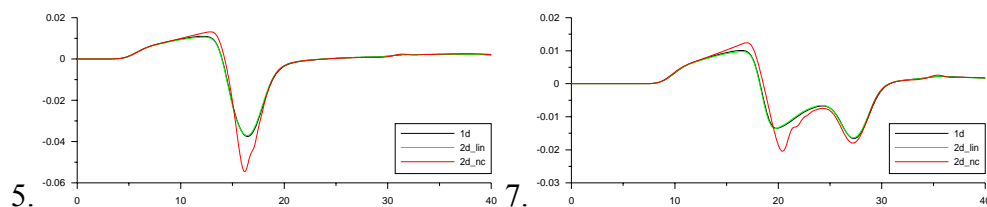


Рис. 8. Сравнение одномерных и двумерных расчетов. Точки установки мареограмм указаны на предыдущем рисунке. Черная линия – одномерный, зеленая – двумерный линейный расчеты, красная – нелинейный двумерный расчет.

Тестирование двумерных алгоритмов и программ было продолжено решением «квазидвумерных» задач, в которых волны порождались движением оползня конечных размеров по однородному склону (см. Рис. 9).

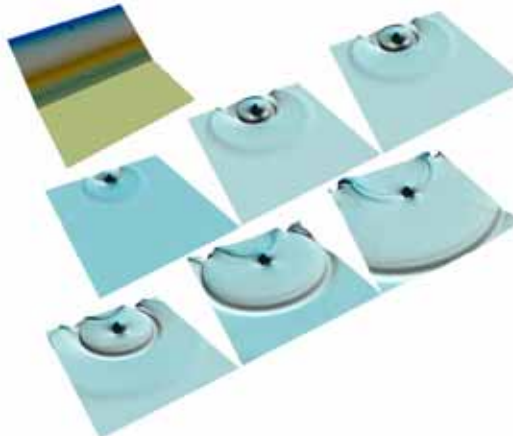


Рис. 9. Генерация поверхностных волн движением оползня конечных размеров.

Наряду с простейшей моделью оползня, представляемого в виде твердого тела, движущегося по подстилающей поверхности в соответствии с законами, учитывающими особенности контакта между этой поверхностью и оползнем, исполнителями были рассмотрены также модели, в которых оползневая масса представляется жидкостью с высокой плотностью. В этом направлении также был осуществлен переход от простейших одномерных численных алгоритмов к алгоритмам двумерным (в плане), основанным на методике расщепления по направлениям и на последующем применении схемы С.К.Годунова. В ходе этих расчетов были определены зависимости процесса волнообразования от свойств оползневой массы (соотношение плотностей, коэффициент сухого трения о подстилающую поверхность).

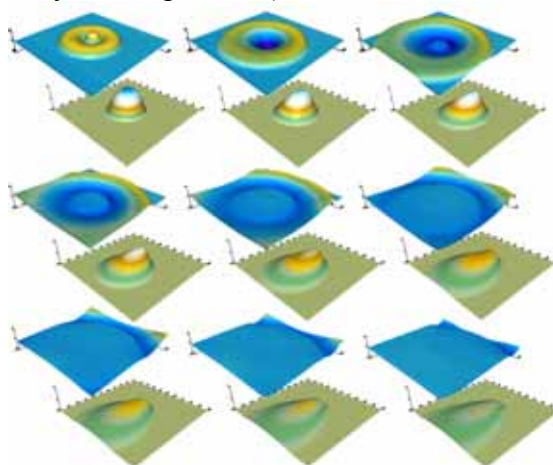


Рис. 10. Моделирование процесса волнообразования движением оползневой массы, представляемой плотной жидкостью. Нижние фрагменты – движение оползня, верхние – волны на поверхности воды. Левая колонка – оползень максимальной плотности, средняя – умеренной, правая – малой.

3.7. *Степень новизны полученных результатов*

Результаты, полученные исполнителями в 2007 году являются безусловно новыми и в значительной степени базируются на заделе, созданном при выполнении предыдущего этапа проекта и работ, выполнявшихся при поддержке РФФИ в 2003-2005 годах.

3.8. *Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем*

Все результаты соответствуют мировому уровню исследований в данной области. Разработанные математические модели, численные алгоритмы и результаты моделирования оползневого механизма генерации волн цунами в прибрежной зоне прошли апробацию на крупных международных и национальных научных форумах:

* IV Международная конференция по прикладной математике (г. Пловдив, Болгария, август 2007);

* Научная сессия Отделения информационных технологий и вычислительных систем РАН «Фундаментальные основы информационных технологий и систем» (5 июня 2007 г., г. Москва);

* 3-е Российско-Немецкое Совещание по перспективным исследованиям в вычислительных науках и высокопроизводительных вычислениях (23-27 июля 2007 г., Новосибирск, Россия);

* IX Всероссийская конференция "Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф" (17–22 сентября 2007 г., Барнаул).

