**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методическое пособие

БАЗА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЦУНАМИОПАСНЫХ ПОБЕРЕЖЬЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Москва 2018

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 4
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 6
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 7
3 ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 8
3.1 Термины, определения 8
3.2 Сокращения 8
4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ 9
5 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ЗАДАНИЯ ОПАСНОСТИ ЦУНАМИ 15
6 СВОДКА УПОРЯДОЧЕННЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЦОР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 27
7 КОММЕНТАРИИ ДЛЯ ОСОБЫХ СЛУЧАЕВ 28
8 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ СВОДКИ УПОРЯДОЧЕННЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЦОР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 32
8.1 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Камчатского края 32
8.2 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Магаданской области 36
8.3 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Приморского края 37
8.4 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Сахалинской области 39
8.5 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных ЦОР в Краснодарском крае: 48
8.6 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Республики Крым 50
8.7 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий города федерального значения Севастополь 52
8.8 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных ЦОР в Республике Дагестан 53
Приложение А. ПРИМЕР ОЦЕНКИ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПАСНОСТИ ЦУНАМИ 55
Приложение Б. РАСЧЕТ ЗОНЫ ЗАТОПЛЕНИЯ ОТ ВЕРОЯТНЫХ ЦУНАМИ 58
Приложение В. ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ПОРТА К ВОЛНАМ ЦУНАМИ 62
Приложение Г. ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ НАКАТА ЦУНАМИ НА ЗАСТРОЕННОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КРУПНЫЕ ОБЪЕКТЫ РИСКА 73

Приложение Д. ПРИМЕР ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ДАМБЫ ОТ ЦУНАМИ 80

Приложение Е. ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЦУНАМИ 89

Приложение Ж. ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКА ЦУНАМИ СО СТРОИТЕЛЬНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ 93

Приложение И. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА МОРСКИХ ГТС НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ЦУНАМИ 106

Приложение К. ТАБЛИЦЫ ШЕРОХОВАТОСТИ ДНА И СКОРОСТЕЙ ПОТОКА ДЛЯ РАЗМЫВА ГРУНТА 119

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 122

Предисловие

Настоящее Пособие составлено Автономной некоммерческой организацией «Региональный альянс для анализа и уменьшения бедствий» в развитие СП 292.1325800.2017 «Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования».

Разработка темы по обеспечению безопасности зданий и сооружений в цунамиопасных районах Российской Федерации осуществляется в целях реализации Федеральных законов № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и во исполнение поручения Президента России В.В. Путина от 15.05.2015 года № Пр-980, поручения Правительства Российской Федерации от 28.09.2015 года № ДК-П9-6620, поручения Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Д.Н. Козака от 04.08.2016 года № ДК-П9-4667.

Целью Пособия является обеспечение специалистов проектно-изыскательских и других заинтересованных организаций методическим материалом, который предоставит проектировщику механизм реализации требований, заложенных в СП 292.1325800.2017, для более грамотного и рационального проектирования в соответствии с положениями, заложенными в своде правил.

Приведенные в Пособии исходные данные содержат природные и антропогенные особенности территорий семи субъектов Российской Федерации с цунамиопасными побережьями, в том числе данные, которые позволяют учитывать высоту прилива при определении максимального заплеска цунами и границ зоны затопления, уточнять зону затопления на берегах, сложенных грунтами или материалами различной шероховатости, выполнять цунамимикрорайонирование, определять нагрузки от цунами на портовые сооружения и береговые объекты, проектировать цунамистойкие

сооружения различной проницаемости, применять рациональную с позиций цунамибезопасности планировку и застройку прибрежных населенных пунктов. В результате использования базы исходных данных, учитывающих особенности различных субъектов Российской Федерации, в которых морские побережья находятся под угрозой цунами, и с помощью приведенных в методическом пособии примеров упроститься работа проектировщиков, повысится качество выполняемых проектных работ, сократятся сроки и снизится стоимость проектирования за счет использования единых практических подходов к выполнению работ на основе унифицированных методик и технологий.

В состав Методического пособия включен список использованных источников, позволяющий при необходимости обращаться к первоисточникам информации, использованной при разработке пособия.

В разработке Пособия принимали участие: к. т. н., проф. М.А. Клячко (руководитель темы, разделы 1, 4, 5.1, 5.4, 6–8); д. ф.-м. н. А.И. Зайцев (Приложения Б–Е); д. ф.-м. н. В.М. Кайстренко (раздел 5.1, 5.2, Приложение А); В.Ю. Фильков (Приложение И); д.ф.-м.н. Г.В. Шевченко (раздел 5.3).

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящее Пособие является настольным методическим документом, необходимым для расчета и проектирования цунамистойких прибрежных и береговых зданий и сооружений (в дальнейшем сооружений) и обеспечения цунамибезопасности урбанизированных территорий, расположенных на цунамиопасных побережьях российских морей. Методическое Пособие следует использовать как упорядоченную и уточненную базу исходных данных, дифференцированную по федеральным округам (Дальневосточному, Южному и Северо-Кавказскому) и по субъектам Российской Федерации, территории которых находятся в цунамиопасных районах (ЦОР), в качестве приложения к СП 292.1325800.2017 «Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования» (в дальнейшем просто: СП).

Пособие также будет полезно для:

- проектирования эффективных инженерных и градостроительных (планировочных) мероприятий смягчения последствий воздействия цунами;

- разработки сценариев бедствий от цунами;

- оценки цунами-риска и цунамибезопасности приморских урбанизированных территорий;

- учета опасности цунами в проектах территориального планирования и развития;

- обеспечения безопасного развития приморских урбанизированных территорий.

Настоящее Пособие детально разработано с целью учета природно-техногенных условий, а также особенностей планировки и застройки населенных пунктов на побережье дальневосточных морей, Черного и Каспийского моря. В Пособие включены разнообразные практические примеры, помогающие проектировщикам поэтапно решать разнообразные задачи обеспечения цунамибезопасности портовых сооружений и береговых объектов, находящихся в зоне опасного воздействия волн цунами.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем Методическом пособии использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин»;

ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»;

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07–85* Нагрузки и воздействия»;

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01–83* Основания зданий и сооружений»;

СП 23.13330.2011 «СНиП 2.02.02–85* Основания гидротехнических сооружений»;

СП 38.13330.2012 «СНиП 2.06.04-82* «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)»;

СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003»;

СП 292.1325800.2017 «Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования»;

СП 350.1326000.2018 «Нормы технологического проектирования морских портов»;

СП 358.1325800.2017 «Сооружения гидротехнические. Правила проектирования и строительства в сейсмических районах»;

РД 31.31.55-93 «Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений».

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

3.1 Термины, определения

В настоящем Пособии применены термины, значения которых определены в разделе 3.1 СП 292.1325800.

3.2 Сокращения

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения.

КС – категория сооружений по ГОСТ 27751;

ГТС – гидротехническое сооружение;

DIMAK – DIsaster MAgnitude of Klyachko;

FLEET – определение нагрузок и воздействий на сооружения от цунами;

HITs – оценка опасности цунами;

MIT – смягчение последствий цунами;

TSAR – анализ цунами-риска;

WADE – служба предупреждения цунами (распознавание цунами, тревожное оповещение) и эвакуации;

URSA – безопасность урбанизации;

ЦОР – цунамиопасный район;

ЦОТ – цунамиопасная территория.

4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРАВИЛА ПОЛЬЗОВАНИЯ

4.1 Целью настоящего Пособия является разъяснение и уточнение правил и требований СП 292.1325800, выполнение которых обеспечивает безопасность урбанизированных территорий и других объектов риска, расположенных в ЦОР Российской Федерации. При этом выявляются особенности, влияющие на способы и пути достижения этой цели.

4.2 Комплексная схема защиты населения и территорий от воздействия цунами приведена на рисунке 4.1.

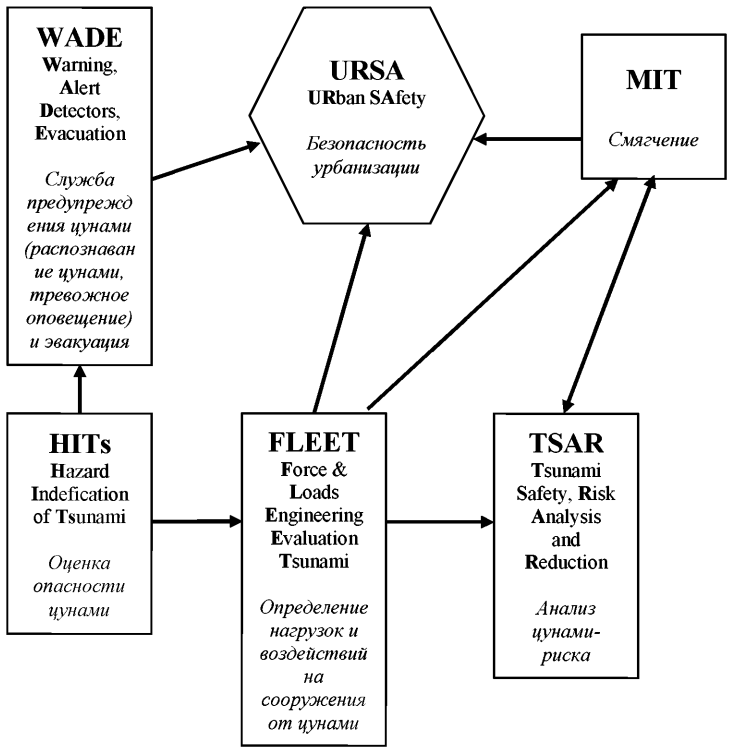


Рисунок 4.1 – Комплексная схема защиты населения и территорий от воздействия цунами

Исходная информация, входящая в блок *WADE*, находится в ответственности Росгидромет и МЧС, а за исходные данные, объединяемые в блок *HITs*, отвечают специализированные институты РАН.

К сфере деятельности и ответственности организаций строительного комплекса относятся:

- блок *FLEET*, предназначенный для определения нагрузок и воздействий на сооружения от цунами;

- блок анализа цунами-риска *TSAR*;

- блок *URSA* обеспечения безопасности всех объектов риска, что осуществляется путем планировки и застройки ЦОТ, проектирования цунамистойких сооружений, разработки мер инженерной защиты ЦОТ и возведения при необходимости сооружений вертикальной эвакуации. Все это объединяет управляющий блок *MIT*.

4.3 Задачи разработки настоящего пособия:

- уточнение параметров опасности цунами для ЦОТ разных субъектов Российской Федерации;

- учет прилива при оценке цунамиопасности побережья;

- выявление, оценка значимости и объединение в многофакторную характеристику объединенных базовых данных для ЦОТ разных субъектов Российской Федерации;

- учет шероховатости дна под потоком цунами и влияние скорости потока на размыв грунта (Приложение Л);

- детальное разъяснение использования методов численного и физического моделирования для решения задач цунамимикрорайонирования, определение зоны затопления, взаимодействие цунами с различными сооружениями, для проектирования берегозащитных сооружений, оценки цунамибезопасности морских портов (в том числе оценка перемещения донных осадков) и для определения нагрузок от цунами на морские ГТС и береговые объекты;

- расчет прибрежных сооружений различного назначения.

4.4 Методическое Пособие надлежит использовать в качестве регионального приложения к *СП* специалистам проектно-изыскательских организаций, органов экспертизы и надзорных органов, работающих в

области безопасности зданий, сооружений, урбанизированных территорий и населения в части цунамистойкости сооружений и цунамибезопасности побережий российских морей.

4.5. Сбор и использование исходных данных для последующего расчета и проектирования цунамистойких сооружений, а также для разработки проектов территориального планирования и развития ЦОТ осуществляется в соответствие с программным (по блокам последовательного решения задач) алгоритмом применительно к конкретному населенному (географическому) пункту в следующем порядке:

а) выбор соответствующего населенного (географического) пункта по *таблице А.1 СП* – урбанизированной ЦОТ или планируемого для освоения ЦОР;

б) предварительные данные и классификация ЦОТ (ЦОР) согласно *пп. 5.1.5* и *5.1.6 СП*;

в) значение нормативной высоты заплеска необходимой повторяемости (в зависимости от ответственности сооружения и требований задания на проектирование) с округлением до 0,5 м в большую сторону; классификация побережья по *п. 5.1.2 СП* с определением соответствующего качественного термина цунами по *таблице В.1 СП*;

г) классификация побережья по *п. 5.1.3 СП* с отнесением категории с «близкими» и/или «далекими» цунами;

д) значения периода волны цунами T и частоты повторяемости сильных цунами в регионе f;

е) классификация побережья по *пункту 5.1.4 СП*;

ж) характеристическое значение высоты прилива по пункту 5.3 настоящего Пособия;

и) оценка соответствия береговой линии ЦОТ термину *3.1.45 СП* «стандартное цунамиопасное побережье»;

к) результат цунамимикрорайонирования, новое назначение соответствующего качественного термина цунами по *таблице В.1 СП* и определение «зоны затопления» побережья;

л) перечень прибрежных и береговых сооружений, попадающих в ЦОТ;

м) данные о прибрежных и береговых сооружениях, расположенных в ЦОТ, согласно классификации по *пунктам 5.2* и *5.3 СП* соответственно для выявления сооружений, подлежащих расчету на цунамистойкость;

н) данные о размерах, форме, характеристиках обтекаемости и проницаемости сооружений, подлежащих расчету на цунамистойкость, в том числе:

- морских портовых причальных ГТС;
- береговых сооружений;
- берегозащитных и ограждающих сооружений;
- сооружений инженерной защиты от цунами;
- специальных сооружений для вертикальной эвакуации;

п) данные о планировочных характеристиках ЦОТ и урбанизированной территории в целом, влияющих на цунамибезопасность рассматриваемого населенного пункта, как его территории, так и его акватории.

