

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 2006 г. 250000 руб.	ОБЪЕМ ФИНАНСИРОВАНИЯ, ЗАПРАШИВАЕМЫЙ НА СЛЕДУЮЩИЙ ГОД 350000 руб.	
ЧИСЛО УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТА (включая руководителя) 6	ЧИСЛО УЧАСТНИКОВ, ИМЕЮЩИХ УЧЕНУЮ СТЕПЕНЬ 3	ЧИСЛО МОЛОДЫХ (до 35 лет включительно) УЧАСТНИКОВ 3
Федотова Зинаида Ивановна		
Хакимзянов Гаяз Салимович		
Бейзель Софья Александровна		
Елецкий Станислав Викторович		
Бабайлов Вадим Валерьевич		
ПОДПИСЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА		ДАТА ПОДАЧИ ОТЧЕТА 26.12.2006
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 2006 ГОД ПО ПРОЕКТУ РФФИ 06-05-64869-а

Статус отчета:

подписан

Дата последнего изменения:

26.12.2006

Изменения внес:

Чубаров Леонид Борисович

Отчет распечатан:

26.12.2006

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

2007

1.6. Вид отчета

этап 2006 года

1.7. Краткая аннотация

Выполнен цикл исследований механизма генерации поверхностных волн движением затопленного оползня, которое имитируется скольжением твердого тела по откосу. Проведен комплекс многопараметрических расчетов с помощью алгоритмов, основанных на иерархии моделей волновой гидродинамики, включающей уравнения мелкой воды и полные уравнения гидродинамики идеальной жидкости. Исследованы основные определяющие зависимости процесса волнообразования от длины и ширины оползня, от глубины его залегания и от закона движения. Сопоставление решений, полученных по приближенным и полной моделям, позволило оценить степень влияния вертикальной структуры течения и определить область применимости различных приближенных моделей.

Изучены нелинейно-дисперсионные модели длинноволновой гидродинамики с улучшенным (более точным по сравнению с известными моделями) дисперсионным соотношением, позволившие более детально исследовать вертикальную структуру волновых течений, обусловленных движением оползневых масс.

Показано, что на начальной стадии процесса, в случае длинной тонкой формы оползня, все модели, от классических уравнений мелкой воды до полной модели течения идеальной жидкости, хорошо описывают наиболее существенные характеристики волнообразования – принципиальное отличие волн, направляющихся в сторону берега, от волн, распространяющихся в сторону увеличения глубины, а также их форму. Вместе с тем было продемонстрировано, что для детального количественного и качественного описания явления в обширных водоемах на продолжительное время следует привлекать модели волновой гидродинамики, более точно описывающие дисперсию и отражающие неоднородность процесса в вертикальном направлении.

Были рассмотрены и другие механизмы возникновения волн на свободной поверхности акваторий, которые можно связывать с зарождением аномальных цунами. Выполнено численное исследование механизма возникновения волн на свободной поверхности акваторий в результате образования трещин в толще дна и сопутствующего изменения структуры донных пород. Для описания процесса генерации волн стоком воды в донные щели использованы нелинейная модель мелкой воды и линейная модель потенциальных течений жидкости со свободной границей, учитывающие изменения в структуре донной поверхности, которые либо имеют конечную длительность, либо носят импульсный характер. Построенные в рамках этих моделей численные алгоритмы опробованы на ряде модельных задач.

Сравнение с известными экспериментальными данными показало, что полученные с их помощью результаты хорошо воспроизводят такие эффекты, как первоначальное понижение уровня воды над щелью с последующим образованием значительного возвышения, дальнейший распад этого возвышения на две волны большой амплитуды, одна из которых движется в сторону берега и может представлять существенную опасность. Особый интерес вызвало успешное моделирование "стокового" механизма в диапазоне параметров, приводящем к осушению участка дна и к образованию "кумулятивной" струи при соприкосновении сталкивающихся потоков.

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

2007

2.5. Вид отчета

этап 2006 года

2.6. Краткая аннотация

The cycle of investigation of surface wave generation mechanism by movement of submerged landslide, simulated by rigid body moving along the slope, has been executed. The complex of multiparameter calculations has been performed with the help of algorithms, based on hierarchy of models of wave hydrodynamics including shallow water equations and complete model of ideal fluid hydrodynamics. The key dependences of the wave formation process on length and width of landslide, on the depth of its bedding and on the law of motion have been determined. The comparison of the solutions obtained on the approximate and complete models made it possible to estimate the degree of influence of the flow vertical structure and to determine the domain of applicability of various approximate models.

The nonlinear-dispersive models of long wave hydrodynamics with improved (more exact as compared to well-known models) dispersion relation have been studied, which allowed to investigate in more detail the vertical structure of wave flows caused by landslide movement.

