



НОМЕР ПРОЕКТА 05-05-64460		УЧЕТНАЯ КАРТОЧКА
НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА Оценка воздействия экстремальных длинных волн на прибрежные зоны океана методами математического моделирования		
ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ 05 - науки о земле		КОД(Ы) КЛАССИФИКАТОРА 05-513 01-201
ВИД КОНКУРСА а - Инициативные проекты		
ФАМИЛИЯ, ИМЯ, ОТЧЕСТВО РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА Макаренко Николай Иванович		ТЕЛЕФОН РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА (3832)33-31-99
ПОЛНОЕ НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ГДЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ ПРОЕКТ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН ИВМ и МГ СО РАН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН Институт вычислительных технологий СО РАН		
ПОЛНОЕ НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ЧЕРЕЗ КОТОРУЮ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ФИНАНСИРОВАНИЕ Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН		
ОБЪЕМ СРЕДСТВ, ФАКТИЧЕСКИ ПОЛУЧЕННЫХ ЗА 2005 г. 315000 руб.	ОБЪЕМ ФИНАНСИРОВАНИЯ, ЗАПРАШИВАЕМЫЙ НА СЛЕДУЮЩИЙ ГОД 500000 руб.	
Федотова Зинаида Ивановна		
Ляпидевский Валерий Юрьевич		
Чубаров Леонид Борисович		
Мальцева Жанна Львовна		
Королев Юрий Павлович		
Гусяков Вячеслав Константинович		
Попов Евгений Анатольевич		
Левин Борис Вульфович		
Бабайлов Вадим Валерьевич		
ПОДПИСЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА	ДАТА ПОДАЧИ ОТЧЕТА 26.12.2005	
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	

ОТЧЕТ ЗА 2005 ГОД ПО ПРОЕКТУ РФФИ 05-05-64460-а

<i>Статус отчета:</i>	подписан
<i>Дата подписания:</i>	26.12.2005
<i>Подписал:</i>	Макаренко Николай Иванович
<i>Отчет распечатан:</i>	26.12.2005

Форма 501. КРАТКИЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

1.1. Номер проекта

05-05-64460

1.2. Руководитель проекта

Макаренко Николай Иванович

1.3. Название проекта

Оценка воздействия экстремальных длинных волн на прибрежные зоны океана методами математического моделирования

1.4. Вид конкурса

а - Инициативные проекты

1.5. Год представления отчета

2006

1.6. Вид отчета

этап 2005 года

1.7. Краткая аннотация

Построены новые математические модели нелинейных длинных волн, учитывающие дисперсионные эффекты, плотностную стратификацию воды и формирование турбулентных слоев при обрушении волн в мелководной зоне. Проведены натурные экспериментальные исследования процессов трансформации внутренних волн на шельфе, моделирующие выход длинной волны на берег.

Исследована возможность использования принципа взаимности для совершенствования средств оперативного прогноза цунами.

Показана его применимость к волнам цунами для случая источников, имеющих одинаковый характер возмущений и подобные формы.

Выведен критерий подобия.

Разработан прототип интерактивной графической оболочки, включающей в себя глобальную базу данных по наблюдениям исторических цунами, блок расчета распространения цунами в океане с реальным рельефом дна в рамках нелинейной модели мелкой воды и средства картографической поддержки.

Создана и реализована пробная версия компьютерной модели, воспроизводящей трансформацию волн цунами при их распространении к побережью и при взаимодействии с прибрежными структурами. В модели предусмотрены средства обеспечения отчуждаемости, мобильности, высокой надежности модели и ее устойчивости как по отношению к ошибкам ввода большого объема информации, так и по отношению к нерегулярным ситуациям, возникающим в процессе вычислений. Модель реализована с использованием средств языка программирования Фортран (стандарт Fortran 95) и библиотек WinAPI в форме программной системы "Нерей", обладающей дружественным диалоговым интерфейсом описания ввода-вывода, обмена информации и управления расчётом.

