

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИВМиМГ СО РАН, д.т.н.
Ковалевский В.В.

«22» декабря 2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Гусева Олега Игоревича
«Численные алгоритмы для расчета поверхностных волн в рамках
нелинейно-дисперсионных моделей», представленную на соискание ученой степени кан-
дидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 –
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертационная работа Гусева О.И. посвящена исследованию образования по-
верхностных волн подводными оползнями и их распространения с использованием мате-
матических моделей, учитывающих нелинейность и частотную дисперсию волн, сферич-
ность и вращение Земли.

Актуальность темы выполненной работы.

Работа Гусева О.И. направлена на изучение волн цунами, актуальность исследова-
ния которых на данный момент очевидна. Множество научных работ опубликовано по
этой теме отечественными и зарубежными исследователями, в частности, по численному
моделированию явления. Успешно применяются уравнения мелкой воды первого при-
ближения (линейная и нелинейная (NLSW) модели), так как длина волн цунами достигает
сотен километров, средняя глубина океана порядка 4 км, а их амплитуда при распростра-
нении вдали от берега редко превышает один метр. Однако, при анализе некоторых исто-
рических событий отмечается важность учёта нелинейности и дисперсии волн. Так, ещё в
1982 г. Мирчиной и Пелиновским отмечалось, что нелинейность и дисперсия могут суще-
ственно повлиять на распространение цунами в Тихом океане. Замечено, что при распро-
странении по глубоководной части Индийского океана волн цунами, образованных земле-
трясением 2004 г. около острова Суматра, проявляются дисперсионные эффекты. В неко-
торых работах, посвященных исследованию оползневого цунами в Папуа и Новой Гвинее
1998 г., отмечается, что учёт нелинейности и дисперсии при численном моделировании
необходим для адекватного описания процессов распространения и обрушения волн. Для
решения таких задач целесообразно применение нелинейно-дисперсионной (НЛД-) моде-
ли, численная реализация которой описывается и тестируется в диссертации. Эта модель
является универсальной для решения большого класса задач о цунами, от образования
волн землетрясением или подводным оползнем, их длительного распространения по аква-
тории, до взаимодействия с шельфовой зоной и накатом на берег. Исследованы границы
применимости НЛД-моделей и важность учёта дисперсии волн, сферичности и вращения
Земли.

Содержание работы.

Диссертационная работа Гусева О.И. изложена на 180 страницах и состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы (176 наименований).

Во *введении* обоснована актуальность исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, научная новизна, перечислены положения, выносимые на защиту.

В *первой главе* исследованы приближенные модели мелкой воды в одномерном случае, когда искомые функции зависят от одной пространственной переменной. Описаны уравнения полностью нелинейной и слабонелинейных дисперсионных моделей, записывающихся в виде законов сохранения, а также их точные решения. В этих моделях выведено уравнение для дисперсионной составляющей проинтегрированного по глубине давления, что позволило построить численный алгоритм на поочерёдном решении этого уравнения и системы уравнений мелкой воды с модифицированной правой частью. При теоретическом исследовании линеаризованной системы НЛД-уравнений на ровном дне установлено, что условие устойчивости для НЛД-модели не более ограничительно, чем для модели мелкой воды (NLSW). При сравнении расчётов с экспериментальными данными и численными решениями по трёхмерной (в полной постановке) модели в задачах о сходе подводного оползня по плоскому откосу или в модельной акватории с дном в виде дуги параболы показано, что полная НЛД-модель адекватно описывает процесс, когда оползень достаточно длинный относительно глубины акватории.

Во *второй главе* рассмотрены двумерные (плановые) модели мелкой воды. Аналогично первой главе в НЛД-моделях выводится уравнение для дисперсионной составляющей проинтегрированного по глубине давления и численный алгоритм строится для расширенных систем уравнений. Сравнения численных решений с экспериментальными данными проведены на задаче о сходе подводного оползня, а также на задаче об обтекании волной цилиндрического острова, где была проверена работоспособность алгоритма в областях со сложной формой границ. Исследована задача о сходе оползня в Чёрном море. Исследована гипотеза об оползневом механизме образования аномальных волн на болгарском побережье 07.05.2007. В задаче о сейсмических цунами с разными заглублениями гипоцентра землетрясения показана высокая значимость дисперсии в случаях с малыми значениями этого параметра, когда в начальном возвышении есть высокочастотный «пик».

В *третьей главе* численный алгоритм строился для полностью нелинейной дисперсионной модели на вращающейся сфере с учётом подвижности дна. Аналогично плоскому случаю использовалась расширенная система, состоящая из эллиптического и NLSW-уравнений. На модельной задаче в акватории с постоянной глубиной продемонстрировано, что при распространении волн эффекты сферичности и вращения Земли проявляются сильнее в масштабных задачах, когда протяжённость начального возмущения свободной поверхности и дальность распространения велики. В акваториях с реальным рельефом дна в Тихом океане исследовалась значимость дисперсии при возможных удалённых и ближних сейсмических источниках.