It has been shown that in the initial stage of process, in case of long thin landslide, all models, from classical shallow water equations to complete model of inviscid flow, properly describe quintessential characteristics of wave generation. With that it has been shown that wave hydrodynamic models, which properly describe dispersion and account for process inhomogeneity in the vertical direction, are required to detailed quantitative and qualitative phenomenon description in big basins for prolonged period.

Alternative mechanisms of generation of surface waves have also been examined, which can be associated with formation of abnormal tsunami. Numerical study of surface wave generation as a result of formation of failures and associated restructuring of bottom has been implemented. To describe the process of wave generation by water flow to bottom cracks, nonlinear model of shallow water and linear model of irrotational flow have been used, taking into account changes (finite or impulsive) in the bottom surface structure. Numerical algorithms, based on these models, have been tested for the set of benchmark problems.

Comparison with known experimental data showed that results obtained by these models properly reproduce such effects as initial fall in water level over the crack, following generation of significant elevation, its further decomposition to two waves with high amplitude, one of which moves shoreward and constitutes a real danger. Special interest was aroused by successful simulation of drain mechanism within the range of parameters causing draining of bottom piece and generation of cumulative jet at flow percussion.

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 цели проекта на 2006 год*

Проект направлен на решение фундаментальной проблемы образования и трансформации катастрофических поверхностных волн в океане, вызванных движением затопленных массивов грунта в прибрежной зоне, и последующего воздействия волн на берег.

На первом этапе (2006 г.) планировалось с использованием одномерного аналога нелинейно-дисперсионной модели длинноволновой гидродинамики ("однослойный" и "двухслойный" варианты)

- детально исследовать вертикальную структуру волновых течений;
- завершить комплексное тестирование на содержательных модельных задачах алгоритма решения, основанного на конечно-разностной схеме Адамса четвертого порядка точности;
- решить "классические" тестовые задачи, а именно: распространение уединённой волны над каналом постоянной глубины и генерация волн движением подводного оползня (твёрдого недеформирующегося тела), движущегося по наклонному дну,
- рассмотреть различные законы движения оползня и различные геометрические характеристики тела (длина, высота, начальное заглубление);
- сопоставить результаты с материалами численных экспериментов, полученных по линейным и нелинейным уравнениям мелкой воды, а также слабо нелинейным дисперсионным моделям и полной модели идеальной несжимаемой жидкости;
- уточнить область применимости выбранной модели и возможно, модифицировать некоторые элементы алгоритма, выполнить настройку основных параметров.

3.5. *Степень выполнения поставленных в проекте задач*

Цели этапа 2006 г. достигнуты полностью, сформулированные задачи решены.

Исполнителями рассмотрен также близкие по характеру механизмы генерации поверхностных волн за счет образования трещин в толще дна и/или возникновения стоков. Этот круг задач, связанный с так называемыми альтернативными механизмами генерации волн в океане, естественным образом примыкает к стержневым "оползевым" задачам проекта.

3.6. *Полученные за отчетный период важнейшие результаты*

Выполнен цикл исследований механизма генерации поверхностных волн движением затопленного оползня, которое имитируется скольжением твердого тела по откосу. Проведен комплекс многопараметрических расчетов с помощью алгоритмов, основанных на иерархии моделей волновой гидродинамики, включающей уравнения мелкой воды и полные уравнения гидродинамики идеальной жидкости. Исследованы основные определяющие зависимости процесса волнообразования от длины и ширины оползня, от глубины его залегания и от закона движения. Сопоставление решений, полученных по приближенным и полной моделям, позволило оценить степень влияния вертикальной структуры течения и определить область применимости различных приближенных моделей.

При этом основное направление исследований было связано с построением математических моделей и численных алгоритмов, позволяющих добиться повышения точности описания наиболее важных характеристик волновых режимов, возникающих при движении по дну акватории грунтовых масс.

В связи с этим были изучены нелинейно-дисперсионные модели длинноволновой гидродинамики с улучшенным (более точным по сравнению с известными моделями) дисперсионным соотношением, позволившие более детально исследовать вертикальную структуру волновых течений, обусловленных движением оползневых масс.

Для комплексного тестирования, выполненного на классе представительных задач, были использованы "однослойные" и "двухслойные" одномерные варианты нелинейно дисперсионной модели Лью-Линетта, для аппроксимации которых использованы конечно-разностные аналоги схемы Адамса четвертого порядка точности.

Для детального изучения закономерностей волнообразования исследовались зависимости характеристик этого процесса от основных параметров задачи: длины и ширины оползня, глубины его залегания, закона движения. Именно с целью такого исследования был инициирован и реализован комплекс многопараметрических расчетов, выполненных с помощью иерархии моделей волновой гидродинамики, включающей уравнения мелкой воды в приближениях, обеспечивающих учет нелинейных и дисперсионных эффектов, и полные уравнения гидродинамики идеальной жидкости. Тем самым была обеспечена возможность определения зон адекватности математических моделей путем сравнения с данными лабораторных экспериментов, в первую очередь, и сопоставлением решений, полученных по приближенным и полной моделям.