3.9. *Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта*

Оригинальность и новизна применявшихся исполнителями проекта методов и подходов обеспечивались главным образом двумя факторами – их комплексным характером и одновременным использованием альтернативных методик. Так, для моделирования генерации поверхностных волн использовались не отдельная модель, а иерархия математических моделей и порожденная этой иерархией совокупность вычислительных алгоритмов, построенных на единой методологической основе.

Здесь же следует указать на использование в процессе исследований «твердотельной» и «жидкостной» модели оползневой среды, проведение расчетов в рамках полной гидродинамической модели как с использованием конечно-разностных алгоритмов, так и с помощью алгоритмов, основанных на методе граничных элементов. При этом конечно-разностные схемы для аппроксимации полной и приближенных моделей конструировались как на традиционных равномерных сетках, так и на адаптивных криволинейных сетках. Для расчетов в рамках полной модели реализовывались различные методики адаптации сетки к изменяющейся форме донной поверхности. Применение альтернативных подходов распространялось и на методы программной реализации вычислительных алгоритмов, где наряду с обычными, «последовательными» подходами были задействованы методы параллельного программирования, позволяющие проводить ресурсоемкие вычислительные эксперименты на высокопроизводительных вычислительных устройствах (кластерах).

Проведение вычислительных экспериментов в широком диапазоне изменения характерных параметров задачи, учет проявляемых при этом особенностей различных моделей и алгоритмов обеспечивали адекватное толкование численных решений. В то же время, выполнение расчетов на вложенных сетках вместе с тщательным предварительным тестированием позволили отфильтровывать нефизические эффекты.

Для более точного описания дисперсионной картины применялись разностные схемы повышенного порядка аппроксимации, позволяющие исключить значительную по величине численную дисперсию, присутствующую в схемах второго порядка аппроксимации, с тем, чтобы физическая дисперсия не искажалась численной.

Существенное методическое значение имело применение полных уравнений

гидродинамики идеальной жидкости, которые использовались как «эталонная» модель, дающая решения, наиболее близкие к результатам лабораторного эксперимента.

Важнейшим методическим приемом обеспечения вычислительной точности нелинейных алгоритмов и адекватности применяемых математических моделей стала тщательно продуманная и обоснованная система выбора тестовых задач и модельных акваторий.

- 3.10.1. *Количество научных работ, опубликованных в ходе выполнения проекта*
23
- 3.10.2. *Количество научных работ, подготовленных в ходе выполнения проекта и принятых к печати в 2007 г.*
15
- 3.11. *Участие в научных мероприятиях по тематике проекта, которые проводились при финансовой поддержке Фонда*
2
- 3.12. *Использовалось ли оборудование центров коллективного пользования*
нет
- 3.13. *Участие в экспедициях по тематике проекта, проводимых при финансовой поддержке Фонда*
0
- 3.14. *Финансовые средства, полученные от РФФИ*
350000 руб.
- 3.15. *Вычислительная техника и научное оборудование, приобретенные на средства Фонда*
- 3.16. *Адреса (полностью) ресурсов в Internet, подготовленных авторами по данному проекту*
http://www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+171+12626
http://www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+171+12634
http://www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+171+12635
http://www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+148+10290
http://www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+148+10496
- 3.17. *Библиографический список всех публикаций по проекту*
 1. Beisel S.A., Chubarov L.B., Fedotova Z.I., and Khakimzyanov G.S. On the approaches to a numerical modeling of landslide mechanism of tsunami wave generation // Communications in Applied Analysis. 11 (2007). No. 1, pp.121-135
 2. Beisel S.A., Chubarov L.B., Fedotova Z.I., Khakimzyanov G.S. Modeling of generation of tsunami waves by movement of a landslides in view of vertical structure of flow // High Speed Hydrodynamics and Numerical Simulation: Proceedings of the Third International Summer Scientific Workshop – Kemerovo, 2006 – P. 97-104.
 3. Chubarov L.B., Beisel S.A., Fedotova Z.I. Modeling of generation of tsunami waves by movement of a landslide // Third International Conference Of Applied Mathematics – Plovdiv, 2006. – P. 62.
 4. Chubarov Leonid B. Mathematical modelling in constructing Kamchatka regional tsunami warning systems // In: Abstracts of The Fourth International Conference of Applied Mathematics and Computing, V. 1, August 12-18, 2007 Plovdiv, Bulgaria. Editor Svetoslav Nenov, pp. 76-77
 5. Fedotova Z.I., Chubarov L.B., Shokin Yu.I. Simulation of surface waves induced by landslides // International Journal of Fluid Mechanics Research – Redding, 2006 – Vol. 33. – No. 1. – P. 2-14.
 6. Shokin Yu.I., Fedotova Z.I., Khakimzyanov G.S., Chubarov L.B., Beisel S.A. Modelling surface waves generated by a moving landslide with allowance for vertical flow structure// Rus. J. Numer. Anal. Math. Modelling. – 2007. – Vol. 22. – №1. – pp. 63–85.
 7. Shokin, Yu. I., L. B. Chubarov, Z. I. Fedotova, S. A. Beisel, and S. V. Eletsky (2006), Principles of numerical modeling applied to the tsunami problem, // Russ. J. Earth Sci., 8,

ES6004, doi:10.2205/2006ES000216. ISSN: 1681–1208 (online) 23 p.