Процедура перехода от исходных значений нормативных характеристик цунами, задаваемых по *приложению А СП*, к нагрузкам на сооружения, попадающих в ЦОТ (*HITs→FLEET*), изложена на конкретных примерах (приложение Б-Е). Пояснительный материал с анализом взаимодействия волн цунами с сооружениями различной формы, обтекаемости и проницаемости (блок *FLEET*) изложен в приложении Ж, а примеры расчета строительных сооружений на воздействие цунами (блок *MIT*) представлены в приложении И.

4.6 Взаимодействие блоков *URSA→TSAR→MIT→URSA* может происходить неоднократно в процессе повышения устойчивой безопасности урбанизированной территории, находящейся в ЦОР.

4.7. *К п. 4.1.4 СП.* Поскольку цунами является редким, пока плохо предсказуемым, но чрезвычайно разрушительным природным явлением, в случае недостаточности и/или низкой достоверности необходимых для расчета цунамистойкости сооружений исходных данных о параметрах опасности цунами следует принимать в качестве расчетных параметры фактически произошедших (исторических) на рассматриваемой ЦОТ (ЦОР) цунами. Решение этого вопроса находится в компетенции сертифицированной научно-исследовательской организации, сопровождающей проектирование цунамистойких сооружений и обеспечение цунамибезопасности рассматриваемого объекта цунами-риска. Примеры приведены в п. 5.1.1.4 настоящего Пособия.

При отсутствии необходимых данных следует принимать наихудшее значение рассматриваемого параметра. Например, на Черном море принято значение T, равное 10 мин, что соответствует наихудшему варианту – самому короткому времени добегания волны цунами до берега.

4.8 Все береговые сооружения, попадающие в зону затопления и подлежащие согласно *п. 5.3.2 СП* расчету на цунамистойкость, со временем должны быть вынесены за пределы этой ЦОТ. Только прибрежные сооружения не могут функционировать и поэтому не могут быть перенесены на сушу. Эти соображения определяют нижеследующий уточненный перечень строительных сооружений, подлежащих обязательному расчету на цунамистойкость:

- морские портовые причальные ГТС и доки;
- портовые оградительные и другие вспомогательные сооружения;
- прибрежные потенциально-опасные объекты, которые не могут быть перенесены за пределы ЦОТ;

- рыбообрабатывающие, рыбоприемные и другие предприятия, функционально связанные с морем и не относящиеся к предыдущим категориям объектов;

- очистные и другие сооружения, повреждение которых может вызвать значительные или невосстанавливаемые экологические ущербы.

При расчете и проектировании цунамистойких сооружений уровень цунамистойкости следует назначать согласно *пунктам 5.4.4* и *5.4.5 СП* и в тоже время обеспечивать такое состояние сооружения, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью людей (индивидуальный риск), а также не превышается допустимый риск, связанный с причинением вреда окружающей среде. При этом предельно допустимое значение индивидуального цунами-риска принимается согласно *пункту 11.5.1 СП*, а предельно допустимое значение экологического риска назначается в пределах $10^{-5} – 10^{-7}$ год$^{-1}$ в соответствие с заданием на проектирование. Такая цунамистойкость является нормативно необходимой и достаточной для зданий и сооружений различного назначения и конструктивной схемы.

4.9 Целью упорядочения и возможности компьютерной обработки локальной (субъекта Российской Федерации), окружной и федеральной базы исходных данных для анализа, мониторинга, контроля и управления безопасности застройки, урбанизированных территорий ЦОТ в настоящем Пособии предусмотрены нижеследующие структура и порядок использования данных.

4.9.1 Территории окружного уровня Российской Федерации (с востока на запад): Дальневосточный федеральный округ (ДФО) – А, Южный федеральный округ (ЮФО) – Б, Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО) – В.

4.9.2 Территории уровня субъектов Российской Федерации (по алфавиту внутри округа): ДФО – четыре субъекта, ЮФО – три субъекта, СКФО – один субъект.

5 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ЗАДАНИЯ ОПАСНОСТИ ЦУНАМИ

Содержание данного раздела упрощает работу проектировщиков, связанную с блоком *HITs*.

5.1 К оценке нормативного значения вертикального заплеска цунами (*к пункту 4.4 и таблице А.1* СП)

5.1.1 На основании задания на проектирование при соответствующем обосновании допускается в качестве заплеска h_{run} принимать нормативные значения заплеска цунами, отличные от указанных в *таблице А.1 СП*.

5.1.1.1 Для стандартного цунамиопасного побережья (*3.1.45 СП*) основные параметры волны цунами и связанные с ними нагрузки могут быть оценены сравнительно простым способом при известных значениях прогнозируемой величины заплеска h_{run}, периода волны цунами T и среднего значения параметра m заложения берегового откоса и уклона дна вблизи берега.

5.1.1.2 Следует учесть, что прогнозируемые величины заплеска h_{100}, h_{50}, $h_{50;0,1}$ для пунктов Дальнего Востока России, где имеются мареографы Росгидромета (регистраторы уровня моря), соотносятся с местом его установки.

5.1.1.3 Среднее за t лет значение максимального подъема уровня воды (заплеска) ht, или величина максимального заплеска ht,θ с обеспеченностью (вероятностью превышения) θ в течение t лет, рассчитывается согласно формулам (формулы 6.2 и 6.3 СП). Эти формулы пригодны для оценок параметров цунамиопасности при значениях периода прогнозного времени t лет, удовлетворяющего условию $3/f < t < 300$ лет, где f – частота повторяемости сильных цунами (приложение А СП).

5.1.1.4 При проектировании строительных сооружений, включенных в категории Iа, Iб, и Iв по *п. 5.3.2 СП* на основании задания на проектирование, расчетное значение вертикального заплеска цунами может назначаться

исходя из анализа очень редких, маловероятных цунами (например, повторяемости 1 раз в 5000 лет). Такой подход был осуществлен в рекомендациях по проектированию АЭС «El-Dabaa», Египет.

5.1.1.5 Результатами вышесказанного являются следующие разъяснение и требования:

- ЦОР с сильной изрезанностью береговой линии не может считаться стандартным (*3.1.45 СП*), и распределение прогнозируемых величин заплесков h_{run} вдоль такого побережья будет существенно неоднородным. Это утверждение подтверждается, например, крайне неоднородным распределением реальных заплесков цунами 1983 г. вдоль сильно изрезанного побережья г. Владивостока: 3-4 м в бухте Горностай, до 6 м в бухте Тихая, 2 м в бухте Аякс, порядка 1 м в бухте Диомид, и всего 0,3 м в районе постановки мареографа;

- поскольку важной целью настоящего подраздела является наилучшее для проектировщиков представление цунамиопасности в виде карт/зон вероятного затопления побережья российских морей волнами цунами, цунамимикрорайонирование всех ЦОР на побережье российских морей является обязательным для последовательной реализации, начиная с территорий расположения морских портов, потенциально опасных объектов, объектов жизнеобеспечения и других строительных сооружений, включенных в Градостроительный кодекс Российской Федерации, статья 48.1, часть 1, пункт 7), 8), а также часть 2, пункты 3), 4);

- выполнение вышеуказанных работ регулируется ФАУ «ФЦС» и должно осуществляться за счет объединенных средств федерального и регионального/территориального бюджета, а также за счет средств владельцев (собственников) строительных сооружений, находящихся в ЦОР;

- в составе задания на проектирование строительства и реконструкции объектов, расположенных в ЦОР, следует в обязательном порядке предусматривать работы по цунамимикрорайонированию, благодаря чему будет обеспечиваться накопление необходимых исходных данных по

картированию зон затопления цунамиопасных морских побережий Российской Федерации.

5.1.2 Для участков побережий, отличных от стандартного, с сильно изрезанной береговой линией, даже при наличии средней по побережью оценки цунамиопасности или на удалении от мареографа, требуется проведение работ по детальному цунамирайонированию, или цунамимикрорайонированию (*п. 4.4.3.3* СП).

5.1.3 *К п. 4.4.3.1* СП. Целью сокращения объема и повышения эффективности работы проектировщиков взамен *таблицы А.1 СП* нормативные значения вертикального заплеска рекомендуется принимать согласно разделу 8, в котором приведены уточненные таблицы нормативных вертикальных заплесков цунами для географических точек морских побережий восьми субъектов Российской Федерации В разделе 8:

- некоторые таблицы дополнены ранее отсутствующими цунамиопасными географическими пунктами, при этом учтены исторические цунами, происходившие в том или ином регионе;

- изъяты географические пункты, в которых $h_{50;0,1}$<1 м (кроме мест расположения морских портов);

- значения нормативных вертикальных заплесков цунами округлены с точностью до 0,5 м.

Примечание:

При проектировании требуется включить в рассмотрение исторические примеры цунами в данном районе. Данные по заплескам исторических цунами доступны в интернете (NGDC: Tsunami Data and Information. URL: gost.e-ecolog.ru и HTDB/WLD: Historical Tsunami Database for the World Ocean. URL: gost.e-ecolog.ru). Более подробно проявления цунами в ДФО описаны в каталогах [1, 2, 3]

5.1.4 *К пункту 4.4.3.3 и 5.4 СП*

Цунамимикрорайонирование в акватории и на территории ЦОР допускается не производить в следующих случаях:

- если ЦОР ничем не застроен (не является ЦОТ) и не планируется к урбанизации;

- если строительное сооружение на застроенной ЦОТ относится к категории КС-1 (ГОСТ 27751–2014).

5.1.5 Пример оценки параметров цунами для целей перспективного планирования, ориентировочных технико-экономических оценок и предварительных расчетов приведен в приложении А.

5.2 О форме волны цунами при накате – откате на берег

5.2.1 Сначала требуется оценить величину критерия обрушения волн *Br*, который вычисляется по формуле (*формула 6.1 СП*):

При $Br < 1$ накат волн на береговой откос происходит без обрушения, при $Br \geq 1$ при накате цунами происходит образование бора.

Дальнейшее применение сравнительно простых аналитических и приближенно аналитических методов удается провести только для наката без обрушения. Случай наката цунами с бором сравнительно редкий. Статистическое исследование показало, что примерно в 80% случаев $Br < 1$, и накат волн цунами на берег происходит без обрушения переднего склона волны.

5.2.2 Накат на берег необрушенных волн

Расчет уровней удобно проводить, используя безразмерные (относительные) величины $h_{\max}(x)/h_{run}$ при накате и минимальные $h_{\min}(x)/h_{run}$ при откате, при известном значения параметра *Br*, в зависимости от значения безразмеренной (относительной) координаты $\tilde{x} = \dfrac{x}{mh_{run}}$, отсчитываемой от невозмущенного уреза, положительные значения от уреза в море, отрицательные – в сторону берега (рисунок 5.1).

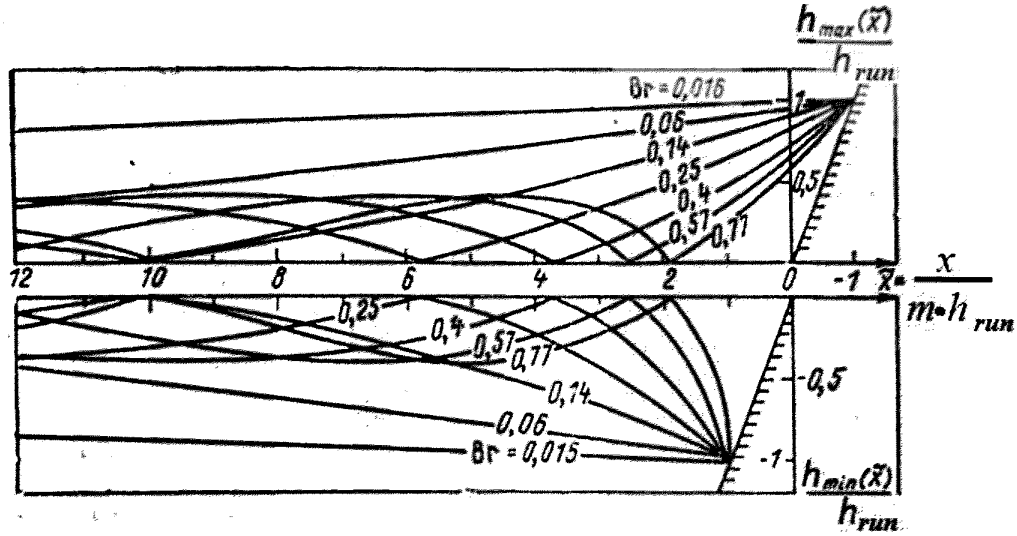


Рисунок 5.1 – Зависимость максимальных и минимальных относительных отклонений уровня цунами от безразмерной координаты

Аналогично проводится расчет максимальных скоростей потока u_{max} в безразмерном виде. Следует отметить, что при накате цунами без образования бора ($Br < 1$) максимальные значения скорости потока при накате и откате совпадают по абсолютному значению и отличаются только знаком (направлением потока). При этом безразмерные (относительные) скорости $\tilde{u} = u_{\max} T / 2\pi h_{run} m$ при известном значении значения параметра Br при накате и откате цунами, могут быть вычислены на основе номограммы ниже (рисунок 5.2), в зависимости от безразмерной координаты $\tilde{x} = \dfrac{x}{m \cdot h_{run}}$, отсчитываемой от невозмущенного уреза (положительные значения – от уреза в море, отрицательные – в сторону берега).