Проведены серии тестовых расчётов, в том числе с использованием доступной информации о реальных событиях (Индонезийское цунами 2004 г. и PNG-цунами 1998 г.). Анализ полученных результатов, сравнение с натурными наблюдениями, сопоставление с имеющимися в научной литературе аналитическими и экспериментальными данными позволяют сделать предварительные выводы о правомерности предложенного в проекте подхода к созданию интегрированной информационно-вычислительной системы (стенда) с целью изучения длинноволновых процессов в океане.

1.8. Полное название организации, где выполняется проект
Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН
НИУ Институт вычислительных технологий СО РАН
ИВМ и МГ СО РАН
ГУ Институт морской геологии и геофизики ДВО 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

05-05-64460

2.2. Руководитель проекта

Makarenko Nikolai Ivanovich

2.3. Название проекта

Evaluation of extreme long waves impact on the ocean coast by means of mathematical modeling

2.4. Год представления отчета

2006

2.5. Вид отчета

этап 2005 года

2.6. Краткая аннотация

We construct a family of new mathematical models of nonlinear long waves under the action of dispersion, density stratification and turbulent layer formation due to the wave breaking in shallow water. The transformations of internal waves on the shelf was studied experimentally in order to simulate the long wave run-up.

The applicability of the reciprocity relation to tsunamis was analyzed from a positions of similarity and dimensions theory and exact analytical solution. It was obtained that the reciprocity relation is valid for sources with identical disturbance character and similar forms. The similarity criterion was derived.

A prototype computer based integrated environment was developed. The integrated environment provides access to the global historical tsunami database, maps, and to procedures for modeling tsunami propagation in the ocean with real bathymetry.

A computer model for numerical modeling of tsunami waves at their propagation toward the coast and at their interaction with inshore structures was developed. The model provides means to ensure mobility, reliability, and stability to errors in the input and to nonregularities arising during computations.

The model is implemented using the programming language FORTRAN 95 in the form of the program system "Nereus" with a user-friendly interface.

Series of test runs, on available data about actual events (Indonesian tsunami of 2004 and PNG-tsunami of 1998) were conducted. The results show in good agreement with full-scale observations. Comparison with available in the scientific literature analytical and experimental data allows us to make a preliminary conclusion about the adequacy of the proposed approach for the purpose of creation of an integrated information and computation system for analysis of long-wave processes in the ocean.

2.7. Полное название организации, где выполняется проект

Lavrentyev Institute of Hydrodynamics of the Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences
Institute of Computational Technologies SB RAS
Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics
Institute of Marine Geology and Geophysics FE RAS

Подпись руководителя проекта

Форма 503. РАЗВЕРНУТЫЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

3.1. *Номер проекта*

05-05-64460

3.2. *Название проекта*

Оценка воздействия экстремальных длинных волн на прибрежные зоны океана методами математического моделирования

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

05-513 01-201

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

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы, связанной с получением комплексных оценок риска разрушительного воздействия экстремальных волн типа цунами на побережье на основе теоретического изучения механизмов генерации, трансформации и разрушения нелинейных волн в прибрежных зонах океана.

В рамках первого этапа проекта (2005 г.) планировалось:

- отобрать базовые предметные задачи, описывающие длинноволновые процессы в краевых частях океана, включая очень важный для практических целей случай генерации цунами оползневыми подвижками на морском дне;
- разработать новые математические и информационные модели и сформулировать корректные постановки соответствующих математических задач, предложить адекватные численные алгоритмы для решения этих задач;
- разработать и модифицировать численные алгоритмы на основе конечно-разностных схем типа схемы Мак-Кормака, схем “предиктор-корректор”, “распада разрыва” и метода расщепления;
- выполнить теоретическое и экспериментальное исследование дифференциальных и численных моделей в части их устойчивости, свойств аппроксимации и параметров сходимости;
- провести тестовые расчеты с использованием созданных математических моделей и прообраза информационной системы.

3.5. *Степень выполнения поставленных в проекте задач*

Поставленные цели этапа 2005 г. достигнуты полностью, сформулированные задачи в целом выполнены.

3.6. *Полученные за отчетный период важнейшие результаты*

За первый год работы над проектом по каждому из перечисленных направлений были достигнуты достаточно серьезные результаты. Наиболее существенно удалось продвинуться в части разработки новых математических (дифференциальных и численных) и информационных моделей. Ниже приводится структурированный в соответствии с исходной заявкой перечень наиболее важных результатов.