8. Shokin Yu.I., Sergeeva Yu.V., Khakimzyanov G.S. Predictor-corrector scheme for shallow water equations // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling - Utrecht, Tokyo, 2006. - Vol. 21. - No. 5. - P. 459-479.

9. Бабайлов В.В., Чубаров Л.Б. Моделирование стокового механизма генерации волн цунами в рамках уравнений теории мелкой воды // В кн.: Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф. Тезисы IX Всероссийской конференции (17–22 сентября 2007 г., Барнаул). – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2007. – 138 с. ISBN 978-5-7904-0709-3 стр. 12

10. Бабайлов В.В., Дамбиева Д.Б., Хахимзянов Г.С., Чубаров Л.Б. Численное моделирование стокового механизма генерации волн цунами // Труды международной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании» – Павлодар, 2006. – Т. 1. – С. 160-171.

11. Гусяков В.К., Елецкий С.В., Федотова З.И., Чубаров Л.Б. Обзор и сравнение некоторых программных систем для моделирования цунами // In: Study of natural catastrophes in Sakhalin and Kuril Islands. Proceedings of the I (XIX) International Conference of Young Scientists, devoted to the 60-anniversary of the Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, June, 15-20, 2006 / Eds. ON. Likhacheva. - Institute of Marine Geology and Geophysics FES RAS, 2007. - 263 p. ISBN 5-7442-1439-9, pp. 214-221

12. Федотова З.И., Хахимзянов Г.С., Чубаров Л.Б. Некоторые подходы к моделированию наката волн цунами на участок побережья Бенгальского залива // В кн.: Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф. Тезисы IX Всероссийской конференции (17–22 сентября 2007 г., Барнаул). – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2007. – 138 с. ISBN 978-5-7904-0709-3 стр. 110

13. Федотова З.И., Чубаров Л.Б. Особенности численного моделирования оползневой механизма генерации волн цунами // Вестник ИрГТУ – Иркутск, 2006 – №2 (26). – С. 134-140.

14. Хажоян М.Г. Численное моделирование поверхностных волн над подвижным дном // Вычислительные технологии. 2007. Т. 12. № 4. С. 96-105

15. Шокин Ю.И., Федотова З.И., Чубаров Л.Б. Об использовании методов численного моделирования для оценки катастрофических воздействий длинных волн на прибрежную территорию // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2007, № 4, стр. 104-113

16. Шокин Ю.И., Чубаров Л.Б., Федотова З.И., Гусяков В.К., Бабайлов В.В., Елецкий С.В., Бейзель С.А. Информационно-вычислительные аспекты совершенствования камчатского фрагмента национальной системы предупреждения о цунами // В кн.: Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф. Тезисы IX Всероссийской конференции (17–22 сентября 2007 г., Барнаул). – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2007. – 138 с. ISBN 978-5-7904-0709-3 стр. 119

17. Шокин Ю.И., Федотова З.И., Хахимзянов Г.С., Чубаров Л.Б., Бейзель С.А. Моделирование генерации цунами движением оползня с учетом вертикальной структуры течения // Труды VIII Всероссийской конференции «Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф» – Кемерово, 2005. – С. 3-27.

18. Шокин Ю.И., Чубаров Л.Б. О подходах к численному моделированию оползневой механизма генерации волн цунами // Вычислительные технологии. Специальный выпуск, посвященный 85-летию со дня рождения академика Н.Н. Яненко – Новосибирск, 2006. – Т. 11. – С. 100-111.

19. Елецкий С.В. Программная система моделирования волн цунами NEREUS, опыт разработки: предназначение и реализация // В кн.: Изучение природных катастроф на Сахалине и Курильских островах: сборник материалов I (XIX) Международной конференции молодых ученых, посвященной 60-летию Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, 15-20 июня 2006г. / отв. ред. О.Н. Лихачева,

Южно-Сахалинск. Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН. 2007. - 263 с. ISBN 5-7442-1439-9, стр. 230-236

В печати

1. Shokin Yu.I., Babailov V.V., Beisel S.A., Chubarov L.B., Eletsy S.V., Fedotova Z.I., and Gusyakov V.K. Mathematical modeling in application to regional tsunami warning systems operations // Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design (Novosibirsk, July, 23-27, 2007), Berlin, 2007, (
2. Гусяков В.К., Федотова З.И., Хакимзянов Г.С., Чубаров Л.Б. Некоторые подходы к локальному моделированию наката волн цунами на побережье // Вычислительные технологии, 2008.
3. Шокин Ю.И., Бабайлов В.В., Бейзель С.А., Гусяков В.К., Елецкий С.В., Федотова З.И., Чубаров Л.Б. Информационно-вычислительные аспекты совершенствования Камчатского фрагмента национальной системы предупреждения о цунами // Вычислительные технологии, 2008
4. Березин Е.Н., Бейзель С.А. Параллельная реализация алгоритма для расчета генерации длинных поверхностных волн цунами движением оползня // Вычислительные технологии, 2008