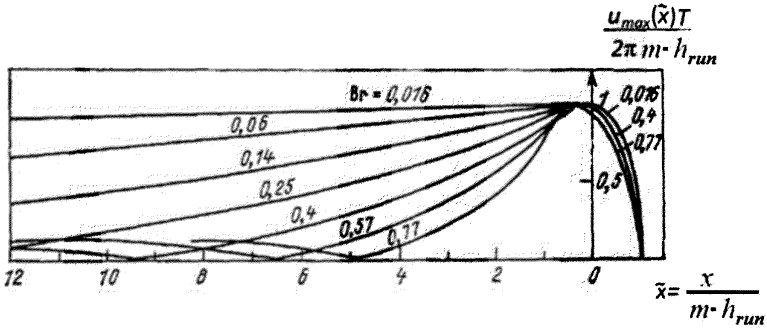


Рисунок 5.2 – Зависимость максимальной безразмерной скорости потока при цунами от безразмерной координаты $\tilde{x}$

Следует также отметить, что максимальное абсолютное значение скорости потока $u = 2\pi m h_{run}/T$ достигается на подвижном урезе в мористой части на расстоянии $x = \frac{(2\pi h_{run})^2 m^3}{2gT^2}$ от берега, как при накате, так и при откате волн цунами.

5.3 О влиянии прилива на оценку цунамиопасности побережья

5.3.1 Как следует *из рисунка А.10* СП, при назначении расчетной высоты заплеска цунами необходимо учитывать в качестве добавки некоторую величину прилива. Значение этой величины для разных географических пунктов дальневосточных морей указаны в таблицах 5.1–5.4, а соответствующие комментарии приводятся ниже в пункте 5.3.2.

5.3.2 Приливные колебания уровня моря на тихоокеанском побережье России, а также других стран, имеют значительную величину и могут как существенно усилить, так и ослабить воздействие цунами на побережье в зависимости от фазы прилива, на которой синхронизуется приход волн максимальной амплитуды. Поэтому оценке их влияния на расчет возможных высот цунами различной вероятности (повторяемости) следует уделять серьезное внимание. По-видимому, одними из первых обратили внимание на

эту проблему около 40 лет назад американские специалисты [4], предложившие оценивать вероятность наложения цунами на прилив. Эта идея получила развитие в работе [5], где метод композиции распределений приливной и непериодической составляющих уровня моря [6] был модифицирован для включения в расчет высот цунами. Эта методика была применена к расчету возможных высот цунами редкой повторяемости для побережья северной части Японского моря с учетом вероятности суперпозиции цунами с приливом и непериодическими колебаниями уровня включая штормовые нагоны [7], а позднее для Охотского моря и тихоокеанского побережья Курильских островов и Камчатки [8,9]. Выполненные расчеты показали, что поправки для расчетных высот цунами, связанные с обычными колебаниями уровня моря, не играют существенной роли для районов с высокой степенью цунамиопасности (где расчетные высоты волн для периода повторяемости 50 лет превышают 3 м), т. е. для тихоокеанского побережья Курильской гряды и полуострова Камчатка. На побережье Охотского и Японского морей относительная роль приливов возрастает, но при этом уменьшается с увеличением периода повторяемости.

Однако данная методика достаточно сложна, и ее можно рекомендовать прежде всего для детального цунамирайонирования участков побережья, где расположены населенные пункты или планируется строительство промышленных объектов. При создании карт обзорного характера нужна более простая характеристика, возможно, даже несмотря на ее недостаточно высокую точность. Именно с такой целью группой американских специалистов было проведено специальное исследование, заключавшееся в моделировании наложения теоретической записи цунами (колебания затухали в течение двух суток) на предвычисленный прилив [10]. Предвычисление осуществлялось на 1992 г., когда нодальный фактор, связанный с положением узла лунной орбиты, равнялся 1. Расчеты для 30 береговых пунктов показали, что усиление прилива для ситуаций, когда

амплитуда цунами не очень велика, в большинстве случаев была близка к средней высоте максимального за сутки прилива (mean higher high water level – MHHWL, берутся положительные отклонения от нулевого среднего уровня). Эта величина была рекомендована USA Tsunami Mitigation Committee для расчетов цунамиопасности побережья, и вошла в национальный стандарт США [11].

Все расчеты возможных высот цунами редкой повторяемости отсчитываются от этой величины, хотя, как было показано в данной работе, если высота цунами значительно превышает размах приливных колебаний, то влияние прилива существенно уменьшается. Хотя в этом случае величина вносимой ошибки относительно невелика.

В данной работе мы придерживались данного подхода, поскольку его простота и возможность использования для цунами различной вероятности перевешивают определенные неудобства, связанные с недифференцированным увеличением расчетных высот цунами. В отличие от работы [10], мы рассчитывали высоту MHHWL, которая называется ниже характерной высотой прилива $H_{хар}$, не по годовому, по 19-летнему предвычисленному ряду (2000–2018, хотя рассматриваемый интервал не имеет принципиального значения) для учета межгодовой изменчивости величины приливов, которая значительная для Дальневосточного региона России из-за существенного вклада суточных волн. Расчет приливного ряда осуществлялся на основе гармонических постоянных восьми главных приливных волн – четырех суточного (Q1, O1, K1, P1) и четырех полусуточного диапазона (N2, M2, S2, K2). Именно эту величину рекомендуется прибавлять к расчетным значениям высот волн цунами. В таблицах для каждого пункта указана также максимальная высота прилива по предвычисленному ряду ($H_{макс}$), которая близка к максимально возможной по астрономическим условиям, ниже в таблице 5.1 приводятся данные для Камчатского края.

Таблица 5.1 – Максимальная возможная высота прилива ($H_{макс}$, см) и средняя из суточных максимумов ($H_{хар}$, см, отсчитанные от нулевого среднего значения)

Тихий океан. Камчатский край		
Географические пункты	$H_{макс}$	$H_{хар}$
Лопатка мыс (вост.)	74	52
Никольское (о. Беринга)	73	46
Петропавловск-Камчатский	69	47
Русская Бухта	68	45
Усть-Камчатск (устье реки)	54	35
Ходутка бухта	70	47

Для наиболее плотно заселенных участков побережья Дальнего Востока России (южное Приморье, юго-западный Сахалин) влияние прилива незначительно из-за его малой величины ($H_{хар}$ составляет 10–15 см). Ниже приведена таблица 5.2 максимальной возможной высоты прилива для Приморского края.

Таблица 5.2 – Максимальная возможная высота прилива ($H_{макс}$, см) и средняя из суточных максимумов ($H_{хар}$, см, отсчитанные от нулевого среднего значения для населенных пунктов Приморья)

Географические пункты	$H_{макс}$, см	$H_{хар}$, см
Владивосток	20	12
Владимира залив	17	10
Кит бухта (б. Валентин)	18	11
Моряк-Рыболов (б. Пфусунг)	18	11
Находка	18	11
Ольга залив	18	11
Посьет	21	12
Рудная Пристань	16	10
Терней	15	9

Величина приливов на япономорском побережье заметно возрастает только в северной части Татарского пролива, на Сахалине от Углегорска до Александровска-Сахалинского, на материковом побережье – от Советской Гавани до Де-Кастри.

Наиболее велики приливы в северной части Охотского моря (Магадан), которые указаны в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Максимальная возможная высота прилива ($H_{макс}$, см) и средняя из суточных максимумов ($H_{хар}$, см, отсчитанные от нулевого среднего значения для населенных пунктов Магаданской области)

Магаданская область		
Географические пункты	$H_{макс}$, см	$H_{хар}$, см
Магадан, б. Нагаева	213	143

Благодаря своеобразной фокусировке цунами и резонансным свойствам бухты Нагаева, в данном пункте высоты цунами также одни из самых больших на побережье Охотского моря, поэтому учет их возможного усиления за счет прилива весьма важен (хотя максимальные волны самого значительного в этом районе Чилийского цунами 22 мая 1960 г. пришлись на отлив [8]). Также существенный вклад в оценки цунамиопасности дают приливы на восточном побережье о. Сахалин (таблица 5.4), хотя их величина умеренная ($H_{хар}$ колеблется в пределах 25–45 см), но и высоты цунами не так велики.

Таблица 5.4 – Максимальная возможная высота прилива ($H_{макс}$, см) и средняя из суточных максимумов ($H_{хар}$,, отсчитанные от нулевого среднего значения для населенных пунктов о. Сахалин)

о. Сахалин. Западное побережье		
Географические пункты	$H_{макс}$, см	$H_{хар}$, см
Александровск-Сахалинский	120	79
Горнозаводск	25	14
Ильинский	26	16
Невельск	21	12
Углегорск	55	36
Холмск	18	10
Шахтерск	55	35
о. Сахалин, Восточное и Южное побережье		
Беллинсгаузена мыс	54	25
Катангли (зал. Набиль)	58	29
Катангли (зал. Набиль) (внешний)	85	42
Корсаков	73	41
Крильон мыс	77	42
Левенорна мыс	75	41
Левенштерна мыс	40	27
Лунский зал	34	16
Лунский зал (внешний)	72	35
Москальво	138	77

Пильтун зал	99	50
Поронайск	73	44
Стародубское	64	37
Терпения мыс	58	29
Чайво (внешний)	100	53
Чайво зал	80	39

На Курильских островах (таблица 5.5) этот параметр имеет несколько более высокие значения (40–60 см), но относительный вклад прилива существенен только для населенных пунктов на охотоморском побережье, куда волны цунами подходят ослабленными при прохождении проливов.

Таблица 5.5 – Максимальная возможная высота прилива ($H_{макс}$, см) и средняя из суточных максимумов ($H_{хар}$, отсчитанные от нулевого среднего значения для Курильских островов)

Тихий океан. Курильские острова		
Географические пункты	$H_{макс}$, см	$H_{хар}$, см
Бабушкино	76	49
Байково	99	59
Буревестник	63	44
Васильева мыс (вост.)	87	56
Восходная бухта	60	42
Головнино	67	44
Двойная бухта	69	40
Димитрова бухта		
Зеленый остров	71	45
Крабовозаводское	57	38
Курильск	68	38
Малокурильское	56	38
Мильна бухта	82	46
Муссель бухта	72	41
Немо бухта	73	47
Океанская бухта	69	51
Отрадная бухта		
Подгорный		
Полонского остров	60	40
Северо-Курильск	87	53
Серноводск		
Церковная бухта	70	43
Шелихово	99	62
Южно-Курильск	54	41

Можно констатировать, что влияние приливов на оценки цунамиопасности побережья Дальневосточного региона России, за редким исключением, не имеет принципиального значения.

5.4 Дополнительные данные

При решении задач и цунамимикрорайонированию и определению зоны затопления побережья важное значение имеют характеристики шероховатости морского дна (акватории) на подходе волны к берегу и поверхности береговой территории, по которой поднимается поток цунами. Эта территория может быть сложена различными грунтами или же покрыта отделочными или защитными материалами разной степени шероховатости (приложение К). Кроме того, важными деталями береговой линии являются реки, ручьи, которые способствуют ускорению и дальности проникновения потока цунами. Чтобы учитывать разную степень шероховатости дна акватории и поверхности территории, в приложении К даны соответствующие таблицы К.1 и К.2. Там же приведена таблица К.3 критических скоростей потока, при превышении которых начинается, размыв основания, сложенного из грунтов различного типа.

6 СВОДКА УПОРЯДОЧЕННЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЦОР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В этом разделе представлена сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных ЦОР восьми субъектов Российской Федерации, в которую включены:

- нормативные значения вертикальных заплесков цунами и периода волны (обязательная таблица);
- многофакторная характеристика урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий (обязательная таблица);
- характеристики морских портов в цунамиопасных районах (при наличии портов в ЦОР);
- дополнительная информация (при наличии и необходимости).

7 КОММЕНТАРИИ ДЛЯ ОСОБЫХ СЛУЧАЕВ

7.1 К особым случаям проектирования, строительства и эксплуатации прибрежных и береговых сооружений, возводимых, реконструируемых и эксплуатируемых на ЦОТ в трех указанных в пункте 4.9 федеральных округах Российской Федерации, относятся нижеследующее факторы, подлежащие учету и существенно влияющие на процедуру проектирования цунамистойких строительных сооружений и на устойчивую цунамибезопасность ЦОТ в целом.

Эти факторы могут обладать как негативным, так и положительным влиянием.

7.2 В разделе 8 зафиксированы различные факторы, свойственные той или иной ЦОТ, соответствующей конкретному федеральному округу и субъекту Российской Федерации. Каждый из этих факторов (Ф) описан с необходимыми комментариями в пункте 7.3.