Исполнителям проекта удалось убедительно показать, что на начальной стадии процесса, в случае длинной тонкой формы оползня, все модели, от классических уравнений мелкой воды до полной модели течения идеальной жидкости, хорошо описывают наиболее существенные характеристики волнообразования – принципиальное отличие волн, направляющихся в сторону берега, от волн, распространяющихся в сторону увеличения глубины, а также их форму.

Вместе с тем было продемонстрировано, что для детального количественного и качественного описания явления в обширных водоемах на продолжительное время следует привлекать модели волновой гидродинамики, более точно описывающие дисперсию и отражающие неоднородность процесса в вертикальном направлении.

Что касается полной модели, то была показана возможность ее использования в качестве «эталонной» модели, дающей решения, наиболее близкие к результатам лабораторного эксперимента, однако ее применение для серийных расчетов представляется пока слишком дорогостоящим. На рисунках 1, 2 продемонстрировано уточнение волновых картин за счет уточнения моделей.

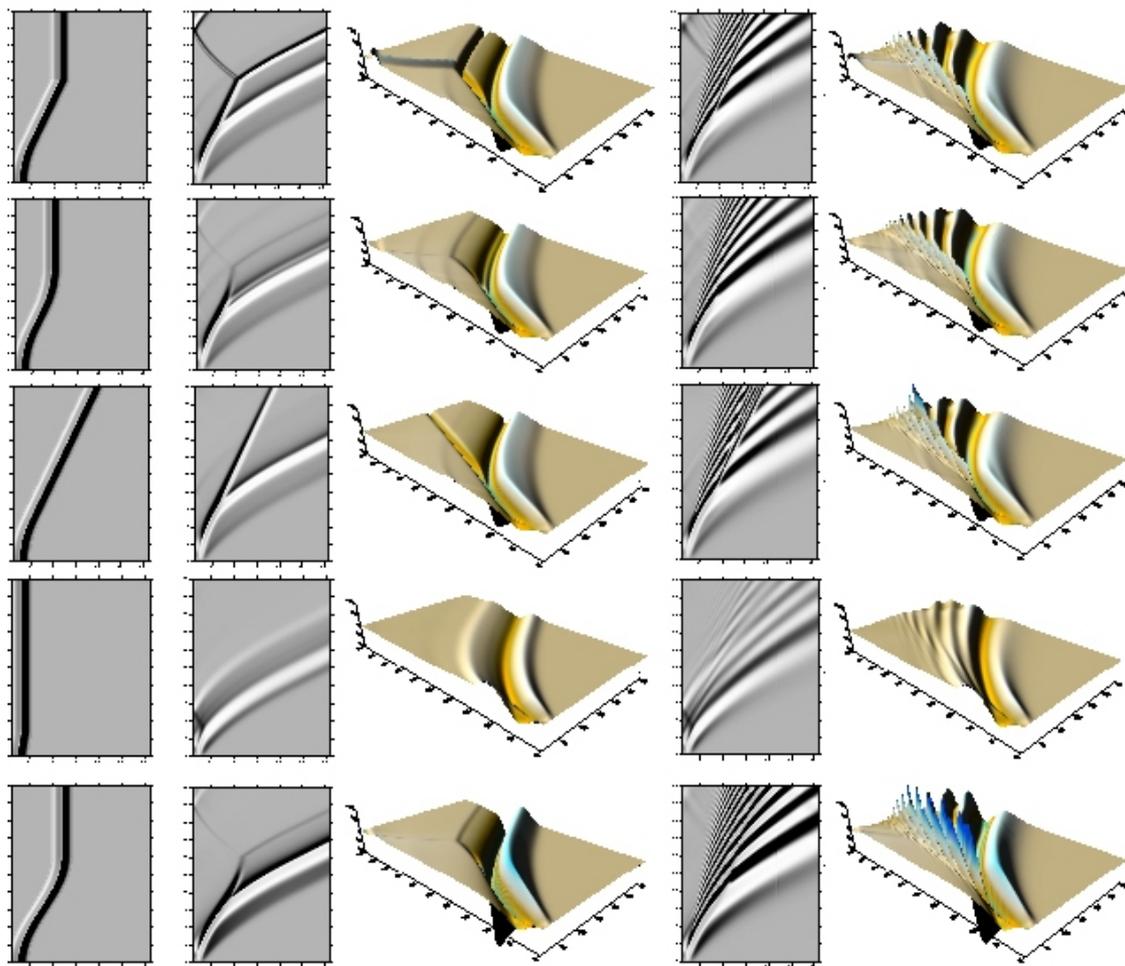


Рис. 1. Волновые режимы, генерируемые оползнями, движущимися по различным законам движения. Первая колонка – движения оползня (вид сверху), вторая и третья – результаты, рассчитанные с помощью нелинейной модели мелкой воды, четвертая и пятая – по двухслойной нелинейно-дисперсионной модели. По горизонтальной оси – расстояние, по вертикальной – время.