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Федотова З.И.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*
Федотова З.И.
- 9.3.1. *Другие авторы*
Хахимзянов Г.С.; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Чубаров Л.Б.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
Хахимзянов Г.С.
Чубаров Л.Б.
- 9.4. *Название публикации*
Некоторые подходы к моделированию наката волн цунами на участок побережья Бенгальского залива.
- 9.5. *Язык публикации* русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф. Тезисы IX Всероссийской конференции (17–22 сентября 2007 г., Барнаул)
- 9.6.2. *ISSN издания*
- 9.7. *Вид публикации* тезисы доклада
- 9.8. *Завершенность публикации* опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2007
- 9.10.1 *Том издания*
- 9.10.2 *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
110
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Издательство Алтайского университета
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство*
Барнаул
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Статья посвящена разработке методики для расчета наката цунами на реальное побережье. В целях детального исследования особенностей волновой картины вблизи берега предлагается поэтапное решение ряда упрощенных задач для модельных расчетных акваторий, наследующих базовые характеристики реальной области Бенгальского залива, прилегающей к изучаемому участку побережья.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта* 06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Шокин Ю.И.; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)* Шокин Ю.И.
- 9.3.1. *Другие авторы*
Чубаров Л.Б.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Федотова З.И.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Гусяков В.К.; 2; Россия; Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН
Бабайлов В.В.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Елецкий С.В.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Бейзель С.А.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
Чубаров Л.Б.
Федотова З.И.
Гусяков В.К.
Бабайлов В.В.
Елецкий С.В.
Бейзель С.А.
- 9.4. *Название публикации*
Информационно-вычислительные аспекты совершенствования камчатского фрагмента национальной системы предупреждения о цунами.
- 9.5. *Язык публикации* русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф. Тезисы IX Всероссийской конференции (17–22 сентября 2007 г., Барнаул)
- 9.6.2. *ISSN издания*
- 9.7. *Вид публикации* тезисы доклада
- 9.8. *Завершенность публикации* опубликовано
- 9.9. *Год публикации* 2007
- 9.10.1 *Том издания*
- 9.10.2 *Номер издания*
- 9.11. *Страницы* 119
- 9.12.1. *Полное название издательства* Издательство Алтайского университета
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство* Барнаул
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Проведены вычислительные эксперименты для определения мареограмм в защищаемых пунктах вдоль побережья Камчатки, распределения максимальных и минимальных высот волн в этих пунктах. Создан информационный инструментарий, предназначенный для хранения входных данных и результатов моделирования, доступа к ним, управления расчетом и визуализации рассчитанных полей.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

9.1. *Номер проекта* 06-05-64869

9.2.1. *Первый автор*

Гусяков В.К.; 2; Россия; Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН

9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*

Гусяков В.К.

9.3.1. *Другие авторы*

Елецкий С.В.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Федотова З.И.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Чубаров Л.Б.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*

Елецкий С.В.
Федотова З.И.
Чубаров Л.Б.

9.4. *Название публикации*

Обзор и сравнение некоторых программных систем для моделирования цунами.

9.5. *Язык публикации* русский

9.6.1. *Полное название издания*

Изучение природных катастроф на Сахалине и Курильских островах: сборник материалов I (XIX) Международной конференции молодых ученых, посвященной 60-летию Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, 15-20 июня 2006г.

9.6.2. *ISSN издания*

9.7. *Вид публикации* статья в сборнике

9.8. *Завершенность публикации* опубликовано

9.9. *Год публикации* 2007

9.10.1 *Том издания*

9.10.2 *Номер издания*

9.11. *Страницы* 214-221

9.12.1. *Полное название издательства*

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

9.12.2. *Город, где расположено издательство*

Южно-Сахалинск

9.13. *Краткий реферат публикации*

В работе описаны известные авторам, а также наиболее часто цитируемые в научной литературе программные системы и коды для гидродинамического моделирования цунами. Дано сравнение результатов численного эксперимента, выполненного в рамках программной системы Nereus и результатов, полученных при использовании программного комплекса на основе известной программы TUNAMI

9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*

9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
20

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта* 06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Шокин Ю.И.; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*
Шокин Ю.И.
- 9.3.1. *Другие авторы*
Чубаров Л.Б.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Федотова З.И.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
Чубаров Л.Б.
Федотова З.И.
- 9.4. *Название публикации*
Об использовании методов численного моделирования для оценки катастрофических воздействий длинных волн на прибрежную территорию.
- 9.5. *Язык публикации* русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций
- 9.6.2. *ISSN издания*
- 9.7. *Вид публикации*
статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации* опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2007
- 9.10.1 *Том издания*
- 9.10.2 *Номер издания*
4
- 9.11. *Страницы*
104-113
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Всероссийский институт научной и технической информации
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство*
Москва
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
В статье формулируются принципы использования вычислительного инструментария для решения прикладных задач, ориентированных на поддержку принятия решений антикризисными управляющими при угрозе катастрофического воздействия на берега и прибрежные сооружения неуправляемого движения огромных масс воды, вызванного природными или антропогенными катаклизмами.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
7

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

9.1. *Номер проекта* 06-05-64869

9.2.1. *Первый автор*

Yu.I. Shokin @Шокин Юрий Иванович; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)* Shokin Yu.I.