7.3 Ниже представлены особые случаи (ситуации, обусловленные особыми исходными данными) факторами, в разной степени влияющими на параметры цунами-риска и цунамибезопасности.

Ф1 – число жителей ЦОТ/прибрежного населенного пункта.

Ф2 – показатель максимального заплеска/интенсивности ожидаемого цунами, в том числе критические значения: h_{100}>4м (*пункт 10.6.2 СП*) и h_{100}>8м (*пункты 4.5.1 и 10.6.1 СП*).

Ф3 – наличие системы предупреждения о цунами.

Ф4 – эвакуация населения невозможна или сильно затруднена (*пункт 5.1.4 СП.*).

Ф5 – присутствие на ЦОТ потенциально опасных объектов.

Ф6 – вероятность «близких» цунами (*пункт 5.1.3 СП).*

Ф7 – источник цунами – зона субдукции с потенциальными многочисленными афтершоками магнитудой M≥7.

Ф8 – сейсмичность ЦОТ.

Ф9 – наличие морского порта.

Ф10 – характеристика прилива.

7.4 Комментарии для особых случаев/факторов:

•Ф1 в зависимости от числа жителей населенного пункт подразделяется на Ф1-1 – крупнейшие города (Владивосток, Махачкала), Ф1-2 – крупные города (Севастополь, Сочи), Ф1-3 – большие города (Новороссийск, Южно-Сахалинск, Петропавловск-Камчатский, Керчь, Дербент), Ф1-4 – средние города (Магадан, Ялта, Феодосия, Анапа, Геленджик), Ф1-5 – города и населенные пункты с населением менее 50 тысяч человек.

Комментарии: количество и плотность населения, его возрастная и гендерная структура, климатические условия (курортная, рыболовная, рекреационная зона или иная прибрежная зона) обуславливают различную степень риска потери жизни и здоровья в случае цунами. Особенно опасны пляжи, расположенные в небольших открытых бухтах, устья небольших рек и т.п.

•Ф2 характеризует опасность цунами и подразделяется на уровни в зависимости от ожидаемой высоты заплеска, или от интенсивности цунами по *приложению В СП*. Различные уровни фактора Ф2 обозначаются в виде Ф2-$\boldsymbol{I_{ts}}$, где I_{ts} – интенсивность нормативного цунами по *таблице В.1 СП*. Например, Ф2-IV обозначает, что в рассматриваемом населенном пункте ожидается сильное/сильно повреждающее цунами с высотой нормативного заплеска в диапазоне h_{100} = 4–8 м. Заметим, что Ф2 – очень важный фактор, от которого зависит разрешаемая нормами застройка ЦОТ. Для более полной характеристики цунамиопасности наряду с фактором Ф2 указывают также значение преобладающего периода волны цунами T (мин) и частоту/повторяемость цунами в рассматриваемом регионе f. Кроме того, в случае h_{100} = 1 м (Ф2-I), соответствующий населенный (географический) пункт не следует относить к цунамибезопасному, исключая его из таблицы нормативных значений вертикальных заплесков цунами, поскольку после ЦМР опасность цунами (h_{100}) возрастет.

•Ф3 – в дальнейшем будет иметь три степени: Ф3-1, Ф3-2 и Ф3-3, отражающие эффективность работы СПЦ на конкретной ЦОТ (хорошая, удовлетворительная и неудовлетворительная), включая в себя все элементы блока *WADE*.

•Ф4 отражает рельеф местности, расстояние и время эвакуации населения в цунамибезопасное место, снабженное всем необходимым для жизнеобеспечения населения. В этом факторе учитывается наличие (или отсутствие) сооружений для вертикальной эвакуации населения, если такие сооружения необходимы. Фактор Ф4 подразделяется на Ф4-1 (эвакуация невозможна или затруднена), Ф4-2 (эвакуация возможна).

•Ф5 указывает на наличие в ЦОТ производственных взрывоопасных, химически опасных объектов, объектов на которых храниться и/или используются радиоактивные вещества и других потенциально опасных объектов, нарушение технологического процесса, повреждение или разрушение которых могут повлечь при воздействии цунами безвозвратные и санитарные потери населения, а также экологический ущерб. При наличии в ЦОТ таких объектов (*пункт 5.3.2 Iа СП*) используется дополнительный индекс, обозначающий тип опасности объекта. Например, Ф5-ХОО обозначает химически опасный объект.

•Ф6 означает наличие близкого к рассматриваемому географическому пункту цунамигенного очага землетрясения, способного вызвать на ЦОТ сейсмические сотрясения с интенсивностью 7, 8 или 9 баллов по карте А действующего ОСР. При этом Ф6 имеет дополнительный индекс, равный расчетной сейсмичности ожидаемого землетрясения на ЦОТ. Например, Ф6-8 означает, что на рассматриваемой ЦОТ возможно цунами, которому будет предшествовать землетрясение с интенсивностью 8 баллов. Этот фактор очень важен и учитывается при проектировании, возведении и эксплуатации строительных сооружений на ЦОТ в соответствие с *п. 5.4.15 СП*.

•Ф7 – этот фактор является дополнительным к Ф6 и означает, что к моменту прихода цунами прибрежные и береговые сооружения могут быть

весьма существенно повреждены, более, чем при наличии только фактора Ф6, что должно учитываться в соответствии с *пунктом 5.4.14 СП*. При этом к фактору Ф7 никакие дополнительные индексы не приписываются.

•Ф8 в соответствии со своим наименованием и назначением имеет несколько степеней и представляется в виде Ф8 с добавлением расчетной сейсмичности ЦОТ (иногда раздельно для акватории и территории), изображаемой в соответствии с баллом сейсмической интенсивности: Ф8-7, Ф8-8, Ф8-9 и Ф8-10. Ф8 является второстепенной характеристикой, необходимой для оценки и понимания сейсмической надежности и стойкости прибрежных и береговых сооружений, которая в ряде случаев может быть достаточной для обеспечения требуемой цунамистойкости этих зданий, находящихся на ЦОТ.

•Ф9 является одной из характеристик класса морского порта, а именно максимальной разрешенной осадки пришвартованного судна. Принимая во внимание различные величины осадки кораблей и разную высоту морских ГТС, в градации Ф9 использованы привычные критериальных значения – до 9 м, до 9-12 м, 12-15 м и более 15 м. Соответствующие факторы обозначаются Ф9-9, Ф9-12, Ф9-15 и Ф9-15+. При максимально разрешенной осадке менее 9 м, указывается ее конкретное значение, после обозначения Ф9- указывается конкретное значение (например, Ф9-5 в Балаклавской бухте).

•Ф10 фактор, указывающий назначение $H_{хар}$ прилива который учитывается (или не учитывается) при определении высоты заплеска цунами в соответствие с *рисунком А.10 СП*. Обозначение уровней Ф10 принимается с учетом градации значения $H_{хар}$, принятого по данным пункта 5.2.2 настоящего Пособия, с округление до 0,5 м. Например, Ф10-1,5 обозначает наличие прилива $H_{хар}$ = 1,5 м.

8 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ СВОДКИ УПОРЯДОЧЕННЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЦОР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных ЦОР в Дальневосточном федеральном округе (ДФО)

8.1 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Камчатского края

Таблица 8.1.1 – Нормативные значения вертикальных заплесков цунами и периода волны для Камчатского края

Географический пункт	Значения вертикальных заплесков цунами h_{run}, м			Период волны T, мин	Приливы $H_{хар}$, м
	h_{50}	h_{100}	$h_{50;\,0,1}$		
Тихий океан. Камчатский край, f = 0,07 год$^{-1}$					
Асача бухта	5,0	8,0	14,0		
Безымянный мыс	3,5	5,5	10,0		
Вилючинская бухта	7,0	10,5	19,5	12; 30	
Жировая бухта	6,0	9,0	16,0		
Жупаново	5,0	7,5	14,0		
Лопатка мыс (вост.)	6,0	9,5	17,0		0,5
Лопатка мыс (зап.)	3,5	5,5	10,0		
Маячный мыс	4,0	6,0	11,0		
Медный остров	2,0	2,5	5,0		
Моржовая бухта	9,0	13,5	24,5		
Налычево	5,0	8,0	14,0		
Никольское (о.	4,5	7,0	12,5	25; 43	0,5
Озерновский поселок	3,5	5,5	10,0		0,5
Ольга бухта	8,5	13,5	24,0		
Петропавловск-Камчатский	1,0	1,5	3,0	15; 24; 30; 42; 60	0,5
Поворотный мыс	7,0	11,0	20,0		
Раковая бухта	2,0	3,5	6,0	24, 60	0,5
Русская бухта	8,5	13,5	24,0	30	0,5
Саранная бухта	5,0	8,0	14,0		
Тарья бухта	2,0	3,0	5,5	15; 24; 30; 42	
Усть-Камчатск (коса)	3,0	4,5	8,5		0,5
Уташуд остров	6,0	9,5	17,0		
Халактырка	5,5	8,0	14,5		
Ходутка бухта	5,0	8,0	14,0	10	0,5
Шипунский мыс	8,0	12,0	22,0		
Примечания: 1 В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения:					

h_{50} и h_{100} – максимальные высоты заплеска цунами с повторяемостью в среднем соответственно один раз в 50 лет и один раз в 100 лет;

$h_{50;\ 0,1}$ – высота вертикального заплеска цунами с 90%-ной обеспеченностью непревышения (или 10% вероятности превышения) в течение 50 лет, приближенно соответствует высоте вертикального заплеска цунами h_{500} с повторяемостью в среднем один раз в 500 лет;

T – период волны;

f – частота повторяемости сильных цунами в регионе

2 В настоящей таблице даны нормативные значения вертикальных заплесков. Для получения расчетных величин следует использовать повышающий коэффициент, равный 1,1.

3 Значения вертикальных заплесков, представленные в настоящей таблице, действительны только для стандартного цунамиопасного побережья (*рисунок А.10 СП*) и в случае несоответствия (значительного отклонения) рассматриваемого побережья этому определению значение вертикального заплеска должно быть откорректировано по результатам ЦМР.

4 На камчатском побережье Берингова моря данные о цунами отсутствуют, но все восточное побережье Камчатки является цунамиопасным

Таблица 8.1.2 – Многофакторная характеристика урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Камчатского края

Населенный или географический пункт	Характеристические факторы урбанизированных и перспективных ЦОТ									
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9	Ф10
Асача бухта		Ф2-V								
Безымянный мыс		Ф2-IV								
Вилючинская бухта		Ф2-V								
Жировая бухта		Ф2-V								
Жупаново		Ф2-IV								
Лопатка мыс (вост.)		Ф2-V								Ф10-0,5
Лопатка мыс (зап.)		Ф2-IV								
Маячный мыс		Ф2-IV								
Медный остров		Ф2-IV								
Моржовая бухта		Ф2-V								
Налычево	Ф1-5	Ф2-V	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-9/10	Ф7	Ф8-9/10	Ф9-13	
Никольское (о. Беринга)	Ф1-5	Ф2-IV	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-9	Ф7	Ф8-9		Ф10-0,5
Озерновский поселок	Ф1-5	Ф2-IV	Ф3-2	Ф4-1	Ф5-ХОО	Ф6-9/10	Ф7	Ф8-9/10		Ф10-0,5
Ольга бухта		Ф2-V								
Петропавловск-Камчатский	Ф1-3	Ф2-II	Ф3-2	Ф4-1	Ф5-ХОО	Ф6-9/10	Ф-7	Ф8-9/10	Ф9-93	Ф10-0,5
Поворотный мыс		Ф2-V								
Раковая бухта		Ф2-III								
Русская бухта		Ф2-V								Ф10-0,5
Саранная бухта		Ф2-V								
Тарья бухта		Ф2-III								
Усть-Камчатск (коса)	Ф1-5	Ф2-IV	Ф3-2	Ф4-1	Ф5-ХОО	Ф6-10/11	Ф7	Ф8-10/11		Ф10-0,5
Уташуд остров		Ф2-V								
Халактырка пляж		Ф2-V								
Ходутка бухта		Ф2-V								Ф10-0,5
Шипунский мыс		Ф2-V								

Таблица 8.1.3 – Характеристики морских портов в цунамиопасных районах Камчатского края

Порт	Расположение	Координаты	Площадь (акв+терр.), км^2	Грузооборот тыс.т	Габариты судов (дл/шир/осад), м	Кол-во причалов (протяженность, м)
Петропавловск-Камчатский	г. Петропавловск-Камчатский	53°00′06″с.ш. 158°39′25″в.д.	1792,16 + 1,37	2 411,0	200/25/9	56 ед. (6089,1)

8.1.4 Дополнительные сведения о произошедших цунами

а) По информации станции цунами (СПЦ) Камчатской ГМС, телефон дежурного +7 (4152)29-83-69:

1) 13 июля 1993 г. получены следующие сообщения (время камчатское):

В 02 ч. 30 м. от сейсмостанции Петропавловск землетрясение время 01 ч. 24 м. Координаты 41.0 с.ш. 138.0 в.д. М = 7.8.

В 02 ч. 54 м от ЯМА Токио землетрясение время 01:18. Координаты 42.8 с.ш. 139.4 в.д. Район острова Хоккайдо. Глубина 50 км. М = 7.8.