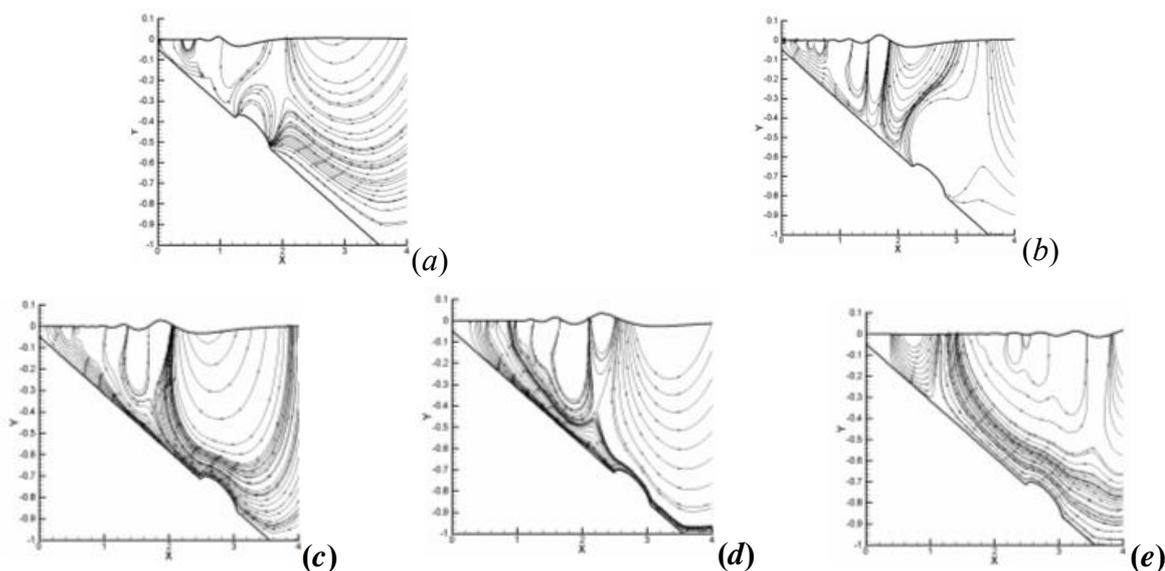


Рис. 2. Линии тока, рассчитанные для движения типа «слайд»: (a) – в начальной стадии процесса, (b) – перед остановкой оползня, (c) – в момент остановки оползня, (d) – сразу после остановки оползня, (e) – на завершающей стадии расчета

Были рассмотрены и другие механизмы возникновения волн на свободной поверхности акваторий, которые можно связывать с зарождением аномальных цунами: это образование трещин в толще дна и сопутствующее изменение структуры донных пород. Для описания процесса генерации волн стоком воды в донные щели использованы нелинейная модель мелкой воды и линейная модель потенциальных течений жидкости со свободной границей, учитывающие изменения в структуре донной поверхности, которые либо имеют конечную продолжительность, либо носят импульсный характер.

Построенные в рамках этих моделей численные алгоритмы опробованы на ряде модельных задач. Сравнение с известными экспериментальными данными показало, что полученные с их помощью результаты хорошо воспроизводят такие эффекты, как первоначальное понижение уровня воды над щелью с последующим образованием значительного возвышения, дальнейший распад этого возвышения на две волны большой амплитуды, одна из которых движется в сторону берега и может представлять существенную опасность. Особый интерес вызвало успешное моделирование "стокового" механизма в диапазоне параметров, приводящем к осушению участка дна и к образованию "кумулятивной" струи при соприкосновении сталкивающихся потоков.

3.7. Степень новизны полученных результатов

Результаты, полученные исполнителями в 2006 году являются безусловно новыми и в значительной степени базируются на заделе, полученном исполнителями при выполнении гранта РФФИ в 2003-2005 годах.

3.8. Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем

Полученные на первом этапе (2006 г.) результаты сопоставимы с мировым уровнем как в части разработки и исследования математических моделей и алгоритмов, так и в части комплексного подхода, реализуемого в рамках проекта в целом.

Высокий уровень научных результатов, полученных в 2006 г. исполнителями проекта подтверждаются успешным представлением этих результатов на международных и национальных конференциях, таких как Международная школа по гидродинамике больших скоростей, Международной конференции по прикладной математике, Конференции по информационным и вычислительным технологиям в науке, технике и образовании, Российско-Германской школе по высокопроизводительным вычислениям, на заседания Президиума СО РАН и т.п.

3.9. Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта

Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта, характерны комплексным характером. Так, для моделирования генерации поверхностных волн используется не отдельная модель, а иерархия математических моделей и порожденная этой иерархией совокупность вычислительных алгоритмов, построенных на единой методологической основе.