9.3.1. *Другие авторы*

Z.I. Fedotova @Федотова Зинаида Ивановна; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

G.S. Khakimzyanov @Хакимзянов Гаяз Салимович; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

L.V. Chubarov @Чубаров Леонид Борисович; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

S.A. Beisel @Бейзель Софья Александровна; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*

Fedotova Z.I.

Khakimzyanov G.S.

Chubarov L.V.

Beisel S.A.

9.4. *Название публикации* Modelling surfaces waves generated by a moving landslide with allowance for vertical flow structure.

9.5. *Язык публикации* английский

9.6.1. *Полное название издания*

Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling

9.6.2. *ISSN издания*

9.7. *Вид публикации* статья в журнале

9.8. *Завершенность публикации* опубликовано

9.9. *Год публикации* 2007

9.10.1 *Том издания* 22

9.10.2 *Номер издания* 1

9.11. *Страницы* 63-85

9.12.1. *Полное название издательства* VNU Science Press BV

9.12.2. *Город, где расположено издательство*

9.13. *Краткий реферат публикации*

В статье излагаются результаты, полученные при численном исследовании механизма генерации волн цунами движением затопленного оползня, которое имитируется скольжением твердого тела по откосу. Выполнен комплекс многопараметрических расчетов с помощью алгоритмов, основанных на иерархии приближенных и полных моделей волновой гидродинамики. Исследованы основные определяющие зависимости процесса волнообразования от характеристик оползня. Анализ решений позволил оценить степень влияния вертикальной структуры течения и определить область применимости приближенных моделей.

9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*

9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта* 06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Beisel S.A. @Бейзель Софья Александровна; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)* Beisel S.A.
- 9.3.1. *Другие авторы*
Chubarov L.V. @Чубаров Леонид Борисович; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Fedotova Z.I. @Федотова Зинаида Ивановна; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Khakimzyanov G.S. @Хакимзянов Гаяз Салимович; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
Chubarov L.V.
Fedotova Z.I.
Khakimzyanov G.S.
- 9.4. *Название публикации*
On the approaches to a numerical modeling of landslide mechanism of tsunami wave generation.
- 9.5. *Язык публикации* английский
- 9.6.1. *Полное название издания* Communications in Applied Analysis
- 9.6.2. *ISSN издания* 1083-2564
- 9.7. *Вид публикации* статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации* опубликовано
- 9.9. *Год публикации* 2007
- 9.10.1 *Том издания* 11
- 9.10.2 *Номер издания* 1
- 9.11. *Страницы*
121-135
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Dynamic Publishers
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство*
Atlanta, USA
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
В статье излагаются результаты численного моделирования оползневой генерации волн цунами. Исследование основано на многопараметрических расчетах с использованием иерархии моделей волновой гидродинамики. Определены зависимости процесса волнообразования от длины и толщины оползня, глубины его залегания и законов движения. Сравниваются результаты, полученные с помощью полной и приближенных гидродинамических моделей, оценен вклад вертикальных компонент движения, определены области адекватности приближенных моделей.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
15

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

9.1. *Номер проекта* 06-05-64869

9.2.1. *Первый автор* Shokin Yu.I. @Шокин Юрий Иванович; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)* Shokin Yu.I.

9.3.1. *Другие авторы*

Chubarov L.V. @Чубаров Леонид Борисович; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Fedotova Z.I. @Федотова Зинаида Ивановна; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Gusyakov V.K. @Гусяков Вячеслав Константинович; 2; Россия; Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН

Babailov V.V. @Бабайлов Вадим Валерьевич; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Weisel S.A. @Бейзель Софья Александровна; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Eletsky S.V. @Елецкий Станислав Викторович; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*

Chubarov L.V.

Fedotova Z.I.

Gusyakov V.K.

Babailov V.V.

Weisel S.A.

Eletsky S.V.

9.4. *Название публикации* Mathematical modelling in regional tsunami warning systems.

9.5. *Язык публикации* английский

9.6.1. *Полное название издания* Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design

9.6.2. *ISSN издания*

9.7. *Вид публикации* статья в журнале

9.8. *Завершенность публикации* принято в печать

9.9. *Год публикации* 2008

9.10.1 *Том издания*

9.10.2 *Номер издания*

9.11. *Страницы*

9.12.1. *Полное название издательства* Springer

9.12.2. *Город, где расположено издательство* Germany

9.13. *Краткий реферат публикации* В работе обсуждается опыт применения современных информационно-вычислительных технологий для наполнения информационных баз о проявлениях цунами у побережья Камчатки с использованием результатов специально организованных вычислительных экспериментов по моделированию трансформации волн цунами на трассах от источника начального возмущения до побережья.

