

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Кайстренко Виктора Михайловича «Вероятностная модель повторяемости цунами и количественная оценка цунамиопасности», представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

**Актуальность темы исследований.** Целью диссертационной работы В.М. Кайстренко является построение и физико-математическое обоснование вероятностной модели повторяемости цунами в целом и разработка на ее основе количественных методов оценки цунамиопасности для ряда участков Дальневосточного побережья России. Актуальная задача нахождения функции повторяемости цунами для различных участков побережья и количественная оценка цунамиопасности там до сих пор не решена не только в нашей стране, но и в мире. Это в очередной раз подтвердилось во время цунами 11.03.2011 года у северо-восточного побережья острова Хонсю (Япония). Несмотря на обширный и глубокий по времени статистический материал об исторических цунами в этом регионе, высота заплеска (заливания сухого берега) цунами превысило оценки японских специалистов практически во всех пунктах ближней к очагу цунами зоны побережья. Это, как известно, привело к многочисленным разрушениям и аварии на одном из блоков атомной электростанции Фукусима. Я не говорю о десятках тысяч погибших. Функция повторяемости в первую очередь нужна при принятии решения о строительстве объектов инфраструктуры вблизи береговой линии. Поэтому работа, результатом которой является научно-обоснованный прогноз атаки катастрофической волны цунами для различных пунктов побережья, безусловно, является актуальной.

**Научная новизна и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Разработана оригинальная вероятностная модель повторяемости цунами Пуассоновского типа, для которой теоретически обоснована структура функции повторяемости высот цунами, зависящая от регионального и локального параметра. Предложен корректный метод вычисления этих параметров на основе данных об исторических цунами, палеособытиях и результатов численного моделирования, с учётом их корректировки около береговой линии, применяя эмуляцию плоского наката. На базе физически обоснованной вероятностной модели построены карты цунамирайонирования для ряда участков Дальневосточного побережья России. **Достоверность и обоснованность** научных положений и выводов обеспечивается корректной постановкой

задач, воспроизводимостью итоговых формул и оценок, а также согласованностью теоретических и численных результатов с результатами статистической обработки натуральных данных.

**Содержание диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения. Список цитируемой литературы содержит 210 наименований.

Во **Введении** сформулирована цель диссертационной работы, а также задачи, решённые в ходе исследований. Дана оценка научной новизны полученных результатов.

В **Главе 1** диссертации анализируются существующие подходы количественной оценки цунамиопасности в разных точках на берегу и цунамирайонирования побережья.

**Глава 2** посвящена методам построения функции повторяемости высот цунами. Как, по моему мнению, правильно заметил соискатель, эта функция состоит из «региональной» составляющей, практически неизменной для данного участка побережья, и «локальной» составляющей, зависящей в основном от локальных особенностей батиметрии и их способности фокусировать волновую энергию в каких-либо точках побережья. Привлекая статистические данные по высотам затопления историческими цунами, а также известное распределение высот волн вдоль береговой линии от близких очагов, автор показывает, что в отличие от функции повторяемости малых и умеренных высот цунами, которая обратнопропорциональна высоте волны, для больших высот эта функция убывает быстрее степенной функции с любым отрицательным показателем.

В **Главе 3** рассмотрены вопросы корректного привлечения сведений о палеоцунами к построению функций повторяемости высот. Это особенно важно на участках побережья с недостаточными данными об исторических цунами. Данные о высотах затопления берега от цунами, имевших место в далёком прошлом, могут быть получены путём исследования отложений на суше вблизи береговой линии и на дне прибрежных водоёмов, куда сильные цунами перемещали слои песка. Здесь же рассматриваются вопросы хронологической привязки обнаруженных отложений цунамигенного происхождения, что позволяет включать эти палеоцунами вместе с оценкой высоты затопления в статистику данных о проявлениях цунами в рассматриваемых пунктах побережья.

В **главе 4** рассматриваются вопросы корректного использования результатов численного моделирования цунами для построения функций повторяемости высот цунами. Здесь предложена простая формула для преобразования высоты цунами, измеряемой около искусственной стенки при численном моделировании распространения цунами по модели мелкой воды, в высоту заплеска плоской волны. Формула для

пересчёта была проверена на записях нескольких цунами, очаги которых достаточно хорошо изучены. Этот метод даёт возможность увеличивать статистический материал по высотам заплеска цунами там, где таких данных недостаточно для корректного построения функции повторяемости высот цунами.

**Глава 5** посвящена приложениям результатов предыдущих глав к построению вероятностных моделей цунамиактивности вдоль побережий на Дальнем востоке. В разделе 5.1 на основе сводки данных о максимальных заплесках цунами на Южных Курильских островах за 1952-2011 гг. удалось вычислить единое для всего этого региона значение частоты сильных цунами (0,17 в год). Составлена таблица характеристических цунами для 18-ти пунктов этого побережья. В разделе 5.2 кратко описана технология численного моделирования цунами для получения характеристических высот цунами в тех пунктах, где натуральных данных для этого недостаточно. В частности, при помощи такого подхода были созданы карты цунамирайонирования Северных Курильских островов и восточного побережья Камчатки (разделы 5.4 – 5.5), где даётся вдольбереговое распределение максимумов заплеска в течение 100 лет. Аналогичные карты созданы для побережий острова Сахалин и Японского моря. В конце главы в разделе 5.8 содержатся выводы и замечания о «допустимых» рисках. Именно обоснованные оценки рисков должны учитываться при создании любых нормативов, учитывающих опасность затопления от цунами.