Проведение вычислительных экспериментов в широком диапазоне изменения характерных параметров задачи, учет проявляемых при этом особенностей различных моделей и алгоритмов обеспечивает адекватное толкование численных решений. В то же время, выполнение расчетов на

вложенных сетках вместе с тщательным предварительным тестированием позволяет отфильтровывать нефизические эффекты.

Для более точного описания дисперсионной картины применяются 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 имеет применение полных уравнений гидродинамики идеальной жидкости, которая используется как «эталонная» модель, дающая решения, наиболее близкие к результатам лабораторного эксперимента.

Для расчета по полной модели используются подвижные сетки, подстраивающиеся на каждом шаге по времени к форме оползня и к форме криволинейной подвижной свободной границы. Координаты узлов подвижной сетки определяются на основе отображения "вычислительной области" на "физическую" область. Расчеты производятся в новых координатах в области, которая покрывается равномерной прямоугольной сеткой.

Важнейшим методическим приемом изучения как вычислительной точности нелинейных алгоритмов, так и адекватности применяемых математических моделей является тщательно продуманная и обоснованная система выбора тестовых задач.

3.10.1. Количество научных работ, опубликованных в ходе выполнения проекта

7

3.10.2. Количество научных работ, подготовленных в ходе выполнения проекта и принятых к печати в 2006 г.

1

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

4

3.12. Использовались 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

250000 руб.

3.15. Дорогостоящие вычислительная техника и научное оборудование, приобретенные на средства Фонда

сетевой принтер HP 2420 DN стоимостью 26681 руб.

3.16. Адреса (полностью) ресурсов в Internet, подготовленных авторами по данному проекту

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 за весь период выполнения проекта, предшествующий данному отчету

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. Бабайлов В.В., Дамбиева Д.Б., Хакимзянов 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.

6. Федотова З.И., Чубаров Л.Б. Особенности численного моделирования оползневого механизма

генерации волн цунами // Вестник ИрГТУ – Иркутск, 2006 – №2 (26). – С. 134-140.

7. Шокин Ю.И., Федотова З.И., Хакимянов 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.

8. Шокин Ю.И., Чубаров Л.Б. О подходах к численному моделированию оползневому 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.

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Ю.И. Шокин; 2; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Другие авторы*
З.И. Федотова; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Г.С. Хакимзянов; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
Л.Б. Чубаров; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
С.А. Бейзель; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3. *Список авторов для библиографического сборника*
Шокин Ю.И.
Федотова З.И.
Хакимзянов Г.С.
Чубаров Л.Б.
Бейзель С.А.
- 9.4. *Название публикации*
Моделирование генерации цунами движением оползня с учетом вертикальной структуры течения
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Труды VIII Всероссийской конференции «Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф»
- 9.6.2. *ISSN издания*
- 9.7. *Вид публикации*
статья в сборнике
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2005
- 9.10.1. *Том издания*
- 9.10.2. *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
3-27
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Институт угля и углехимии СО РАН
- 9.12.2. *Город издательства*
Кемерово
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
В статье излагаются результаты, полученные при численном моделировании механизма генерации волн цунами движением затопленного оползня, которое имитируется скольжением твердого тела по откосу. Выполнен комплекс многопараметрических расчетов с помощью алгоритмов, основанных на иерархии моделей волновой гидродинамики. Исследованы основные определяющие зависимости процесса волнообразования от длины и ширины оползня, от глубины его залегания и от закона движения.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
14

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
S.A. Beisel @Софья Александровна Бейзель; 1; Россия; Институт
вычислительных технологий СО РАН
- 9.2.2. *Другие авторы*
L.V. Chubarov @Леонид Борисович Чубаров; 1; Россия; Институт
вычислительных технологий СО РАН
Z.I. Fedotova @Зинаида Ивановна Федотова; 1; Россия; Институт
вычислительных технологий СО РАН
G.S. Khakimzyanov @Гаяз Салимович Хакимзянов; 1; Россия; Институт
вычислительных технологий СО РАН
- 9.3. *Список авторов для библиографического сборника*
Beisel S.A.
Chubarov L.V.
Fedotova Z.I.
Khakimzyanov G.S.
- 9.4. *Название публикации*
Modeling of generation of tsunami waves by movement of a landslides in view of
vertical structure of flow
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6.1. *Полное название издания*
High Speed Hydrodynamics and Numerical Simulation: Proceedings of the Third
International Summer Scientific Workshop
- 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*
97-104
- 9.12.1. *Полное название издательства*
INT
- 9.12.2. *Город издательства*
Kemerovo
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
В статье проводится сравнение различных гидродинамических моделей на задаче
о генерации волн оползнем, движущимся по откосу дна как твердое
недеформируемое тело. Исследуются характеристики процесса в зависимости от
различных геометрических параметров тела и расчетной области задачи.
- 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 ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Z. I. Fedotova @Зинаида Ивановна Федотова; 1; Россия;
- 9.2.2. *Другие авторы*
L. V. Chubarov @Леонид Борисович Чубаров; 1; Россия;
Yu. I. Shokin @Юрий Иванович Шокин; 2; Россия;
- 9.3. *Список авторов для библиографического сборника*
Fedotova Z.I.
Chubarov L.V.
Shokin Yu.I.
- 9.4. *Название публикации*
Simulation of Surface Waves Induced by Landslides
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6.1. *Полное название издания*
International Journal of Fluid Mechanics Research
- 9.6.2. *ISSN издания*
1064-2277
- 9.7. *Вид публикации*
статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2006
- 9.10.1. *Том издания*
33
- 9.10.2. *Номер издания*
(1)
- 9.11. *Страницы*
2-14
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Begell House Inc.
- 9.12.2. *Город издательства*
Redding
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Статья посвящена вопросам создания численных моделей генерации и трансформации длинных поверхностных волн оползневоего происхождения. Формулируются базовые математические модели, излагаются принципы построения вычислительных алгоритмов, приводятся результаты вычислительных экспериментов.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
19