В 03 ч. 04 м. от Южно-Сахалинска землетрясение время 03:19 Координаты 38.8 с.ш. 139.5 в.д. М = 8.3.

На Камчатке тревога цунами не объявлялась.

2) 26 сентября 2003 г. получены следующие сообщения (время камчатское):

В 08 ч. 58 м. от Яма Токио землетрясение время 08:50.

Координаты 41.7 с.ш. 144.2 в.д. южнее о. Хоккайдо. Глубина 58 км. М = 7.8.

В 09 ч. 56 м. от Южно-Сахалинска землетрясение время 08:51. Координаты те же. М = 8.3.

В 09 ч. 55 м. от СС Петропавловск время 08:53. М = 8.5.

Была объявлена тревога цунами. МЧС получило сообщение о тревоге цунами в 09 ч. 29 м. Отбой тревоги в 12 ч. 12 м. По сообщениям гидрометеостанций (визуальные наблюдения) изменений уровня моря во время тревоги цунами не отмечалось.

3) 13 января 2007 г. получены сообщения (время камчатское):

В 16 ч. 35 м. Аляска землетрясение параметры: время 16 ч. 23 м. координаты 46.7 с.ш. 154.4 в.д. к востоку от Курильских островов М = 8.4.

В 16 ч. 39 м. от СС Петропавловск землетрясение параметры: время 16ч 34м координаты 46.1 с.ш. 154.2 в.д. глубина 30 км М = 8.3.

В 16 ч. 48 м. Гонолулу землетрясение параметры: время 16 ч. 23 м. координаты 46.7 с.ш. 154.4 в.д. М = 8.4.

В 16 ч. 59 м. Яма Токио параметры: время 16 ч. 24 м. координаты 46.1 с.ш. 154.2 в.д. Курильские острова М = 8.3.

В 17 ч. 23 м. сейсмостанция объявила тревогу цунами на Камчатке.

В 19 ч. 01 м. Центр Цунами дала отбой тревоги. На побережье Камчатки цунами не наблюдалось.

4) 11 марта 2011 г. получены сообщения (время камчатское):

В 16 ч. 49 м. ЯМА Токио землетрясение параметры: время 16 ч. 46 м. координаты 38.0 с.ш. 142.9 в.д. глубина 10 км М = 7.9.

В 16 ч. 58 м. Гонолулу землетрясение параметры: время 16 ч. 46 м. координаты 38.0 с.ш. 142.9 в.д. глубина 10 км М = 7.9.

В 17 ч. 02 м. Южно-Сахалинск землетрясение параметры: время 16 ч. 48 м. координаты 38.5 с.ш. 142.5 в.д. М = 8.5.

В 17 ч. 08 м. СС Петропавловск землетрясение параметры: время 16 ч. 46 м. координаты 38.3 с.ш. 143.0 в.д. глубина 11 км М = 8.5.

В 17 ч. 24 м. ЯМА Токио землетрясение параметры: время 17 ч. 15 м. координаты 36.0 с.ш. 141.2 в.д. М = 7.4.

В 17 ч. 43 м. Гонолулу землетрясение параметры: время 16 ч. 46 м. координаты 38.2 с.ш. 142.5 в.д. глубина 10 км М = 8.8.

Тревога цунами в Камчатском крае не объявлялась, высота волн цунами по инструментальным данным была следующая: АП Петропавловск-Камчатский 28 см (датчик установлен в морском порту); АП Никольское 26 см; АП Семячик 141 см. По данным гидрометеостанций изменений уровня не наблюдалось.

5) 18 июля 2017 г. получены сообщения (время камчатское):

В 11 ч. 43 м. СС Петропавловск землетрясение параметры: время 11 ч. 33 м. координаты 54.0 с.ш. 169.9 в.д. глубина 6 км М = 7.6.

В 11. ч 49 м. Гонолулу землетрясение параметры: время 11 ч. 45 м. координаты 54.2 с.ш. 169.2 в.д. глубина 48 км М = 7.9.

В 11 ч. 54 м. Южно-Сахалинск землетрясение параметры: время 11 ч. 34 м. координаты 54.5 с.ш. 168.6 в.д. М = 7.7.

В 12 ч. 13 м. Аляска землетрясение параметры: время 11 ч. 34 м. координаты 54.5 с.ш. 168.9 в.д. глубина 10 км Командорские острова М = 7.8.

В 11 ч. 43 м. СС Петропавловск землетрясение параметры: время 11 ч. 33 м. координаты 54.0 с.ш. 169.9 в.д. глубина 6 км М = 7.6.

На Камчатке объявлена тревога цунами. МЧС получило сообщение о тревоге цунами в 11 ч. 46 м. Отбой тревоги в 12 ч. 39 м. Изменений уровня моря во время тревоги цунами не отмечалось.

Примечание: В данном документе представлены данные о землетрясениях, величина которых превышала пороговые значения, необходимые для возникновения цунами. В некоторых случаях, анализируя землетрясения, было понятно, что цунами не угрожает побережью Камчатки, в связи с этим тревога не объявлялась. В тех случаях, когда тревога цунами объявлялась, у восточного побережья Камчатки наблюдалось незначительное превышения уровня моря в пределах 150 см.

б) Катастрофическое цунами 4 ноября 1952 года на юго-восточном побережье Камчатки [1, 2, 3].

8.2 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Магаданской области

Таблица 8.2.1 – Нормативные значения вертикальных заплесков цунами и периода волны

Географический пункт	Значения вертикальных заплесков цунами h_{run}, м			Период волны T, мин	Приливы $H_{хар}$, м
	h_{50}	h_{100}	$h_{50;\,0,1}$		
Тихий океан. Магаданская область					
Магадан, бухта Нагаева	1,0	2,0	4,0	70	1,5

Примечания:

1 В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения:

h_{50} и h_{100} – максимальные высоты заплеска цунами с повторяемостью в среднем соответственно один раз в 50 лет и один раз в 100 лет;

$h_{50;\,0,1}$ – высота вертикального заплеска цунами с 90 %-ной обеспеченностью не превышения (или 10 % вероятности превышения) в течение 50 лет, приближенно соответствует высоте вертикального заплеска цунами h_{500} с повторяемостью в среднем один раз в 500 лет;

T – период волны;

f – частота повторяемости сильных цунами в регионе

2 В настоящей таблице даны нормативные значения вертикальных заплесков. Для получения расчетных величин следует использовать повышающий коэффициент, равный 1,1.

3 Значения вертикальных заплесков, представленные в настоящей таблице, действительны только для стандартного цунамиопасного побережья (*рисунок А.10 СП*) и в случае несоответствия (значительного отклонения) рассматриваемого побережья этому определению значение вертикального заплеска должно быть откорректировано по результатам ЦМР.

Таблица 8.2.2 – Многофакторная характеристика урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Магаданской области

Населенный или географический пункт	Характеристические факторы урбанизированных и перспективных ЦОТ									
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9	Ф10
Магадан, бухта Нагаева	Ф1-4	Ф2-III		Ф4-2	Ф5-ПВО	?	-	Ф8-8/9	Ф9-9	Ф10-1,5

Таблица 8.2.3 – Характеристики морских портов в цунамиопасных районах Магаданской области

Порт	Расположение	Координаты	Площадь (акв+терр) км^2	Грузооборо ттыс.тонн	Габариты судов (дл/шир/о сад), м	Кол-во причалов (протяженн ость, м)
Магадан	гор. Магадан	59°32′03″с.ш 150°46′01″в.д	17,38 + 0,33	1 222,2	162,1/22,9 /9,9	10 ед. (1707,6)

8.3 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Приморского края

Таблица 8.3.1 – Нормативные значения вертикальных заплесков цунами и периода волны

Географический пункт	Значения вертикальных заплесков цунами h_{run}, м			Период волны T, мин	Приливы $H_{хар}$, м
	h_{50}	h_{100}	$h_{50;\,0,1}$		
Тихий океан. Приморский край, f=0,05 год$^{-1}$					
Владивосток, бухта Аякс		2*		12; 33; 58. Средн. 40	-
Владивосток, бухта Горностай		4*			
Владивосток, бухта Диомид		1,5*			
Владивосток, бухта Золотой Рог, район мареографа	0,2**	0,2**	0,7**		
Владивосток, бухта Патрокл		2*			
Владивосток, бухта Тихая		5*			
Владимира залив	1	1	2,0		-
Кит бухта	2	2,5	6		-
Моряк-Рыболов	1	1,5	3,5		-
Находка	0,5**	0,5**	1**	6; 35; 66	-
Ольга залив	1	1	2,0		-
Посьет			0,2**	25	
Рудная Пристань	2,5	3,5	8,0	5; 7,5; 62	10

Примечания:

1 В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения:

* - максимальные значения заплесков исторических цунами, предлагаемые в качестве оценки величины h_{100};

** - в месте установки мареографов, замеренные значения заплесков даны без округления;

h_{50} и h_{100} – максимальные высоты заплеска цунами с повторяемостью в среднем соответственно один раз в 50 лет и один раз в 100 лет;

$h_{50;\,0,1}$ – высота вертикального заплеска цунами с 90 %-ной обеспеченностью не превышения (или 10 % вероятности превышения) в течение 50 лет, приближенно соответствует высоте вертикального заплеска

цунами h_{500} с повторяемостью в среднем один раз в 500 лет;

T – период волны;

f – частота повторяемости сильных цунами в регионе

2 В настоящей таблице даны нормативные значения вертикальных заплесков. Для получения расчетных величин следует использовать повышающий коэффициент, равный 1,1.

3 Значения вертикальных заплесков, представленные в настоящей таблице, действительны только для стандартного цунамиопасного побережья (*рисунок А.10 СП*) и в случае несоответствия (значительного отклонения) рассматриваемого побережья этому определению значение вертикального заплеска должно быть откорректировано по результатам ЦМР.

4 В географических пунктах, отмеченных **, ЦМР необходимо выполнять в любом случае, независимо от форму береговой линии, в том числе и для стандартного побережья.

Таблица 8.3.2 – Многофакторная характеристика урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Приморского края

Населенный или географический пункт	Характеристические факторы урбанизированных и перспективных ЦОТ									
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9	Ф10
Владивосток, бухта Аякс	Ф1-1	Ф2-II								
Владивосток, бухта Горностай		Ф2-III								
Владивосток, бухта Диомид		Ф2-II								
Владивосток, бухта Золотой Рог, район мареографа		Ф2-II	?	Ф4-2	+	-	-	Ф8-6/7	Ф9-13	
Владивосток, бухта Тихая*		Ф2-IV								
Владивосток, бухта Патрокл		Ф2-II								
Владимира залив		Ф2-II								
Кит бухта		Ф2-III								
Моряк-Рыболов		Ф2-II								
Находка, порт Находка	Ф1-3	Ф2-I			+			Ф8-6/7	Ф9-11,5	
Находка, порт Восточный									Ф9-16	
Ольга залив	Ф1-5	Ф2-II						Ф8-7/8	Ф9-8	
Посьет	Ф1-5							Ф8-6/7	Ф9-9	
Рудная Пристань	Ф1-5	Ф2-III						Ф8-7/8		

Примечания:

1 СПЦ в Приморском крае имеет все возможности для организации и будет работоспособной в ближайшее время.

2 Все данные по Владивостоку и Находке условно приведены к месту установки мареографа.

3 При проектировании цунамистойких морских портовых ГТС следует принимать фактор Ф8-7/8 для портов Владивостока, Зарубино и Посьет, а Ф8-8/9 для портов Находки и Восточного.

4 Фактор Ф5 с отметкой «+» означает наличие потенциально опасных объектов на рассматриваемой ЦОТ, перечень, вид и степень вторичной опасности которых нуждается в уточнении.