- По первому направлению, связанному с конструированием

базового набора содержательных модельных проблем, была предложена серия тестовых задач направленная на исследование следующих вопросов.

* Исследование адекватности применяемых вычислительных моделей для описания физической картины трансформации волн.

* Креш-тестирование.

* Воссоздание данных для компьютерного моделирования ряда исторических событий, связанных с трансформацией волн цунами. В основном работа велась с материалами прошлогоднего декабрьского цунами в Индийском океане. Кроме задач на «реальной» батиметрии были поставлены задачи на ее моделях (с неизменной береговой линией и с ее предельным упрощением).

- По второму направлению (разработка новых математических и информационных моделей) следует отметить цикл исследований (в длинноволновом приближении) течения однородной жидкости над неровным дном. Здесь предложена математическая модель, учитывающая как дисперсионные эффекты, так и формирование турбулентного верхнего слоя при обрушении поверхностных гравитационных волн. Анализ асимптотического поведения нелинейных возмущений на фронте волны позволил определить условия перехода от гладких течений к обрушивающимся волнам при стационарном обтекании локального препятствия сверхкритическим потоком.

Построена также модель второго длинноволнового приближения, описывающая распространение стационарных волн в двухслойной жидкости с экспоненциальной стратификацией в одном из слоев. Эта модель предназначена для оценки экстремальных параметров волн в мелководной зоне. В рамках модели получены дисперсионные зависимости для уединенных волн и определены резонансные значения денсиметрических чисел Фруда главной волновой моды в стратифицированном слое и моды внутренних волн в пикноклине.

На основе исследования принципа взаимности для длинных нестационарных волн намечены пути решения проблемы оперативного прогноза цунами, для чего построена численная модель принципа взаимности (приближенного принципа взаимности) для нестационарных длинных волн, подтверждена его справедливость и установлены границы применимости.

С использованием предложенного ранее формата HTDB, ставшего фактически международным стандартом, создана база данных по наблюдениям цунами в регионе Индийского океана. Вместе с созданными ранее в рамках выполнения проектов РФФИ 98-07-90233, 01-07-90199, 02-05-64519, 04-07-90069 базами данных по наблюдениям цунами для Тихого и Атлантического океанов и Средиземного моря, она была конвертирована в единую глобальную базу данных по проблеме цунами, покрывающую

период с 1628 года до н.э. по 2005 год и содержащую 2250 событий.

На основе технологии .NET создан прототип новой full 3D графической оболочки GlobalITDB (Global Integrated Tsunami DataBase) с глобальным покрытием, предоставляющей пользователю удобные интерактивные средства работы с данными, цифровыми картами и моделями.

В части разработки и реализации вычислительных алгоритмов, была создана и реализована пилотная версия численной модели, воспроизводящей трансформацию волн цунами при их распространении к побережью и при взаимодействии с прибрежными структурами. Базовые свойства этой модели обеспечат отчуждаемость, мобильность, высокую надежность, а также устойчивость как по отношению к ошибкам ввода большого объема информации, так и по отношению к нерегулярным ситуациям, возникающим в процессе вычислений.

На основе созданной вычислительной модели волн цунами была спроектирована и реализована программная система «Нерей», обладающая дружественным диалоговым интерфейсом описания ввода-вывода, обмена информации и управления расчётом.

Созданный на основе этой системы программный блок для численного моделирования распространения цунами в рамках нелинейной модели мелкой воды был интегрирован в состав графической оболочки WinITDB. Средства этой графической оболочки позволяют пользователю выбрать на обзорной карте Мирового океана район численного эксперимента, задать параметры расчета, выбрать расположение мареографных точек, выполнить расчет и проанализировать его результаты, предоставляемые в виде анимационного видеоролика и расчетных мареограмм в заданных точках расчетной области.

- Созданный в рамках третьего направления работ численный алгоритм модели относится к классу конечно-разностных схем типа Мак-Кормака. Такие схемы часто применяются для численного решения гиперболических уравнений ввиду хороших диссипативных и дисперсионных свойств, а также удобной реализации краевых условий благодаря компактному шаблону.