В *заключении* сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Публикации и соответствие автореферата диссертационной работе.

Основные результаты диссертационной работы Гусева О.И. опубликованы в 28 работах, среди которых 8 - статьи в журналах из списка, рекомендованного ВАК, 2 - свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ в Роспатенте. Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации.

Научная и практическая значимость результатов диссертации.

Разработанные программные комплексы являются эффективным инструментом для численного решения задач о длинных поверхностных волнах в рамках моделей, учитывающих нелинейность и дисперсию волн, подвижность дна, сферичность и вращение Земли. Эти модели позволяют решать задачи о цунами на всех стадиях: образование волн, длительное распространение по акватории, взаимодействие с шельфовой зоной и берегом. Представленные результаты расчётов позволяют оценить границы применимости приближенных моделей мелкой воды и важность учёта перечисленных выше эффектов.

Замечания по диссертационной работе.

1. В диссертации результаты расчётов по НЛД модели, построенной соискателем, неоднократно сравниваются с результатами численного моделирования в рамках модели мелкой воды (SW), но не уточнялось, какая использовалась модель: линейная или нелинейная. При первом упоминании SW модели на стр. 6 было сказано о применении классических нелинейных или линейных моделях мелкой воды. И лишь в списке сокращений на стр. 159 SW модель представлена как нелинейная бездисперсионная модель мелкой воды.
2. На мой взгляд, не стоило полностью приводить вывод точного решения полных НЛД уравнений, занявший порядка 6 страниц, тем более есть подозрение, что это решение получено не самим соискателем, а его научным руководителем. Достаточно было бы привести это решение и ссылку. То же самое касается вывода закона движения оползня по неровному склону (с. 60-64).
3. При сравнении результатов на рис. 1.10 не очень корректно использование модели NLDD с малыми деформациями дна при глубинах порядка 50 м и смещениях дна порядка 10 м!
4. На стр. 116 сказано, что «при измельчении сетки вскрываются подсеточные детали батиметрии...». Это утверждение не соответствует действительности, если под измельчением понимать генерацию новой сетки кратным делением ячеек исходной. Другое дело, если цифровая батиметрия с более мелким шагом создана на основе более детальных измерений.
5. Есть сомнения в реалистичности оползня в западной части Чёрного моря, так как на месте предполагаемого оползня перепад глубины составляет примерно 900 м на дистанции 20 км (с. 118). Это, по-моему, слишком малый наклон для схода оползня. Для сравнения, в районе Абрау-Дюрсо значительно более подходящие условия для схода подводного оползня (перепад глубин 1500 м на дистанции 10 км). При одномерном моделировании (с.100) угол наклона дна составлял 15° ($\text{tg}(\alpha) \approx 0.27$) или в 2 раза больше, чем у Абрау-Дюрсо.

Заключение о работе.

Диссертация Гусева О.И. «Численные алгоритмы для расчета поверхностных волн в рамках нелинейно-дисперсионных моделей» является законченной научно-

квалификационной работой по актуальной теме в области моделирования длинных поверхностных волн с учётом частотной дисперсии. Положения, выносимые на защиту сформулированы отчётливо. Полученные результаты и выводы в достаточной мере обоснованы, являются новыми и достаточно полно отражены в публикациях. Указанные замечания не снижают положительную оценку представленной работы.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», работа удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям. Соискатель Гусев Олег Игоревич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18.

Диссертационная работа была обсуждена и получила положительную оценку на научном семинаре ИВМиМГ «Математические проблемы геофизики» 6 декабря 2016 г., протокол № 69. Отзыв составил ведущий научный сотрудник Лаборатории математического моделирования волн цунами Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН д.ф.-м.н. Марчук Андрей Гурьевич.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт вычислительной математики и математической
геофизики Сибирского отделения Российской академии наук
(ИВМиМГ СО РАН)


Web-сайт организации: <http://icmmg.nsc.ru/>

630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6.

Телефон: +7 (383) 330 83 53

Адрес электронной почты: contacts@scc.ru


Ведущий научный сотрудник лаборатории
математического моделирования волн
цунами ИВМиМГ СО РАН, д.ф.-м.н.
20 декабря 2016

 _____ Марчук Андрей Гурьевич

Подпись Ан.Г. Марчука заверяю
Учёный секретарь ИВМиМГ СО РАН

к.ф.-м.н.

 _____ М.А. Марченко

Личную подпись
заверяю 

22.12.2016



ссыл. по пер. 