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертации, из которых можно выделить разработку вероятностной модели повторяемости цунами и вычисление функций повторяемости высот цунами для различных пунктов побережья. К значимым результатам я отношу создание на основе описанных в диссертации подходов карт цунамирайонирования, дающих научно-обоснованный прогноз затопления от цунами практически для всего Дальневосточного побережья России.

**По содержанию работы имеются следующие замечания.**

1. На рисунках 1.24 и 1.25 (стр. 41) приведено распределение максимальных амплитуд вдоль охотоморского побережья, но не приводится никакой привязки (названий населённых пунктов, бухт и т.д.).
2. На стр. 52 имеется утверждение, что «...все катастрофические цунами на этом побережье...были связаны только с близкими очагами.». Во-первых, на каком «этом побережье»? Если предположить, что на восточном побережье Японии, то из таблицы 2.2 на стр. 80 следует, что в Офунато высота заплеска от очагов дальней зоны достигала 4.9 метра. Если это не катастрофическое цунами, то надо чётко определить критерий «катастрофичности» для волн цунами.

3. Далее в конце стр. 82 написано: «...за...почти вековой исторический период ...ни разу не превысили 5 м.». Насколько мне известно, каталоги достаточно сильных исторических цунами, заливавших побережье Японии, охватывают исторический период почти в 2000 лет. При этом для многих древних событий имеются измерения высот заливания берега. Розыском данных о проявлениях цунами до эпохи инструментальных измерений активно занимался профессор И. Цудзи из Токийского университета. Не исключаю, что за более долгий, чем 100 лет период высота заливания берега могла превысить и 5 метров.

4. Из текста не очень понятно, как строится график (прямая линия) эмпирической функции повторяемости высот цунами на основе высот исторических цунами (Рис. 2.6 на стр. 60 и Рис. 3.17 на стр. 115). Мне кажется, что положение этой прямой не вполне однозначно. К тому же величина стандартного отклонения  $\sigma(\ln(f))$ , которая может быть определена для исторических цунами, неясным способом определяется для палеоцунами.

5. В разделе 4.1, где рассматривается эмуляция плоского наката, вызывает сомнение корректность использования линейной модели мелкой воды для численного моделирования цунами в достаточной близости к береговой линии (на глубинах 5-10 м). На таких малых глубинах начинают проявляться нелинейные эффекты, приводящие к смещению гребня волны в сторону её фронта. А крутизна волны существенно влияет на высоту наката. Кроме этого, мне кажется, отражающая стенка, выставленная на глубине 10 м, может после эмуляции наката дать другую высоту заплеска, по сравнению со стенкой, расположенной на глубине 5 м. К тому же, расчётную сетку с разрешением 1000 м считаю слишком грубой для использования в численных расчётах с целью детального цунамирайонирования побережья.

**Заключение.** Приведенные замечания никоим образом не умаляют достоинств работы. Оценивая диссертацию в целом, можно сказать, что автор показал не только высокую научную квалификацию, но и внес существенный вклад не только в развитие методов изучения цунами, но и практически использовал разработанные им подходы к созданию карт повторяемости высот цунами для Дальневосточного побережья России.

Научные результаты диссертации опубликованы полностью в рецензируемых научных изданиях и прошли широкую апробацию на научных семинарах, конференциях и симпозиумах.

Автореферат диссертации правильно и достаточно полно отражает ее содержание, а сама диссертационная работа отвечает всем требованиям и критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), «О

внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней» (Постановление правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335), предъявляемым к докторским диссертациям.

На основании вышеизложенного, считаю, что диссертационная работа Кайстренко Виктора Михайловича является научно-квалификационной работой, в которой разработаны теоретические положения и предложены новые, научно обоснованные решения, внедрение которых способно внести значительный вклад в развитие страны, совокупность которых можно квалифицировать, как научное достижение.

Считаю, что в целом тема и содержание диссертации «Вероятностная модель повторяемости цунами и количественная оценка цунамиопасности» соответствуют специальности 25.00.29 «Физика атмосферы и гидросферы». Автор диссертационной работы «Вероятностная модель повторяемости цунами и количественная оценка цунамиопасности» Кайстренко Виктор Михайлович *заслуживает* присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Официальный оппонент, доктор  
физико-математических наук

Дата: 26.08.2016

 Марчук Ан.Г.

Марчук Андрей Гурьевич,  
Доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории математического моделирования волн цунами Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 6, телефон: +7 (383) 330-9574  
e-mail: [mag@omzg.sscs.ru](mailto:mag@omzg.sscs.ru)

Подпись в.н.с. ИВМиМГ СО РАН, д-ра физ.-мат. наук Марчука Ан.Г. заверяю

Учёный секретарь ИВМиМГ СО РАН, к.ф.-м.н. Марченко М.А.