Для численного решения уравнений мелкой воды (нелинейная теория) применим конечно-разностный метод сквозного счета в фиксированной прямоугольной области, которая включает акваторию и прилегающую к ней часть суши.

- Работы в четвертом (экспериментальном) направлении проводились совместно с сотрудниками Тихоокеанского океанологического института им. В.И.Ильичева ДВО РАН на гидрофизическом полигоне «Шульц» в заливе Петра Великого, где были выполнены экспериментальные исследования трансформации нелинейных внутренних волн на шельфе. Этот

район характеризуется высокой гидрофизической активностью. В результате генерации и последующего распада внутреннего прилива на цуги внутренних волн большой амплитуды (высотой до 10 метров и длиной порядка 300 метров) при соответствующей глубине залегания термоклина (около 30 метров) регулярно воспроизводятся процессы, моделирующие выход длинной волны на берег, включая процесс распространения волны по «сухому руслу», обрушение и последующую турбулентную диссипацию волны.

Все эти явления аналогичны процессам воздействия цунами на прибрежные районы и позволяют верифицировать соответствующие математические модели путем сравнения расчетов эволюции внутренних волн в шельфовой зоне с натурными наблюдениями. Работы выполнены в рамках НИР «Акустическое зондирование внутренних волн в прибрежной зоне Японского моря» и частично финансировались из средств гранта. Предварительные результаты исследований оформлены в виде научно-технического отчета.

- Пятое направление, связанное с программой тестовых испытаний моделей и алгоритмов, включало серию тестовых расчетов, воспроизводивших распространение волн цунами в различных регионах Мирового океана с использованием гипотетических (круговое и эллиптическое поднятие) и реальных (модель очага подводного землетрясения) источников, показавшую устойчивость численных алгоритмов и их пригодность для расчетов реальных исторических цунами. Были также проведены вычислительные эксперименты по решению ряда модельных задач из предложенного (первое направление) набора. В ходе решения этих задач были определены механизмы совершенствования численных алгоритмов, исключающие появление «паразитных» нефизических эффектов. Была продемонстрирована адекватная картина явления, система в целом “выдержала” проведенное достаточно жесткое тестирование.

Наряду с решением модельных тестовых задач, были воссозданы два реальных события (Индонезийское цунами 26.12.2004 г. и PNG-цунами 17.07.1998г.). Механизм генерации начального возмущения последнего с достаточной достоверностью связывается с подводным оползневим процессом. Полученные результаты хорошо согласуются с известными натурными данными и свидетельствуют о возможности использования разработанного в 2005 г. математического инструментария для решения задач цунамирайонирования и т.п.

3.7. *Степень новизны полученных результатов*

Все результаты являются новыми и получены впервые.

3.8. *Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем*

Полученные на первом этапе результаты, безусловно, сопоставимы с мировым уровнем, а по ряду позиций опережают аналогичные зарубежные исследования в данной проблемной области. Этот тезис применим как в части разработки и исследования математических и информационных моделей, так и в части комплексного характера проекта в целом.

Формат данных HTDB, послуживший основой соответствующей информационной системы, является фактически международным стандартом. Вычислительные алгоритмы, реализованные в системе «Нерей», в ходе жестких тестовых испытаний продемонстрировали свое преимущество в сравнении с наиболее распространенным в международном сообществе кодом «TUNAMI».

Предложенные новые математические модели нелинейных волн в мелководной зоне и алгоритмы прошли апробацию на таких крупных международных конференциях как XXIV Международная конференция по прибрежной механике и арктическому машиностроению ОМАЕ-05 (г. Халкидики, Греция, июнь 2005), организованная Американским обществом инженеров-механиков ASME и Национальным техническим университетом Афин; Международная конференция “Потоки и структуры в жидкостях” (г. Москва, июнь 2005), организованная Институтом проблем механики РАН, Московским государственным университетом и Российским государственным гидрометеорологическим университетом; на Конференции по математическому моделированию природных и антропогенных катастроф (Россия, Кемерово, октябрь 2005) и др.