9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*

9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы* 11

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

9.1. *Номер проекта* 06-05-64869

9.2.1. *Первый автор*

Шокин Ю.И.; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*

Шокин Ю.И.

9.3.1. *Другие авторы*

Чубаров Л.Б.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Федотова З.И.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Гусяков В.К.; 2; Россия; Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН

Бабайлов В.В.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Елецкий С.В.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Бейзель С.А.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*

Чубаров Л.Б.

Федотова З.И.

Гусяков В.К.

Бабайлов В.В.

Елецкий С.В.

Бейзель С.А..

9.4. *Название публикации*

Информационно-вычислительные аспекты совершенствования камчатского фрагмента национальной системы предупреждения о цунами.

9.5. *Язык публикации* русский

9.6.1. *Полное название издания*

Вычислительные технологии

9.6.2. *ISSN издания* 1560-7534

9.7. *Вид публикации* статья в журнале

9.8. *Завершенность публикации* принято в печать

9.9. *Год публикации* 2008

9.10.1 *Том издания* 13

9.10.2 *Номер издания*

9.11. *Страницы*

9.12.1. *Полное название издательства*

Институт Вычислительных технологий СО РАН

9.12.2. *Город, где расположено издательство* Новосибирск

9.13. *Краткий реферат публикации*

Статья посвящена разработке базы данных о проявлении волн цунами вдоль восточного побережья Камчатки. Авторами предложена совокупность технологических приемов, изложены принципы, опыт и результаты их реализации.

9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*

9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы* 11

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

9.1. *Номер проекта* 06-05-64869

9.2.1. *Первый автор* Гусяков В.К.; 2; Россия; Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН

9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)* Гусяков В.К.

9.3.1. *Другие авторы*

Федотова З.И.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Хакимзянов Г.С.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

Чубаров Л.Б.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН

9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*

Федотова З.И.

Хакимзянов Г.С.

Чубаров Л.Б.

9.4. *Название публикации*

Некоторые подходы к моделированию наката волн цунами на участок побережья.

9.5. *Язык публикации*

русский

9.6.1. *Полное название издания*

Вычислительные технологии

9.6.2. *ISSN издания*

1560-7534

9.7. *Вид публикации*

статья в журнале

9.8. *Завершенность публикации*

принято в печать

9.9. *Год публикации*

2008

9.10.1 *Том издания* 13

9.10.2 *Номер издания*

9.11. *Страницы*

9.12.1. *Полное название издательства*

Институт Вычислительных технологий СО РАН

9.12.2. *Город, где расположено издательство*

Новосибирск

9.13. *Краткий реферат публикации*

Работа посвящена разработке методики для расчета наката цунами на реальное побережье.

В целях детального исследования особенностей волновой картины вблизи берега

предлагается поэтапное решение ряда упрощенных задач для модельных расчетных

акваторий, наследующих базовые характеристики изучаемого фрагмента реальной

прибрежной зоны. Излагаются результаты, непосредственно связанные с моделированием

наката цунами на побережье Бенгальского залива.