Таблица 8.3.3 – Характеристики морских портов в цунамиопасных районах Приморского края

Порт	Расположение	Координаты	Площадь (акв+терр) км^2	Грузооборот, тыс.тонн	Габариты судов (дл/шир/осад), м	Кол-во причалов (протяженность, м)
Владивосток	гор. Владивосток	43°06′48″с.ш. 131°53′08″в.д	131,06 + 2,26	11 836,2	290/35/13	57 ед. (12 315,7)
Восточный	гор. Находка	42°44′03″с.ш. 133°04′44″в.д	62,66 + 3,86	38 356,8	290/45/16	25 ед. (5497,2)
Зарубино	пгт Зарубино Хасанский район	42°38′40″с.ш. 131°04′58″в.д.	27,0 + 0,39	117,1	130/18/7,5	7 ед. (841)
Находка	гор. Находка	42°48′23″с.ш. 132°52′48″в.д	127,45 + 2,84	14 986,6	245/44/11,5	108 ед. (16810,4)

Продолжение таблицы 8.3.3

Ольга	пгт Ольга	43°44′25″с.ш. 135°16′52″в.д	57,36 + 0,43	1 631,5	200/18/8	11 ед. (1566,2)
Посьет	пгт Посьет Хасанский район	42°39′05″с.ш. 130°48′27″в.д	22,5 + 0,88	5 317,4	183/32/9	16 ед. (2467,2)

8.4 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Сахалинской области

Таблица 8.4.1 – Нормативные значения вертикальных заплесков цунами и периода волны Сахалинской области

Географический пункт	Значения вертикальных заплесков цунами h_{run}, м			Период волны T, мин	Приливы $H_{хар}$, м
	h_{50}	h_{100}	$h_{50;\,0,1}$		
Тихий океан. Сахалинская область**					
о. Сахалин, Восточное и Южное побережье f = 0,11 год$^{-1}$					
Катангли	1,0	1,5	2,0		
Корсаков	1,0	1,0	2,0	19; 33	
Крильон мыс	0,5	1,0	1,5		
Лунский залив	1,5	2,0	3,0		
Пильтун зал	1,0	1,0	2,0		
Пограничное	0,5	1,0	1,5		
Поронайск	0,5	1,0	1,5	34; 60	
Чайво	1,0	1,5	3,0		
о. Сахалин, Западное побережье, f = 0,05 год$^{-1}$					
Горнозаводск	1,5	2,5	4,5		
Заветы Ильича	2,0	3,5	7,0		
Ильинский	0,5	1,0	2,0		
Калинино	1,0	2,0	3,5		
Красногорск	0,5	1,0	1,5		
Ловецкое	1,5	2,5	5,0		
Невельск	1,5	3,0	6,0		
Томари	0,5	1,0	2,0		

Холмск	1,0	2,0	4,0	8	
Чихачева мыс	0,5	1,0	2,0		
Штернберга мыс	0,5	1,0	2,0		
Яблочное	1,0	2,0	4,0		
Ясноморский	1,5	3,0	6,0		
Тихий океан. Курильские острова**					
о. Итуруп, f =0,17 год$^{-1}$					
Буревестник	4,0	5,5	8,5	12	
Курильск	1,5	1,5	2,5	7; 11; 20	
Сентябрьский	6,0	7,5	12,0	12	
о. Кунашир, f =0,17 год$^{-1}$					
Головнино	1,5	2,0	3,0		
Илюшина река (Винай)	4,5	6,0	9,5		
Космодемьянская бухта	2,5	3,5	5,5		
Ловцова мыс	3,5	4,5	7,0		
Серноводск	3,0	4,0	6,0		
Южно-Курильск	3,0	4,5	6,5	23; 35; 70	
Малая Курильская гряда, f =0,17 год–1					
Зеленый остров	4,0	5,0	8,0		
Полонского остров	3,0	4,0	6,5		
Юрий остров	2,5	3,5	5,5		
о. Матуа					
Двойная бухта	2,5	4,0	6,5		
о. Онекотан, f =0,11 год$^{-1}$					
Муссель бухта	6,0	8,5	14,0	10	
Немо бухта	3,5	5,0	8,5	*	
о. Парамушир, f =0,09 год$^{-1}$					
Васильева мыс (вост.)	5,5	8,0	14,0	12	
Васильева мыс (зап.)	3,5	5,5	9,0	12	
Океанская бухта	6,5	9,5	16,0		
Подгорный	5,5	8,5	14,5	*	
Северо-Курильск	12,0	18,0	30,5	5; 10; 16; 18; 45. Средн. 15	
Шелихово	2,0	3,0	5,0	*	
о. Симушир					
Мильна бухта	3,0	4,0	6,5		
о. Шиашкотан					
Восходная бухта	5,0	7,0	11,5		
о. Шикотан, f =0,17 год–1					
Димитрова бухта	6,5	8,5	13,5		
Крабовозаводское	4,5	6,0	9,0	5; 11; 29	
Край Света мыс	4,5	6,5	9,5	14	
Малокурильское	4,5	6,0	9,0	19	
Отрадная бухта	2,5	3,0	5,0	*	
Церковная бухта	9,0	12,0	18,5	14	
о. Шумшу, f =0,09 год$^{-1}$					
Бабушкино	5,5	8,0	13,5	10	
Байково	10,0	14,5	25,0	15	
Козыревск	13,0	18,5	32,0		
Курбатова мыс	4,0	5,5	10,0		
Норд мыс	3,5	5,0	8,5		

** Курильские острова, входящие по административному делению в Сахалинскую область, выделены отдельным сегментом.

Примечания:

1 В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения:

h_{50} и h_{100} – максимальные высоты заплеска цунами с повторяемостью в среднем соответственно один раз в 50 лет и один раз в 100 лет;

$h_{50;\ 0,1}$ – высота вертикального заплеска цунами с 90 %-ной обеспеченностью не превышения (или 10 % вероятности превышения) в течение 50 лет, приближенно соответствует высоте вертикального заплеска цунами h_{500} с повторяемостью в среднем один раз в 500 лет;

T – период волны;

f – частота повторяемости сильных цунами в регионе

2 В настоящей таблице даны нормативные значения вертикальных заплесков. Для получения расчетных величин следует использовать повышающий коэффициент, равный 1,1.

3 Значения вертикальных заплесков, представленные в настоящей таблице, действительны только для стандартного цунамиопасного побережья (*рисунок А.10 СП*) и в случае несоответствия (значительного отклонения) рассматриваемого побережья этому определению значение вертикального заплеска должно быть откорректировано по результатам ЦМР.

Таблица 8.4.2 – Многофакторная характеристика урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Сахалинской области

Населенный или географический пункт	Характеристические факторы урбанизированных и перспективных ЦОТ									
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9	Ф10
Бабушкино, о.Шумшу	Ф1-5	Ф2-IV	Ф3-2				Ф7			Ф10-0,5
Байково, о.Шумшу	Ф1-5	Ф2-V	Ф3-2				Ф7			Ф10-0,5
Буревестник, о.Итуруп	Ф1-5	Ф2-IV	Ф3-2				Ф7			
Васильева мыс (вост.), о.Парамушир		Ф2-IV								Ф10-0,5
Васильева мыс (зап.), о.Парамушир		Ф2-IV								
Восходная бухта, о.Шиакотан		Ф2-IV								Ф10-0,5
Головнино, о.Кунашир	Ф1-5	Ф2-II	Ф3-2							Ф10-0,5
Горнозаводск	Ф1-5	Ф2-III	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-9	Ф7	Ф8-9/10		
Двойная бухта, о.Матуа	-	Ф2-III					-			Ф10-0,5
Димитрова бухта, о.Шикотан	-	Ф2-V					-			
Заветы Ильича	Ф1-5	Ф2-III	Ф3-2	Ф4-2			Ф7			
Зеленый остров		Ф2-IV								Ф10-0,5
Ильинский		Ф2-I				Ф6-8		Ф8-8/9		
Илюшина река (Винай), о.Кунашир		Ф2-IV								
Калинино	Ф1-5	Ф2-II	Ф3-2	Ф4-2						
Катангли	Ф1-5	Ф2-II	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-9		Ф8-9/10		Ф10-0,5
Козыревск, о.Шумшу		Ф2-VI								
Корсаков	Ф1-5	Ф2-I	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9	Ф9-15+	Ф10-0,5
Космодемьянская бухта, о.Кунашир		Ф2-II								
Крабовозаводское о.Шикотан	Ф1-5	Ф2-IV	Ф3-2				Ф7			Ф10-0,5
Край Света мыс, о.Шикотан		Ф2-IV								
Красногорск	Ф1-5	Ф2-I	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9		

Крильон мыс		Ф2-I								
Курбатова мыс, о.Шумшу		Ф2-IV								
Курильск, о.Итуруп	Ф1-5	Ф2-II	Ф3-2			Ф6-9		Ф8-9/10		Ф10-0,5
Ловецкое		Ф2-III								
Ловцова мыс, о.Кунашир		Ф2-IV								
Лунский залив		Ф2-II								
Малокурильское, о.Шикотан	Ф1-5	Ф2-IV	Ф3-2			Ф6-10	Ф7	Ф8-10/11		Ф10-0,5
Мильна бухта, о.Симушир		Ф2-II								Ф10-0,5
Муссель бухта, о. Онекотан		Ф2-V								Ф10-0,5
Невельск	Ф1-5	Ф2-IV	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-9	Ф7	Ф8-9/10	Ф9-5,5	
Немо бухта, о.Онекотан		Ф2-IV								Ф10-0,5
Норд мыс, о.Шумшу		Ф2-IV								
Океанская бухта, о.Парамушир		Ф2-V								Ф10-0,5
Отрадная бухта, о.Шикотан		Ф2-III								
Пильтун зал		Ф2-I								
Пограничное	Ф1-5	Ф2-I	Ф3-2	Ф4-2						
Подгорный, о.Парамушир		Ф2-V								
Полонского остров		Ф2-III								Ф10-0,5
Поронайск	Ф1-5	Ф2-I	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9	Ф9-1,9	Ф10-0,5
Северо-Курильск, о.Парамушир	Ф1-5	Ф2-VI	Ф3-2	Ф4-1		Ф6-9	Ф7	Ф8-9/10		Ф10-0,5
Сентябрьский, о.Итуруп		Ф2-IV								
Серноводск, о.Кунашир	Ф1-5	Ф2-III	Ф3-2				Ф7			
Томари	Ф1-5	Ф2-I	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9		
Холмск	Ф1-5	Ф2-II	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9	Ф9-8	
Церковная бухта, о.Шикотан		Ф2-V								Ф10-0,5
Чайво	Ф1-5	Ф2-II	Ф3-2	Ф4-2						Ф10-0,5
Чихачева мыс		Ф2-I								
Шелихово, о.Парамушир		Ф2-III								Ф10-0,5
Штернберга мыс		Ф2-I								
Южно-Курильск, о.Кунашир	Ф1-5	Ф2-II	Ф3-2			Ф6-9		Ф8-9/10		Ф10-0,5
Юрий остров		Ф2-IV								
Яблочное	Ф1-5	Ф2-II	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9		
Ясноморский	Ф1-5	Ф2-III	Ф3-2	Ф4-2		Ф6-9	Ф7	Ф8-9/10		

Примечания:

1 Все данные по Корсакову условно приведены к месту установки мареографа.

2 При проектировании цунамистойких морских ГТС порта Корсаков следует принимать фактор Ф8-9/10

3 К фактору Ф5. Перечень, вид и степень вторичных поражающих факторов потенциально опасных объектов нуждается в уточнении.

Таблица 8.4.3 – Характеристики морских портов в цунамиопасных районах Сахалинской области

Порт	Расположение	Координаты	Площадь (акв+терр) км^2	Грузооборот, тыс.тонн	Габариты судов (дл / шир / осад), м	Кол-во причалов (протяженность, м)
Александровск-Сахалинский	гор. Александровск	50°53′47″с.ш. 142°07′50″в.д	3,69 + 0,04	0	34/7,2/2,4	4 ед. (442,1)
Корсаков	гор. Корсаков	46°37′26″с.ш. 142°46′02″в.д	65,50 + 0,33	1 431,6	300/б/о/17,5	30 ед. (2737,3)
Москальво	с. Москальво Охинский район	53°32′50″с.ш. 142°31′09″в.д	52,3 + 0,18	32,8	150/40/6	6 ед. (657)
Невельск	гор. Невельск	46°40′06″с.ш. 141°51′11″в.д	2,25 + 0,85	107,6	120/16/5,5	26 ед. (2701)
Поронайск	гор. Поронайск	49°13′49″с.ш. 143°07′03″в.д	12,50 + 0,04	0	37/7/1,9	6 ед. (386,7)

Продолжение таблицы 8.4.3

Пригородное	Корсаковский район	46°37′29″с.ш. 142°54′25″в.д	57,80 + 0,20	16 328,4	300/б.о/17,5	4 ед. (951,3)
Холмск	гор. Холмск	47°02′48″с.ш. 142°02′29″в.д	15,62 + 0,49	2 192,4	130/22/8	27 ед. (2469,4)
Шахтерск	гор. Шахт.ерск Углегорский район	49°09′44″с.ш. 142°03′17″в.д	12,42 + 0,14	1 566,5	150/20/4,6	28 ед. (2113)

Примечание:
Морские порты Александр-Сахалинский, Москальво, Пригорное и Шахтерск находятся в зонах, предварительно отнесенных к цунамибезопасным при нормативном значении вертикального заплеска $h_{50;\,0,1}$, что подлежит уточнению при ЦМР

8.4.4 Дополнительные сведения о произошедших цунами (таблицы 8.4.4, 8.4.5 и 8.4.6)

а) По информации станции цунами (СПЦ) Сахалинской ГМС, телефон дежурного +7 (4242) 437051.

Таблица 8.4.4 – Информация о времени выпуска тревоги цунами и прихода первой волны цунами к населенным пунктам 2006–2011 гг.