- 3.9. *Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта*
Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта, непосредственно связаны с его основной целью – созданием специализированного вычислительного комплекса (стенда) для персональной ЭВМ, обладающего специально спроектированным интерфейсом и внутренним форматом представления данных. Наличие в составе комплекса полной глобальной базы данных по наблюдениям цунами позволяет использовать их для тестирования имеющихся и вновь создаваемых вычислительных систем для моделирования экстремальных океанических волн типа цунами.

Средством интеграции алгоритмов и данных служит интерактивная графическая оболочка WinITDB, построенная на принципах ГИС-технологий и обеспечивающая эффективное взаимодействие всех компонент комплекса, а также удобные средства работы с данными, цифровыми картами и моделями. При построении и анализе дифференциальных моделей нелинейных длинных волн использовались асимптотические методы и программы символьных аналитических вычислений,

дающие высокую точность приближения (четвертую степень по параметру дисперсии и вторую степень по параметру стратификации).

Экспериментальные исследования проводились методом акустического мониторинга внутренних волн и мелкомасштабных неоднородностей морской среды, позволяющем проследить эволюцию профиля внутренней волны в реальном масштабе времени.

Подход, предлагаемый для решения весьма специфических задач оперативного прогноза цунами, связан с так называемым «принципом взаимности», основанным на свойствах фундаментального решения волнового уравнения – функции Грина. Исполнителями проекта показано, что, несмотря на асимптотический характер, принцип взаимности может быть применен к длинным нестационарным волнам в океане. В численных экспериментах с использованием реальной батиметрии обнаружено, что соотношение взаимности выполняется в случаях, когда расстояния между источниками лишь в два-три раза превышает характерные размеры этих источников.

Коэффициенты корреляции функций, описывающих изменение формы волн во взаимных точках, превышают 0.9.

Оригинальные вычислительные (конечно-разностные) алгоритмы предложены для моделирования взаимодействия волн с берегом – “накат” и отражение волн от стены, проходящей по береговой линии. Здесь предложены два подхода. В первом из них решается задача с динамической линией уреза, а во втором – считается, что береговая линия не меняется с течением времени и по ней возведена вертикальная непроницаемая стенка, от которой происходит отражение волн.

Особенности оригинального алгоритма обработки граничных точек обеспечивают адекватное моделирование взаимодействия волн с объектами произвольной формы и границами вычислительной области произвольной конфигурации. Также разработан подход и методы сглаживания произвольной сеточной функции (батиметрия и рельеф прибрежной зоны).

3.10.1. Количество научных работ, опубликованных в ходе выполнения проекта

6

3.10.2. Количество научных работ, подготовленных в ходе выполнения проекта и принятых к печати в 2005 г.

2

3.11. Участие в научных мероприятиях по тематике проекта, которые проводились при финансовой поддержке Фонда

5

3.12. Использовалось ли оборудование центров коллективного пользования

нет

- 3.13. *Участие в экспедициях по тематике проекта, проводимых при финансовой поддержке Фонда*
1
- 3.14. *Финансовые средства, полученные от РФФИ*
315000 руб.
- 3.15. *Дорогостоящие вычислительная техника и научное оборудование, приобретенные на средства Фонда*
- 3.16. *Адреса (полностью) ресурсов в Internet, подготовленных авторами по данному проекту*
<http://tsun.sscs.ru/htdbpac>
<http://tsun.sscs.ru/htdbatl>
<http://tsun.sscs.ru/htdbmed>

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
05-05-64460
- 9.2. *Первый автор*
С.В. Елецкий; 1; Россия
- 9.3. *Другие авторы*
З.И. Федотова; 1; Россия
Л.Б. Чубаров; 1; Россия
- 9.4. *Название публикации*
Компьютерная модель волн цунами
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6. *Полное название издания*
Информационные и математические технологии в науке, технике и образовании. Часть I. Труды X Байкальской Всероссийской конференции “Информационные технологии в науке, технике и образовании”.
- 9.7. *Вид публикации*
статья в сборнике
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2005
- 9.10. *Том и номер издания*
Часть I.
- 9.11. *Страницы*
138-146
- 9.12. *Полное название издательства*
Иркутск: ИСЭМ СО РАН
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
В статье описана компьютерная модель, воспроизводящая трансформацию волн цунами при их распространении к побережью и при взаимодействии с прибрежными структурами. Компьютерная модель основана на уравнениях нелинейной теории мелкой воды, записанных в декартовой прямоугольной системе координат, с учетом сил Кориолиса и донного трения. Численный алгоритм относится к классу конечно-разностных схем типа Мак-Кормака. Особенности алгоритма обработки граничных точек обеспечивают адекватное моделирование взаимодействия волн с объектами произвольной формы и границами вычислительной области произвольной конфигурации. Разработан подход и методы сглаживания произвольной сеточно-задаваемой функции (батиметрия морского дна и