9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*

9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы* 21

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта* 06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Leonid V. Chubarov @Чубаров Леонид Борисович; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*
Chubarov L.V.
- 9.3.1. *Другие авторы*
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
- 9.4. *Название публикации*
Mathematical modelling in constructing Kamchatka regional tsunami warning systems.
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Abstracts of The Fourth International Conference on Applied Mathematics and Computing
- 9.6.2. *ISSN издания*
- 9.7. *Вид публикации*
тезисы доклада
- 9.8. *Завершенность публикации* опубликовано
- 9.9. *Год публикации* 2007
- 9.10.1 *Том издания* 1
- 9.10.2 *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
76-77
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Technical University
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство*
Plovdiv, Bulgaria
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Излагаются результаты, полученные сотрудниками Института вычислительных технологий СО РАН и других новосибирских институтов, в работе по проекту конструирования нового поколения системы предупреждения о цунами для Тихоокеанского побережья п-ва Камчатка. Целью проекта является разработка технологии пополнения базы данных о возможностях проявления катастрофических волн цунами с использованием специальных серий вычислительных экспериментов. На первом этапе работы предполагается конструирование совокупности характерных источников цунамигенных землетрясений, используемых впоследствии для расчета начальных возмущений поверхности океана. На следующем этапе выполняется моделирование трансформации волны цунами на трассе от зоны генерации до берега. Результаты работы представляются в систему поддержки принятия решений для обеспечения адекватных действий по смягчению вероятных последствий катастрофических волн.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Елецкий С.В.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*
Елецкий С.В.
- 9.3.1. *Другие авторы*
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
- 9.4. *Название публикации*
Программная система моделирования волн цунами NEREUS, опыт разработки: предназначение и реализация.
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Изучение природных катастроф на Сахалине и Курильских островах: сборник материалов I (XIX) Международной конференции молодых ученых, посвященной 60-летию Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, 15-20 июня 2006г.
- 9.6.2. *ISSN издания*
- 9.7. *Вид публикации*
тезисы доклада
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2007
- 9.10.1 *Том издания*
- 9.10.2 *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
230-236
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство*
Южно-Сахалинск
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Создана программная система, моделирующая трансформацию волн цунами при их распространении к побережью и при взаимодействии с прибрежными структурами. Разработаны специальные меры и подходы, направленные на уменьшение и предотвращение нежелательных численных эффектов. Выполнено моделирование ряда исторических событий.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта* 06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор* Бабайлов В.В.; 1; Россия; Новосибирский государственный университет
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*
Бабайлов В.В.
- 9.3.1. *Другие авторы*
Чубаров Л.Б.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
Чубаров Л.Б.
- 9.4. *Название публикации*
Моделирование стокового механизма генерации волн цунами в рамках уравнений теории мелкой воды.
- 9.5. *Язык публикации* русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф. Тезисы IX Всероссийской конференции (17-22 сентября 2007 г., Барнаул).
- 9.6.2. *ISSN издания*
- 9.7. *Вид публикации* тезисы доклада
- 9.8. *Завершенность публикации* опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2007
- 9.10.1 *Том издания*
- 9.10.2 *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
12
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Издательство алтайского университета
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство*
Барнаул
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Рассматриваются результаты моделирования поверхностных волн, возникающих при кратковременном стоке жидкости в донные трещины, образующиеся в результате землетрясения. Для моделирования стокового механизма генерации волн цунами, возникающих в результате быстрого локального понижения уровня воды, последующего столкновения встречных фронтов и распада образующегося возвышения свободной поверхности на длинные волны большой амплитуды использовалась нелинейная модель мелкой воды с источниковыми членами, описывающими вытекание жидкости через щели, выведенная Г.С.Хакимзяновым. Нелинейные уравнения мелкой воды аппроксимировались схемой распада разрыва С.К. Годунова.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
1

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта* 06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Шокин Ю.И.; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*
Шокин Ю.И.
- 9.3.1. *Другие авторы*
Федотов А.М.; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Чубаров Л.Б.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
Федотов А.М.
Чубаров Л.Б.
- 9.4. *Название публикации*
Информационно-телекоммуникационные системы поддержки принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций.
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Проблемы снижения риска и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Сибирского региона. Материалы научно-практической конференции.
- 9.6.2. *ISSN издания*
- 9.7. *Вид публикации*
статья в сборнике
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2006
- 9.10.1 *Том издания*
- 9.10.2 *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
13-24
- 9.12.1. *Полное название издательства*
МЧС
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство*
Новосибирск
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Формулируются принципы использования вычислительного инструментария для решения прикладных задач проблемы цунами, ориентированных на поддержку принятия решений антикризисными управляющими.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
10

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта* 06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Shokin Yu.I. @Шокин Юрий Иванович; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*
Shokin Yu.I.
- 9.3.1. *Другие авторы*
Chubarov L.B. @Чубаров Леонид Борисович; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Fedotova Z.I. @Федотова Зинаида Ивановна; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Beizel S.A. @Бейзель Софья Александровна; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Eletsky S.V. @Елецкий Станислав Викторович; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
Chubarov L.B.
Fedotova Z.I.
Beizel S.A.
Eletsky S.V.
- 9.4. *Название публикации*
Principles of numerical modelling applied to the tsunami problem.
- 9.5. *Язык публикации* английский
- 9.6.1. *Полное название издания* Russian journal of Earth sciences
- 9.6.2. *ISSN издания* 1681-1208
- 9.7. *Вид публикации* статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации* опубликовано
- 9.9. *Год публикации* 2006
- 9.10.1 *Том издания*
- 9.10.2 *Номер издания* 8
- 9.11. *Страницы* 23
- 9.12.1. *Полное название издательства* American Geophysical Union, The World Publishing Service
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство* New-York, USA
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
В статье излагаются основные принципы управления информационными потоками в условиях кризисов, вызванных природными и техногенными катастрофами. Изложение основано на известном авторам опыте реализации ряда крупных международных проектов, а также на собственном опыте по развитию информационно-телекоммуникационных ресурсов СО РАН и по созданию информационной поддержки национальных систем предупреждения о цунами.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы* 11

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Е.Н. Березин; 2; Россия; Кемеровский государственный университет
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*
Березин Е.Н.
- 9.3.1. *Другие авторы*
С.А. Бейзель; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
Бейзель С.А.
- 9.4. *Название публикации*
Параллельная реализация алгоритма для расчета генерации длинных поверхностных волн цунами движением оползня.
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Вычислительные технологии
- 9.6.2. *ISSN издания*
1560-7534
- 9.7. *Вид публикации*
статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации*
принято в печать
- 9.9. *Год публикации*
2008
- 9.10.1 *Том издания*
- 9.10.2 *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство*
Новосибирск
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Работа посвящена численному исследованию оползневого механизма генерации волн цунами с использованием современных вычислительных технологий и методов параллельного программирования.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
17