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Z. I. Fedotova @Зинаида Ивановна Федотова; 1; Россия;
- 9.2.2. *Другие авторы*
L. V. Chubarov @Леонид Борисович Чубаров; 1; Россия;
Yu. I. Shokin @Юрий Иванович Шокин; 2; Россия;
- 9.3. *Список авторов для библиографического сборника*
Fedotova Z.I.
Chubarov L.V.
Shokin Yu.I.
- 9.4. *Название публикации*
Simulation of Surface Waves Induced by Landslides
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6.1. *Полное название издания*
International Journal of Fluid Mechanics Research
- 9.6.2. *ISSN издания*
1064-2277
- 9.7. *Вид публикации*
статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2006
- 9.10.1. *Том издания*
33
- 9.10.2. *Номер издания*
(1)
- 9.11. *Страницы*
2-14
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Begell House Inc.
- 9.12.2. *Город издательства*
Redding
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Статья посвящена вопросам создания численных моделей генерации и трансформации длинных поверхностных волн оползневого происхождения. Формулируются базовые математические модели, излагаются принципы построения вычислительных алгоритмов, приводятся результаты вычислительных экспериментов.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
19

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
S.A. Beisel @Софья Александровна Бейзель; 1; Россия;
- 9.2.2. *Другие авторы*
L.V. Chubarov @Леонид Борисович Чубаров; 1; Россия;
Z.I. Fedotova @Зинаида Ивановна Федотова; 1; Россия;
G.S. Khakimzyanov @Гаяз Салимович Хакимзянов; 1; Россия
Yu.I. Shokin @Юрий Иванович Шокин; 2; Россия;
- 9.3. *Список авторов для библиографического сборника*
Beisel S.A.
Chubarov L.V.
Fedotova Z.I.
Khakimzyanov G.S.
Shokin Yu.I.
- 9.4. *Название публикации*
Simulation of surface waves generation induced by landslides in view of 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*
0927-6467
- 9.7. *Вид публикации*
статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации*
принято в печать
- 9.9. *Год публикации*
2007
- 9.10.1. *Том издания*
- 9.10.2. *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
- 9.12.1. *Полное название издательства*
VNU Science Press BV
- 9.12.2. *Город издательства*
Utrecht, Токуо
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Излагаются результаты численного исследования механизма генерации волн цунами движением затопленного оползня, которое имитируется скольжением твердого тела по откосу. Многопараметрические расчеты, выполненные с помощью алгоритмов, основанных на иерархии моделей волновой гидродинамики, включающей уравнения мелкой воды и полные уравнения гидродинамики идеальной жидкости, позволили оценить значимость неоднородности течения по вертикали и определить область применения приближенных моделей длинноволновой гидродинамики.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы*
14