рельеф прибрежной зоны островов и материков). Обсуждаются вопросы обеспечения отчуждаемости, мобильности, высокой надежности модели и ее устойчивости как по отношению к ошибкам ввода большого объема информации, так и по отношению к нерегулярным ситуациям, возникающим в процессе вычислений.

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

9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
5

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
05-05-64460
- 9.2. *Первый автор*
С.В. Елецкий; 1; Россия
- 9.3. *Другие авторы*
- 9.4. *Название публикации*
Создание компьютерной модели волн цунами
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6. *Полное название издания*
Труды XLIII Международной научной студенческой конференции
“Студент и научно-технический прогресс”
- 9.7. *Вид публикации*
статья в сборнике
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2005
- 9.10. *Том и номер издания*
- 9.11. *Страницы*
175-180
- 9.12. *Полное название издательства*
Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Статья посвящена разработке компьютерной модели, воспроизводящей эволюцию волн цунами при их распространении от источника к побережью. Ядром модели являются конечно-разностные алгоритмы для уравнений нелинейной мелкой воды в декартовой прямоугольной системе координат, с учетом сил Кориолиса и донного трения. Описан созданный диалоговый интерфейс обмена информацией и управления расчетом.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
3

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
05-05-64460
- 9.2. *Первый автор*
Гусяков В.К.; 1; Россия; Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН
- 9.3. *Другие авторы*
Пинегина Т.К.; 2; Россия; Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН
Салтыков В.А.; 2; Россия; Камчатский Филиал Геофизической службы РАН
- 9.4. *Название публикации*
Экспедиция по исследованию последствий цунами 26 декабря 2004 года в северной части Суматры и на близлежащих островах
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6. *Полное название издания*
Вестник КРАУНЦ, Серия наук о Земле
- 9.7. *Вид публикации*
статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2005
- 9.10. *Том и номер издания*
(5)
- 9.11. *Страницы*
17-23
- 9.12. *Полное название издательства*
КРАУНЦ
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
В статье описываются результаты экспедиции на о-в Ниас и о-в Суматра для изучения последствий разрушительного землетрясения и цунами 26 декабря 2004 года, проведенной в январе 2005 года при участии российских специалистов и при финансовой поддержке Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО.
- 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 ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*