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОЕКТА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Хажоян М.Г.;2;Россия;Институт вычислительных технологий СО РАН;
- 9.2.2. *Первый автор (для издания библиографических сборников)*
Хажоян М.Г.
- 9.3.1. *Другие авторы*
- 9.3.2. *Другие авторы (для издания библиографических сборников)*
- 9.4. *Название публикации*
Численное моделирование поверхностных волн над подвижным дном
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Вычислительные технологии
- 9.6.2. *ISSN издания*
1560-7534
- 9.7. *Вид публикации*
статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2007
- 9.10.1 *Том издания*
12
- 9.10.2 *Номер издания*
4
- 9.11. *Страницы*
96-105
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.12.2. *Город, где расположено издательство*
Новосибирск
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
В статье представлены результаты численного моделирования процесса генерации поверхностных волн подводным оползнем, движущимся по плоскому наклонному дну. Численный алгоритм основан на конечно-разностной схеме для уравнений в подвижной системе координат, описывающих потенциальные течения идеальной жидкости со свободной границей. Изучена зависимость основных характеристик генерируемой волны от угла наклона дна, толщины оползня и его ускорения в широком диапазоне изменения этих параметров.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*

Подпись руководителя проекта

Форма 510. ЗАЯВКА НА 2008 г.

10.1. *Номер проекта*

06-05-64869

10.2. *Коды классификатора*

05-513 01-201

10.3. *Ключевые слова*

оползневый механизм генерации волн, математическое моделирование

10.4. *Цели очередного годовичного этапа, связь с основной задачей проекта*

Целью заключительного этапа 2008 г. является завершение разработки вычислительного инструментария для исследования оползневого механизма генерации волн в прибрежной зоне с учетом нелинейных и дисперсионных эффектов и проведение содержательного вычислительного моделирования волновых режимов, возникающих в близких к реальным акваториях для определения наиболее важных характеристик исследуемого процесса. В ходе планируемых работ будут использованы предложенные в 2007 г. подходы к повышению качества, точности и достоверности численного моделирования.

Результатом выполнения этапа и проекта в целом станут новые знания о природе волн, генерируемых в прибрежной зоне океана перемещением притопленных масс грунта. Эти результаты представляются чрезвычайно важными, в частности, для понимания ключевых механизмов зарождения волн цунами подводными оползнями, приходящими в движение даже при относительно слабых землетрясениях.

Созданные авторским коллективом математические модели, вычислительные алгоритмы и компьютерные программы станут эффективным инструментом для продолжения исследований волновых процессов в океане.

10.5. *Ожидаемые в конце 2008 г. научные результаты*

На третьем этапе (2008 г.) будет завершено тестирование методик моделирования оползневого механизма генерации волн в рамках полной гидродинамической модели с использованием адаптивных сеток, будут определены эффективные способы управления свойствами этих сеток и соответствующих алгоритмов для обеспечения желательной точности результатов.

Аналогичная работа будет проведена и для двумерных в плане моделей, основанных на приближенных гидродинамических моделях. Будет определена возможность распространения разработанных методик на некоторые из рассматриваемых в проекте нелинейно-дисперсионных моделей.

Будут созданы версии вычислительных алгоритмов, предназначенных для совместного моделирования генерации волн оползнем и наката этих волн, на побережье модельных и реальных акваторий.

Для упомянутых <плановых> моделей будут разработаны вычислительные методики моделирования изучаемых явлений с использованием локально вложенных измельчающихся сеток.

Содержательные вычислительные эксперименты будут проведены для совокупности построенных в 2007 г. модельных акваторий. В ходе этих экспериментов будет определена зависимость волновых характеристик от расположения оползня на близких к реальным структурах рельефа дна и от специфических особенностей движения оползней.

Будет выполнено сопоставление результатов, полученных в двумерных (в плане) постановках с использованием различных моделей, вычислительных алгоритмов и

методик, а также с использованием различных подходов к описанию источника возмущения – движущейся притоленной среды.

10.6. *Общий объем финансирования на 2008 год*
400000

10.7. *Краткое обоснование запрашиваемого объема финансирования*

10.8.1. *Сроки проведения в 2008 г. экспедиции по тематике проекта*
нет

10.8.2. *Ориентировочная стоимость экспедиции (в руб.)*
0

10.8.3. *Регион проведения экспедиции*

10.8.4. *Название района проведения экспедиции*
нет

10.9. *Список основных исполнителей проекта на 2008 год, заверенный их личными подписями*

Чубаров Леонид Борисович,

Федотова Зинаида Ивановна,

Хакимзянов Гаяз Салимович,

Бейзель Софья Александровна,

Бабайлов Вадим Валерьевич,

Елецкий Станислав Викторович,

Гагарина Елена Витальевна

Подпись руководителя проекта