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 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. *Другие авторы*
Чубаров Л.Б.; 1; Россия; Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.3. *Список авторов для библиографического сборника*
Шокин Ю.И.
Чубаров Л.Б.
- 9.4. *Название публикации*
О подходах к численному моделированию оползневого механизма генерации волн цунами
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Вычислительные технологии. Специальный выпуск, посвященный 85-летию со дня рождения академика Н.Н.Яненко.
- 9.6.2. *ISSN издания*
1560-7534
- 9.7. *Вид публикации*
статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2006
- 9.10.1. *Том издания*
11
- 9.10.2. *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
100-111
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Институт вычислительных технологий СО РАН
- 9.12.2. *Город издательства* Новосибирск
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Работы в области численного моделирования волн цунами были начаты в СО АН по инициативе академика Н.Н. Яненко в 1974 году. Первоначально усилия были сосредоточены на изучении распространения этих волн по океану и наката на берег. Впоследствии под руководством авторов настоящей статьи и при их непосредственном участии в рамках крупных международных и национальных проектов были решены разнообразные фундаментальные и прикладные задачи волновой гидродинамики. Здесь излагаются результаты исследования оползневого механизма генерации волн цунами, полученные на основе комплекса многопараметрических расчетов.
- 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 ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Бабайлов В.В.; 1; Россия;
- 9.2.2. *Другие авторы*
Дамбиева Д.Б.; 2, Россия;
Хахимзянов Г.С.; 1; Россия;
Чубаров Л.Б.; 1; Россия;
- 9.3. *Список авторов для библиографического сборника*
Бабайлов В.В.
Дамбиева Д.Б.
Хахимзянов Г.С.
Чубаров Л.Б.
- 9.4. *Название публикации*
Численное моделирование стокового механизма генерации волн цунами
- 9.5. *Язык публикации*
русский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Труды международной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании»
- 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* 1
- 9.10.2. *Номер издания*
- 9.11. *Страницы* 160-171
- 9.12.1. *Полное название издательства* ТОО НПФ "ЭКО"
- 9.12.2. *Город издательства* Павлодар
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
В работе рассматривается класс задач, связанный с исследованиями механизма возникновения волн на свободной поверхности акваторий в результате образования трещин в толще дна и сопутствующего изменения структуры донных пород. Для описания процесса генерации волн стоком воды в донные щели использованы нелинейная модель мелкой воды и линейная модель потенциальных течений жидкости со свободной границей, учитывающие изменения в структуре донной поверхности, которые либо имеют конечную продолжительность, либо носят импульсный характер. Построенные в рамках этих моделей численные алгоритмы опробованы на ряде модельных задач. Сравнение с известными экспериментальными данными показало, что полученные с их помощью результаты хорошо воспроизводят такие эффекты, как первоначальное понижение уровня воды над щелью с последующим образованием значительного возвышения, дальнейший распад этого возвышения на две волны большой амплитуды, одна из которых движется в сторону берега и может представлять существенную опасность.
- 9.14. *Список литературы (библиография), использованной при подготовке данной научной статьи*
- 9.15. *Общее число ссылок в списке использованной литературы* 6

Подпись руководителя проекта

Форма 509. ПУБЛИКАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОДА

- 9.1. *Номер проекта*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
L.V. Chubarov @Леонид Борисович Чубаров; 1; Россия;
- 9.2.2. *Другие авторы*
S.A. Beisel @Софья Александровна Бейзель; 1; Россия;
Z.I. Fedotova @Зинаида Ивановна Федотова; 1; Россия;
- 9.3. *Список авторов для библиографического сборника*
Chubarov L.V.
Beisel S.A.
Fedotova Z.I.
- 9.4. *Название публикации*
Modeling of generation of tsunami waves by movement of a landslide
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Third International Conference Of Applied Mathematics
- 9.6.2. *ISSN издания*
- 9.7. *Вид публикации*
тезисы доклада
- 9.8. *Завершенность публикации*
опубликовано
- 9.9. *Год публикации*
2006
- 9.10.1. *Том издания*
- 9.10.2. *Номер издания*
- 9.11. *Страницы*
62
- 9.12.1. *Полное название издательства*
Technical University of Plovdiv
- 9.12.2. *Город издательства*
Plovdiv
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
Описаны результаты численного исследования генерации длинных волн движением затопленного оползня. Расчеты выполнены с помощью алгоритмов для моделей волновой гидродинамики разного порядка гидродинамической аппроксимации.
- 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*
06-05-64869
- 9.2.1. *Первый автор*
Yu.I. Shokin @ Юрий Иванович Шокин; 2; Россия;
- 9.2.2. *Другие авторы*
Yu.V. Sergeeva @ Юлия Валерьевна Сергеева; 2; Россия;
G.S. Khakimzyanov @ Гаяз Салимович Хакимзянов; 1; Россия;
- 9.3. *Список авторов для библиографического сборника*
Shokin Yu.I.
Sergeeva Yu.V.
Khakimzyanov G.S.
- 9.4. *Название публикации*
Predictor-corrector scheme for shallow water equations
- 9.5. *Язык публикации*
английский
- 9.6.1. *Полное название издания*
Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling
- 9.6.2. *ISSN издания* 0927-6467
- 9.7. *Вид публикации* статья в журнале
- 9.8. *Завершенность публикации* опубликовано
- 9.9. *Год публикации* 2006
- 9.10.1. *Том издания* 21
- 9.10.2. *Номер издания* (5)
- 9.11. *Страницы* 459-479
- 9.12.1. *Полное название издательства*
VNU Science Press BV
- 9.12.2. *Город издательства*
Utrecht, Токуо
- 9.13. *Краткий реферат публикации*
При использовании модели мелкой воды для исследования механизма генерации волн цунами движением затопленного оползня зачастую в численном решении возникают нефизические осцилляции. Такая ситуация возникает при некоторых законах движения оползня или для негладкой формы оползня. В статье рассматривается явная разностная схема предиктор-корректор второго порядка аппроксимации для решения одномерных нелинейных уравнений мелкой воды, которая при предложенном способе выбора аппроксимационной вязкости дает неосциллирующие профили. Выбор аппроксимационной вязкости основан на исследовании дисперсии дифференциального приближения схемы для одномерного скалярного уравнения. Для линеаризованных уравнений мелкой воды предлагаемая схема сохраняет монотонность инвариантов Римана. Для нелинейных уравнений мелкой воды схема сохраняет состояния покоя жидкости над неровным дном, равномерное движение и стационарный гидравлический скачок над ровным дном. Приведено обобщение схемы на случай подвижных сеток, которое сохраняет равномерное движение и движущийся над ровным дном гидравлический скачок и дает неосциллирующие профили разрывных решений. Предлагаемая схема имеет свойства, схожие со свойствами известных TVD-схем.
- 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 510. ЗАЯВКА НА 2007 г.