05-05-64460

- 9.2. *Первый автор*
Gusiakov V.K.; 1; Russia; Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of the Siberian Division of Russian Academy of Sciences
- 9.3. *Другие авторы*
- 9.4. *Название публикации*
Tsunami hazard and risk assessment for the world Ocean
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6. *Полное название издания*
Racem in Maribus Conference, 31 October – 3 November, Conference Handbook
- 9.7. *Вид публикации*
тезисы доклада
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2005
- 9.10. *Том и номер издания*
- 9.11. *Страницы*
42-43
- 9.12. *Полное название издательства*
Townsville, Australia
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Излагаются основные сведения о явлении цунами, анализируется географическое и временное распределение данных наблюдения цунами, собранных в Глобальном каталоге цунами, анализируются существующие методы оценки долгосрочного цунами-риска. Приведены примеры расчетов цунами-риска, сделанных с помощью интегрированной информационно-экспертной системы «Цунами».
- 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 ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
05-05-64460
- 9.2. *Первый автор*
Gusiakov V.K.; 1; Russia; Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of the Siberian Division of Russian Academy of Sciences
- 9.3. *Другие авторы*
- 9.4. *Название публикации*
Tsunamis – the world most destructive waves in the ocean
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6. *Полное название издания*
Comet/Asteroid Impacts and Human Society, Edited by Peter Bobrowsky and Hans Rickman
- 9.7. *Вид публикации*
статья в сборнике
- 9.8. *Завершенность публикации*
принято в печать
- 9.9. *Год публикации*
2006
- 9.10. *Том и номер издания*
- 9.11. *Страницы*
- 9.12. *Полное название издательства*
Springer Verlag Publishers
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Публикация представляет собой доклад, сделанный на Международной конференции «Кометная и астероидная опасность и человеческое общество». Приводятся оценки возможной высоты волн цунами, возникающих при падении в океан комет и астероидов при различных параметрах (состав, масса, скорость) падающих тел.
- 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 ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
05-05-64460
- 9.2. *Первый автор*
В.Ю.Ляпидевский; 1; Россия; Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090 Новосибирск
- 9.3. *Другие авторы*
Ж.Сюй; 2; Китай; Институт физической океанографии Океанского университета Китая, 266003 Чиньдао, Китай
- 9.4. *Название публикации*
Обрушение волн предельной амплитуды над препятствием
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6. *Полное название издания*
Прикладная механика и техническая физика
- 9.7. *Вид публикации*
статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации*
принято в печать
- 9.9. *Год публикации*
2006
- 9.10. *Том и номер издания*
47 (3)
- 9.11. *Страницы*
- 9.12. *Полное название издательства*
Сибирское отделение РАН
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Исучены в длинноволновом приближении течения однородной тяжелой жидкости над неровным дном. Предложена математическая модель, учитывающая как дисперсионные эффекты, так и формирование турбулентного верхнего слоя при обрушении поверхностных гравитационных волн. Исследовано асимптотическое поведение нелинейных возмущений на фронте волны и найдены условия перехода от гладких течений к обрушивающимся волнам при стационарном обтекании локального препятствия сверхкритическим потоком.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
16

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
05-05-64460
- 9.2. *Первый автор*
Nikolai I. Makarenko; 1; Россия; Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН
- 9.3. *Другие авторы*
Janna L. Maltseva; 1; Россия; Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН
- 9.4. *Название публикации*
Nonlinear internal waves in stratified fluid with homogeneous layer
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6. *Полное название издания*
24 th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering OMAE 2005, June 12-17, 2005, Halkidiki, Greece. Abstracts.
- 9.7. *Вид публикации*
тезисы доклада
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2005
- 9.10. *Том и номер издания*
- 9.11. *Страницы*
1
- 9.12. *Полное название издательства*
The American Society of Mechanical Engineers
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Предложена модель второго приближения теории мелкой воды для описания стационарных волн на поверхности раздела однородного и экспоненциально стратифицированного слоев жидкости. Вывод использует асимптотическую процедуру с малым параметром, характеризующим градиент плотности в стратифицированном слое. Модель учитывает амплитудную дисперсию сильно нелинейных волн.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
3

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*

05-05-64460

- 9.2. *Первый автор*
N.I. Makarenko; 1; Россия; Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН
- 9.3. *Другие авторы*
J.L. Maltseva; 1; Россия; Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН
- 9.4. *Название публикации*
Spectral properties and internal waves in a two-fluid system with continuously stratified layer
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6. *Полное название издания*
Международная конференция “Потоки и структуры в жидкостях”. Тезисы докладов. 20-23 июня 2005, Москва.
- 9.7. *Вид публикации*
тезисы доклада
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2005
- 9.10. *Том и номер издания*
- 9.11. *Страницы*
70-72
- 9.12. *Полное название издательства*
Институт проблем механики РАН, Москва
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Исследованы спектральные свойства модели длинных волн с дисперсией в стратифицированной жидкости. Показано, что в случае слабой стратификации волновые спектры содержат пограничные слои, возникающие вследствие сингулярного поведения дисперсионного соотношения. Построено асимптотическое решение типа уединенной волны, учитывающее указанную структуру спектра.
- 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 510. ЗАЯВКА НА 2006 г.

- 10.1. *Номер проекта*
05-05-64460

10.2. *Коды классификатора*
05-500 05-513 01-201

10.3. *Ключевые слова*

волны в океане, оценки риска, математическое моделирование, нелинейные эффекты, вычислительный эксперимент

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

Основной целью очередного годовичного этапа является разработка и верификация комплекса гидродинамических моделей, описывающих процессы трансформации нелинейных длинных волн в прибрежных областях.