Время события	**Время выпуска тревоги цунами**	**Первое вступление волны цунами**
15 ноября 2006 года (Симуширское цунами), **Время землетрясения 11:16 ВСВ*** М 8,1, координаты 46.6 севера, 153.6 востока.	Дежурным сейсмологом была объявлена тревога цунами по всем Курильским островам и передана в адрес ГУ МЧС России по Сахалинской области в **11:25 ВСВ** Тревога в населенные пункты Курильских островов поступила в **11:27 ВСВ,** т.е. спустя 2 мин. после подачи тревоги цунами сейсмостанцией Южно-Сахалинск, а с момента регистрации землетрясения – 11 мин.	**Малокурильское**: На мареограмме первое вступление волны цунами отмечено 15 ноября **12:15 ВСВ**. Максимальная волна 150 см – спустя 4 часа после прихода первой. **Южно-Курильск**: Колебания уровня моря начались в **13:20 ВСВ**.
13 января 2007 года **Время землетрясения 04:25 ВСВ** М 8,0., координаты 46.5 севера, 153.8 востока.	Дежурным сейсмологом была объявлена тревога цунами по всем Курильским островам и передана в адрес ГУ МЧС России по Сахалинской области в **04:36 ВСВ** Тревога в населенные пункты Курильских островов поступила в **04:41 ВСВ,** т.е. спустя 5 мин. после подачи тревоги цунами сейсмостанцией Южно-Сахалинск, а с момента регистрации землетрясения – 16 мин.	**Малокурильское**: На мареограмме первое вступление волны цунами отмечено 13января **06:30 ВСВ**. Максимальная волна 72 см – спустя почти 2 часа после прихода первой. **Северо-Курильск (данные визуальных наблюдений):** По донесению диспетчера морского рыбного порта Северо-Курильск в **06:55 ВСВ** в акватории порта наблюдалось первое понижение уровня моря в портковше до 2 м.

Продолжение таблицы 8.4.4.

28 февраля 2010 года (сах. время) **Время землетрясения 27 февраля 04:25 ВСВ Чилийское цунами** М 8,8**,** координаты 36.1 юга, 72.6 запада	Проанализировав ситуацию: высоты волн на приливных зарубежных станциях и учитывая, что в районе, который является определяющим для побережья Курильских островов (Гавайские острова), отмечалась высота волны 2 м, а также тот факт, что в расчетный период подхода волны будет отмечаться фаза прилива, и есть опасность приливо-отливных течений, дежурными океанологами было принято решение объявить **тревогу цунами по всем Курильским островам** 28 февраля в **00:47 ВСВ**. После получения предупреждения об угрозе цунами на Курильских островах оперативным дежурным ***ГУ МЧС России по Сахалинской***	Регистрация цунами в Северо-Курильске (о. Парамушир) началась в **04:12 ВСВ**, что хорошо согласовывалось с предварительными расчетами. А через полтора часа цунами было зафиксировано и в Малокурильском (о. Шикотан). В **08:20 ВСВ** по данным телеметрического регистратора Северо-Курильска, отмечалось резкое повышение уровня моря, за 10 мин. уровень увеличился на 1 м. Высота волны составила более 2 м. Волны цунами пересекли Охотское море и были зарегистрированы и в Магадане, где высота волны достигла 86 см. Колебания уровня моря, вызванные землетрясением, продолжались

	области началось оповещение населения в **00:50 ВСВ**. В **01:05 ВСВ** оповещение завершено. Сбоев и задержки информации при проведении оповещения не допущено. Население было эвакуировано, суда выводились в море на безопасное расстояние.	трое суток, особенно интенсивно 28 февраля – 1 марта. Была получена информация о частичном разрушении припая в районе юго-восточного побережья Сахалина вследствие подхода волны цунами.
11 марта 2011 года (Тохоку цунами), **Время землетрясения 05:46 ВСВ*** М 9,0, координаты 38,3 севера, 142,4 востока.	После получения в **05:50 ВСВ** от дежурного сейсмолога сообщения о регистрации сильного цунамигенного землетрясении вблизи острова Хонсю, дежурная смена ЦУКС МЧС России по Сахалинской области была переведена в ГОТОВНОСТЬ №1. В **05:58 ВСВ** – от ИОЦ «Южно-Сахалинск» получено сообщение об объявлении тревоги цунами по всем Курильским островам без параметров землетрясения. В **05:58 ВСВ** начато оповещение населения попадающего в зону воздействия волны цунами, оповещение проводилось РАСО Сахалинской области путем запуска 4 электросирен и 32 динамиков, выводом заставки на телевизионном канале области и привлечением автомобилей УВД с ГГУ. Нормативное время	Шепелевой С.Б. поступило сообщение о том, что в бухте наблюдается движение льда **(через 32 мин после регистрации цунами российской глубоководной станцией. DART)** и повышении уровня до полуметра. Начиная с этого момента стали поступать сведения о наблюдениях на Курильских островах, как инструментальных от автоматических постов наблюдения за уровнем моря в режиме реального времени, так и визуальных (от оперативного дежурного ЦУКС МЧС России по Сахалинской области). В **06:43ВСВ** российской глубоководной станцией зарегистрирована волна цунами с амплитудой 67 см, за 25 мин. до первовступления волны в Малокурильском (о. Шикотан).
	оповещения населения 10 минут, фактическое время оповещения составило 7 мин. С началом оповещения начался вывод местного населения на безопасные участки. В **06:30 ВСВ** вывод населения был завершен.	В **07:15 ВСВ** от начальника ГМС Малокурильское частности, о наблюдении в бухте Касатка, о.Итуруп высота волны составила около 2 м, в бухте Малокурильская – 3 м. Кроме этого, четкое вступление цунами было зарегистрировано на АП Камчатки, Приморья, Сахалина. Поступила информация о регистрации до 1 м (от подошвы до гребня) и в бухте Нагаево, Магадан. Колебания до 1 м и выше, вызванные цунами, продолжались 12 марта, поэтому продолжительность действия тревоги цунами составила около 20 часов, и отбой тревоги цунами для всех Курильских островов был выпущен в 02:20 ВСВ.
ВСВ – Всемирное скоординированное время ИОЦ «Южно-Сахалинск» – Информационно-обрабатывающий центр Геофизической Службы РАН		

Таблица 8.4.5 – Показатели работы отдельно гидрофизической и сейсмической подсистем, а также в целом Сахалинской СПЦ за период 2010–2017 гг.

Подсистемы Сахалинской СПЦ	Оправдываемость предупреждения о цунами		
	Выпущено предупреждений	Оправдалось	%
Гидрофизическая подсистема (Центр цунами УГМС)	1	1	100
Сейсмическая подсистема (ИОЦ «Южно-Сахалинск»)	3	1	33
В целом по службе	4	2	50

Таблица 8.4.6 – Показатели работы отдельно гидрофизической и сейсмической подсистем, а также в целом Сахалинской СПЦ за период 2006 – 2011 гг.

Подсистемы Сахалинской СПЦ	Оправдываемость предупреждения о цунами		
	Выпущено предупреждений	Оправдалось	%
Гидрофизическая подсистема (Центр цунами УГМС)	1 (2010)	1	100
Сейсмическая подсистема (ИОЦ «Южно-Сахалинск»)	3 (2006. 2007, 2011)	3	100
В целом по службе	4	4	100

Таблица 8.4.7 – Показатели работы отдельно гидрофизической и сейсмической подсистем, а также в целом Сахалинской СПЦ за период 2006–2017 гг.

Подсистемы Сахалинской СПЦ	Оправдываемость предупреждения о цунами		
	Выпущено предупреждений	Оправдалось	%
Гидрофизическая подсистема (Центр цунами УГМС)	1 (2010)	1	100
Сейсмическая подсистема (ИОЦ «Южно-Сахалинск»)	5 (2006. 2007, 2011, *2013, 2017*)	3	60
В целом по службе	6	4	70

1) 28 февраля 2010 г., Чили (дальняя зона). Тревога выпускалась Центром цунами ФГБУ «Сахалинское УГМС». Наблюдалось цунами на Курильских островах. Оправдалось.

2) 11 марта 2011 г., Япония (ближняя зона). Тревога выпускалась ИОЦ «Южно-Сахалинск». Цунами наблюдалось на Курильских островах. Оправдалось.

3) 24 мая 2013 г., Охотское море (ближняя зона). Тревога выпускалась ИОЦ «Южно-Сахалинск» на Охотоморском побережье Сахалина и Курильских островах. Цунами не наблюдалось. Не оправдалось.

4) Сильное землетрясение 2 апреля 2014 г., Чили (дальняя зона). Центром цунами предупреждение не выпускалось, только оповещение для порт-пунктов Курильских островов о возможном подходе слабого цунами, с рекомендациями по ограничению работ в портах, соблюдению правил безопасности на берегу и необходимости для населения держаться на безопасном расстоянии от береговой черты. Наблюдалось слабое цунами на Курильских островах.

5) Сильное землетрясение 17 сентября 2015 г., Чили (дальняя зона). Центром цунами ФГБУ «Сахалинское УГМС» предупреждение не выпускалось, только оповещение для порт-пунктов Курильских островов о возможном подходе слабого цунами с рекомендациями по ограничению работ в портах, соблюдению правил безопасности на берегу и необходимости для населения держаться на безопасном расстоянии от береговой черты. Наблюдалось слабое цунами на Курильских островах.

6) 18 июля 2017 г., Командорские острова (ближняя зона). Тревога выпускалась ИОЦ «Южно-Сахалинск» только для Северо-Курильского района. Цунами не наблюдалось. Не оправдалось.

б). Цунами при Шикотанском землетрясении 4 (5) октября 1994 года. Особенность

в). Цунами 3,4 м при Невельском землетрясении 2 августа 2007 года.

г). Опасными подвижками льда сопровождался накат цунами 11 марта 2011 года на побережье Южных Курильских островов.

Б Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Южного федерального округа (ЮФО)

8.5 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных ЦОР в Краснодарском крае:

Таблица 8.5.1 – Нормативные значения вертикальных заплесков цунами и периода волны для Краснодарского края

Географический пункт	Значения вертикальных заплесков цунами h_{run}, м			Период волны Т, мин	Приливы, $H_{хар}$, м
	h_{50}	h_{100}	$h_{50;\,0,1}$		
Черное море. Краснодарский край					
Адлер		0,5*		10	
Анапа		1,0		10	
Благовещенская		2,0		10	
Большой Утриш мыс		1,0		10	
Витязево		2,0		10	
Волна		1,5		10	
Геленджик		1,0		10	
Джубга		1,0		10	
Дивноморское		1,0		10	
Криница		1,0		10	
Лазаревское		1,5		10	
Новомихайловский		1,0		10	
Новороссийск		0,5*		10	
Ольгинка		1,5		10	
Сочи		0,5*		10	
Туапсе		1,0		10	
Южная Озереевка		1,0		10	

Примечания:

1 В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения:

h_{50} и h_{100} – максимальные высоты заплеска цунами с повторяемостью в среднем соответственно один раз в 50 лет и один раз в 100 лет;

$h_{50;\,0,1}$ – высота вертикального заплеска цунами с 90 %-ной обеспеченностью не превышения (или 10 % вероятности превышения) в течение 50 лет, приближенно соответствует высоте вертикального заплеска цунами h_{500} с повторяемостью в среднем один раз в 500 лет;

T – период волны;

f – частота повторяемости сильных цунами в регионе

* – указанное значение вертикального заплеска при проектировании морских портов и других ответственных сооружений может существенно увеличиться по результатам ЦМР и при учете более редких вероятных цунами.

2 В настоящей таблице даны нормативные значения вертикальных заплесков. Для получения расчетных величин следует использовать повышающий коэффициент, равный 1,1.

3 Значения вертикальных заплесков, представленные в настоящей таблице, действительны только для стандартного цунамиопасного побережья (*рисунок А.10 СП*) и в случае несоответствия (значительного отклонения) рассматриваемого побережья этому определению значение вертикального заплеска должно быть откорректировано по результатам ЦМР.

Таблица 8.5.2 – Многофакторная характеристика урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Краснодарского края

Населенный или географический пункт	Характеристические факторы урбанизированных и перспективных ЦОТ									
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9	Ф10
Адлер	Ф1-3	Ф2-0	-	Ф4-1		Ф6-8		Ф8-8/9		
Анапа	Ф1-4	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9	Ф9-3,7	
Благовещенская	Ф1-5	Ф2-II	-							
Большой Утриш мыс	Ф1-5	Ф2-I	-							
Витязево	Ф1-5	Ф2-II	-			Ф6-8		Ф8-8/9		
Волна	Ф1-5	Ф2-I	-			Ф6-8		Ф8-8/9	Ф9-11	
Геленджик	Ф1-3	Ф2-I	-	Ф4-1		Ф6-8		Ф8-8/9	Ф9-3,8	
Джубга	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-1		Ф6-8		Ф8-8/9		
Дивноморское	Ф1-5	Ф2-I	-							
Криница	Ф1-5	Ф2-I	-							
Лазаревское	Ф1-4	Ф2-II	-	Ф4-1						
Новомихайловский	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9		
Новороссийск	Ф1-3	Ф2-0	-	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9	Ф9-13	
Ольгинка	Ф1-5	Ф2-II	-	Ф4-1						
Сочи	Ф1-2	Ф2-0	-	Ф4-1		Ф6-8		Ф8-8/9	Ф9-8	
Туапсе	Ф1-4	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-8		Ф8-8/9	Ф9-12	
Южная Озереевка	Ф1-5	Ф2-I	-							

Примечания:

1 Морские порты Новороссийск, Сочи находятся в зонах, предварительно отнесенных к цунамибезопасным, что подлежит уточнению при ЦМР с учетом вероятных цунами редкой повторяемости.

2 При проектировании цунамистойких морских портовых ГТС Краснодарского края следует принимать фактор Ф8-9/10.

3 Город Адлер может рассматриваться как отдельный большой город или же в совместной агломерации «Большой Сочи». В последнем случае Сочи следует относить к крупнейшим городам (фактор Ф1-1), что требует обязательного проведения ЦМР.