10.1. *Номер проекта*

06-05-64869

10.2. *Коды классификатора*

05-513 01-201

10.3. *Ключевые слова*

Волновые режимы, прибрежные зоны океана, оползневый механизм генерации волн, накат волн на берег, уточненные приближенные модели волновой гидродинамики, полные модели, численное моделирование

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

Основной целью работ этапа 2007 года станет исследование особенностей волновых процессов, возникающих при движении оползня и обусловленных пространственной неоднородностью рельефа подстилающей поверхности и оползневого материала. Таким образом, в отличие от этапа 2006 года, при выполнении которого рассматривались модельные конфигурации дна и оползня, допускающие применение одномерных моделей, в 2007 году будет учитываться пространственный характер волновых процессов, имеющий место в реальных ситуациях.

Достижение этой цели будет обеспечено 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.

Будут также продолжены 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 обеспечит, в свою очередь, единство вычислительных алгоритмов, основанных на противопотоковой схеме Годунова распада разрыва.

Повышение точности результатов численного моделирования будет достигнуто использованием специальных сеток, адаптирующихся к геометрии береговой линии и особенностям рельефа дна. С этой же целью будет рассмотрена возможность использования вычислительных алгоритмов типа конечных объемов на непрямоугольных сетках.

10.5. *Ожидаемые в конце 2007 г. научные результаты*

Будут построены и исследованы двумерные в плане алгоритмы расчета генерации и трансформации волн, основанные на уравнениях волновой гидродинамики в том числе, старших приближений с улучшенными дисперсионными свойствами.

Будет предложена единая модель движения оползня и воды в двумерной (в плане) постановке. Динамика оползня и окружающей его воды будут рассмотрены в рамках нелинейной модели мелкой воды. При этом "оползневая" компонента модели будет учитывать эффекты трения, подчиняющегося кулоновскому (сухому) закону (Coulomb friction), параметры оползневых масс (плотность гранулированного материала, его геометрические характеристики) и форму рельефа дна.

Будут решены алгоритмические проблемы адекватного описания граничных условий, обеспечивающих воспроизведение характерных физических процессов в прибрежных зонах.

Будут построены и реализованы алгоритмы типа метода "конечных объемов" с использованием четырехугольных непрямоугольных сеток.

Будут предложены и исследованы алгоритмы построения адаптивных сеток для используемых математических моделей и вычислительные алгоритмы на этих сетках. В итоге будут созданы комплексные алгоритмы, обеспечивающие проведение расчетов в геометрически сложных областях.

Будут определены детальные характеристики построенных моделей и алгоритмов на основе результатов тщательно организованных тестовых вычислительных экспериментов.

Созданная в 2007 году обновленная иерархия вычислительных моделей обеспечит выполнение вычислительных экспериментов, результаты которых позволят определить зависимость волновых режимов от свойств подстилающей поверхности, трения, плотности среды, размеров и начальной конфигурации оползня.

10.6. *Общий объем финансирования на 2007 год*
350000

10.7. *Краткое обоснование запрашиваемого объема финансирования*

10.8.1. *Сроки проведения в 2007 г. экспедиции по тематике проекта*

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

10.8.3. *Регион проведения экспедиции*

10.8.4. *Название района проведения экспедиции*

10.9. *Список основных исполнителей проекта на 2007 год, заверенный их личными подписями*

Чубаров Леонид Борисович

Бабайлов Вадим Валерьевич

Бейзель Софья Александровна

Елецкий Станислав Викторович

Федотова Зинаида Ивановна

Хакимзянов Гаяз Салимович

Комаров Виктор Анатольевич

Гагарина Елена Витальевна

Подпись руководителя проекта