С этой целью будет выполнено исследование условий и границ применимости рассмотренных математических моделей и сопоставление результатов расчетов с данными лабораторного моделирования и натурных наблюдений. Будут выполнены тестовые расчеты характерных случаев поведения цунами с целью проверки адекватности используемых моделей физической сущности изучаемого явления.

Одновременно будет продолжена разработка способа оперативного прогноза цунами по данным об уровне океана в удаленных от побережья точках на основе скалярного соотношения взаимности. С помощью созданной численной модели будут проведены пробные расчеты для района Курильских островов.

Как и было указано в исходной заявке, интегрирующей компонентой исследований является создание специализированного вычислительного комплекса (стенда) для персональной ЭВМ, обладающего специально спроектированным интерфейсом и внутренним форматом представления данных. В развитии указанного комплекса в 2006 году предполагается создание блока расчета распространения длинных поверхностных волн цунами в рамках нелинейной модели мелкой воды, записанной в сферической системе координат и встраивание его в графическую оболочку GlobalITDB.

Наличие такого блока в составе вычислительного комплекса позволит проводить расчеты не только локальных и региональных, но и трансокеанских цунами (подобных Индонезийскому цунами 2004 года).

10.5. *Ожидаемые в конце 2006 г. научные результаты*

В рамках совершенствования математических моделей длинных поверхностных волн в океане предполагается развить теорию многослойной мелкой воды в рамках первого и второго приближения с учетом обрушения длинных поверхностных и внутренних волн в шельфовой зоне и при выходе нелинейных волн на берег, проанализировать условия на фронте гравитационных течений. В частности, планируется найти

структуру и скорость распространения обрушивающихся поверхностных и внутренних волн при их распространении по сухому руслу. Будет проведено аналитическое исследование структуры фронта разрушающейся волны и выполнено сравнение точного решения с натурными и лабораторными наблюдениями. Для пополнения базы таких натуральных данных будет продолжено экспериментальное исследование процесса эволюции длинных внутренних волн на шельфе вплоть до их выхода на берег и последующего разрушения. Работы будут проводиться на гидрофизическом полигоне «Шульц» в заливе Петра Великого (Японское море).

Средства хранения, обработки и доступа к историческим и натурным данным будут предоставлены создаваемым в рамках настоящего проекта специализированным информационно-вычислительным комплексом, который станет прототипом информационно-экспертной системы, предназначенной для тестирования численных алгоритмов и программ моделирования цунами, а также для создания реалистичных сценариев воздействия цунами с различным типом источника (сейсмогенные, вулканогенные, оползневые) на конкретные участки акватории Мирового океана.

В свою очередь, результаты таких расчетов будут использоваться для получения оценок долгосрочного цунами риска для населенных пунктов, находящихся на побережье этих акваторий. Определенного вклада в решение задачи оценки долгосрочного цунами риска следует ожидать от алгоритмов, позволяющих рассчитывать форму ожидаемого цунами в режиме реального времени. В 2006 г. будут созданы первые версии таких алгоритмов, основанных на принципе взаимности, будут также проведены модельные численные эксперименты с целью оценки работоспособности предлагаемого подхода к оперативному прогнозу цунами.

- 10.6. *Общий объем финансирования на 2006 год*
500000
- 10.7. *Краткое обоснование запрашиваемого объема финансирования*
- 10.8.1. *Сроки проведения в 2006 г. экспедиции по тематике проекта*
июль – август 2006 г.
- 10.8.2. *Ориентировочная стоимость экспедиции (в руб.)*
100000
- 10.8.3. *Регион проведения экспедиции*
Приморский край
- 10.8.4. *Название района проведения экспедиции*
Хасанский район Приморского края
- 10.9. *Список основных исполнителей проекта на 2006 год, заверенный их личными подписями*

Макаренко Николай Иванович

Гусяков Вячеслав Константинович

Елецкий Станислав Викторович

Королев Юрий Павлович

Левин Борис Вульфович



Ляпидевский Валерий Юрьевич



Мальцева Жанна Львовна

Попов Евгений Анатольевич

Федотова Зинаида Ивановна

Чубаров Леонид Борисович

Подпись руководителя проекта