4 К фактору Ф5. Перечень, вид и степень вторичных поражающих факторов потенциально опасных объектов нуждается в уточнении.

Таблица 8.5.3 – Характеристики морских портов Краснодарского края

Порт	Расположение	Координаты	Площадь (акв + терр.), км^2	Грузо-оборот, тыс.т	Габариты судов (дл / шир / осад),м	Кол-во причалов (протяженность, м)
Анапа	гор. Анапа	44°53′52″с.ш 37°18′25″в.д	2,09 + 0,02	0	114/16/3,7	5 ед. (589)
Геленджик	г. Геленджик	44°34′26″с.ш 38°01′34″в.д	10,7 + 0,07	382,6	114/14/3,8	9 ед. (795,8)
Кавказ	Темрюкский район	45°20′28″с.ш 36°40′22″в.д	23,24 + 0,46	8 304,2	150/21/5	8 ед. (988)
Новороссийск	г. Новороссийск	44°43′49″с.ш 37°46′51″в.д	344 + 2,38	116 139,5	295/45/13,1	88 ед. (15287,7)
Сочи	гор. Сочи	43°24′36″с.ш 39°55′58″в.д	17,72 + 0,38	2 446,1	190/27/8	20 ед. (2390,0)
Тамань	с. Волна, Темрюкский р-н	45°07′39″с.ш 36°41′13″в.д	89,51 + 0,36	1 235,0	225/32,3/11,4	4 ед. (937)
Туапсе	г. Туапсе	44°05′34″с.ш 39°04′37″в.д	25,18 + 0,38	19 404,7	250/44/12	31 ед. (5025,4)

Примечание:

Исходные данные для морского порта Кавказ приняты одинаковыми с данными для порта Тамань, поскольку оба порта расположены в Темрюкском районе

8.5.4 Дополнительные сведения. В связи со значительным отличием побережья от стандартного, наличием открытых глубоких бухточек, очень коротким временем добегания волны цунами (10 мин.), отсутствием СПЦ и большим числом отдыхающих на пляжах в курортный период следует обратить особое внимание на уязвимость отдыхающих и, как следствие, на необходимость улучшения путей эвакуации населения и устройства сооружений для вертикальной эвакуации.

8.6 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Республики Крым

Таблица 8.6.1 – Нормативные значения вертикальных заплесков цунами и периода волны Республики Крым

Географический пункт	Значения вертикальных заплесков цунами h_{run}, м			Период волны T, мин	Приливы, $H_{хар}$, м
	h_{50}	h_{100}	$h_{50;\,0,1}$		
Черное море. Республика Крым					
Алушта		1,0		10	
Гаспра		1,0		10	
Гурзуф		1,0		10	
Евпатория		1,5		10	
Заозерное		1,0		10	
Керчь		2,0		10	
Коктебель		1,0		10	
Малоречное		1,0		10	
Мирный		1,0		10	
Николаевка		1,0		10	
Орджоникидзе		2,0		10	
Приморский		2,0		10	
Севастополь		1,0		10	
Симеиз		1,5		10	
Судак		2,0		10	
Феодосия		2,0		10	
Форос		1,0		10	
Ялта		1,0		10	

Примечания:

1 В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения:

h_{50} и h_{100} – максимальные высоты заплеска цунами с повторяемостью в среднем соответственно один раз в 50 лет и один раз в 100 лет;

$h_{50;\,0,1}$ – высота вертикального заплеска цунами с 90 %-ной обеспеченностью не превышения (или 10 %

вероятности превышения) в течение 50 лет, приближенно соответствует высоте вертикального заплеска цунами h_{500} с повторяемостью в среднем один раз в 500 лет;

T – период волны;

f – частота повторяемости сильных цунами в регионе

2 В настоящей таблице даны нормативные значения вертикальных заплесков. Для получения расчетных величин следует использовать повышающий коэффициент, равный 1,1.

3 Значения вертикальных заплесков, представленные в настоящей таблице, действительны только для стандартного цунамиопасного побережья (*рисунок А.10 СП*) и в случае несоответствия (значительного отклонения) рассматриваемого побережья этому определению значение вертикального заплеска должно быть откорректировано по результатам ЦМР.

Таблица 8.6.2 – Многофакторная характеристика урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Республики Крым

Населенный или географический пункт	Характеристические факторы урбанизированных и перспективных ЦОТ									
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9	Ф10
Алушта	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-8	-	Ф8-8/9		
Гаспра	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-1		Ф6-8	-	Ф8-8/9		
Гурзуф	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-8	-	Ф8-8/9		
Евпатория	Ф1-3	Ф2-II	-	Ф4-2		Ф6-8	-	Ф8-7/8	Ф9-5,5	
Заозерное	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-8	-	Ф8-7/8		
Керчь	Ф1-3	Ф2-II	-	Ф4-2		Ф6-8	-	Ф8-8/9	Ф9-8	
Коктебель	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-8	-			
Малоречное		Ф2-I	-	Ф4-1		Ф6-8	-			
Мирный	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-8	-	Ф8-7/8		
Николаевка	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-8	-	Ф8-7/8		
Орджоникидзе	Ф1-5	Ф2-II	-	Ф4-2		Ф6-8	-	Ф8-8/9		
Приморский	Ф1-5	Ф2-II	-	Ф4-1		Ф6-8	-	Ф8-8/9		
Симеиз	Ф1-5	Ф2-II	-	Ф4-1		Ф6-8	-	Ф8-8/9		
Судак	Ф1-5	Ф2-II	-	Ф4-1		Ф6-8	-	Ф8-8/9		
Феодосия	Ф1-4	Ф2-II	-	Ф4-2		Ф6-8	-	Ф8-8/9	Ф9-11	

Продолжение таблицы 8.6.2

Форос	Ф1-5	Ф2-I	-	Ф4-1		Ф6-8	-	Ф8-8/9		
Ялта	Ф1-4	Ф2-I	-	Ф4-1		Ф6-8	-	Ф8-8/9	Ф9-8	

Примечания:

1 При проектировании цунамистойких морских портовых ГТС в Республике Крым следует принимать фактор Ф8-9/10, кроме порта в Евпатории, где принимается Ф8-8/9.

2 К фактору Ф5. Перечень, вид и степень вторичных поражающих факторов потенциально опасных объектов нуждается в уточнении.

Таблица 8.6.3 – Характеристики морских портов Республики Крым

Порт	Расположение	Координаты	Площадь (акв+терр) км^2	Грузооборот, тыс.тонн	Габариты судов (дл/шир/осад), м	Кол-во причалов (протяженность, м)
Евпатория	Евпатория	45°10′00″с.ш 33°21′00″в.д		903	294,9/18/5,5	10 (294,9)
Керчь	гор.Керчь	45°21′00″с.ш 36°29′00″в.д	акв.868	280	220/18/3-8,1	12(1484)
Феодосия	гор.Феодосия	45°01′00″с.ш 35°23′00″в.д		270	../../11,3	3(165)
Ялта	Ялта	44°29′00″с.ш 34°11′00″в.д		132	215/../8,6	

Примечание:

Морские порты Республики Крым находятся в зонах, подлежащих ЦМР с учетом вероятных цунами редкой повторяемости.

8.5.4 Дополнительные сведения. В связи со значительным отличием побережья от стандартного, наличием открытых глубоких бухточек, очень коротким временем добегания волны цунами (10 мин.), отсутствием СПЦ и большим числом отдыхающих на пляжах в курортный период следует обратить особое внимание на уязвимость отдыхающих и, как следствие, на необходимость улучшения путей эвакуации населения и устройства сооружений для вертикальной эвакуации.

8.7 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий города федерального значения Севастополь

Таблица 8.7.1 – Нормативные значения вертикальных заплесков цунами и периода волны

Географический пункт	Значения вертикальных заплесков цунами h_{run}, м			Период волны T, мин	Приливы, H_{xap}, м
	h_{50}	h_{100}	$h_{50;\,0,1}$		
Черное море. Республика Крым					
Севастополь		1,0		10	-

Примечания:

1 В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения:

h_{50} и h_{100} – максимальные высоты заплеска цунами с повторяемостью в среднем соответственно один раз в 50 лет и один раз в 100 лет;

$h_{50;\,0,1}$ – высота вертикального заплеска цунами с 90 %-ной обеспеченностью не превышения (или 10 % вероятности превышения) в течение 50 лет, приближенно соответствует высоте вертикального заплеска цунами h_{500} с повторяемостью в среднем один раз в 500 лет;

T – период волны;

f – частота повторяемости сильных цунами в регионе

2 В настоящей таблице даны нормативные значения вертикальных заплесков. Для получения расчетных величин следует использовать повышающий коэффициент, равный 1,1.

3 Значения вертикальных заплесков, представленные в настоящей таблице, действительны только для стандартного цунамиопасного побережья (*рисунок А.10 СП*) и в случае несоответствия (значительного отклонения) рассматриваемого побережья этому определению значение вертикального заплеска должно быть откорректировано по результатам ЦМР.

Таблица 8.7.2 – Многофакторная характеристика урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий

Населенный или географический пункт	Характеристические факторы урбанизированных и перспективных ЦОТ									
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9	Ф10
Севастополь	Ф1-2	Ф2-I	-	Ф4-2	Ф5-ПВОО	Ф6-8	-	Ф8-8/9	Ф9-9+	

Примечания:

1 При проектировании цунамистойких морских портовых ГТС в городе Севостополь следует принимать фактор Ф8-9/10.

2 К фактору Ф5. Перечень, вид и степень вторичных поражающих факторов потенциально опасных объектов нуждается в уточнении.

Таблица 8.7.3 – Характеристики морских портов

Порт	Расположение	Координаты	Площадь (акв+терр) км²	Грузооборот, тыс.тонн	Габариты судов (дл/шир/осад),м	Кол-во причалов (протяженность, м)
Севастополь	Севастополь	Балаклавская бухта	215,6 + 12	480	76/../5	39 (3530,4)
		44°37′00″с.ш 33°32′00″в.д (б.Севастопольская)			215,4/32, 26/11,73	
		44°35′00″с.ш 33°25′00″в.д (Камышовая бухта)			225/36/11,5	
Примечание: Морские порты Республики Крым находятся в зонах, подлежащих ЦМР с учетом вероятных цунами редкой повторяемости.						

В Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Северо-Кавказского федерального округа (СКФО)

8.8 Сводка упорядоченных исходных данных для урбанизированных и перспективных ЦОР в Республике Дагестан

Таблица 8.8.1 – Нормативные значения вертикальных заплесков цунами и периода волны

Географический пункт	Значения вертикальных заплесков цунами h_{run}, м			Период волны T, мин	Приливы, $H_{хар}$, м
	h_{50}	h_{100}	$h_{50;\,0,1}$		
Каспийское море. Республика Дагестан					
Дербент		1,0	4,0		
Избербаш		1,0	3,0		
Каспийск		1,0	2,5		
Махачкала		1,0	3,0		

Примечания:

1 В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения:

h_{50} и h_{100} – максимальные высоты заплеска цунами с повторяемостью в среднем соответственно один раз в 50 лет и один раз в 100 лет;

$h_{50;\,0,1}$ – высота вертикального заплеска цунами с 90 %-ной обеспеченностью не превышения (или 10 % вероятности превышения) в течение 50 лет, приближенно соответствует высоте вертикального заплеска цунами h500 с повторяемостью в среднем один раз в 500 лет;

T – период волны;

f – частота повторяемости сильных цунами в регионе.

2 В настоящей таблице даны нормативные значения вертикальных заплесков. Для получения расчетных величин следует использовать повышающий коэффициент, равный 1,1.

3 Значения вертикальных заплесков, представленные в настоящей таблице, действительны только для стандартного цунамиопасного побережья (*рисунок А.10 СП*) и в случае несоответствия (значительного отклонения) рассматриваемого побережья этому определению значение вертикального заплеска должно быть откорректировано по результатам ЦМР.

4 Значения вертикальных заплесков, приведенные в настоящей таблице, даны с округлением до 0,5 м.

Таблица 8.8.2 – Многофакторная характеристика урбанизированных и перспективных цунамиопасных побережий Республики Дагестан

Населенный или географический пункт	Характеристические факторы урбанизированных и перспективных ЦОТ									
	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	Ф7	Ф8	Ф9	Ф10
Дербент	Ф1-3	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-9	-	Ф8-9/10		
Избербаш	Ф1-4	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-9	-	Ф8-9/10		
Каспийск	Ф1-3	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-9	-	Ф8-8/9		
Махачкала	Ф1-1	Ф2-I	-	Ф4-2		Ф6-9	-	Ф8-9/10	Ф9-6,5	

Примечания:

1 При проектировании цунамистойких морских портовых ГТС в Махачкале следует принимать фактор Ф8-9/10.

2 К фактору Ф5. Перечень, вид и степень вторичных поражающих факторов потенциально опасных объектов нуждается в уточнении.

Таблица 8.8.3 – Характеристики морских портов Республики Дагестан

Порт	Расположение	Координаты	Площадь (акв+тер р.), км^2	Грузооборот, тыс.тонн	Габариты судов (дл/шир/осад) ,м	Кол-во причалов (протяженность, м)
Махачкала	Гор.Махачкала	43°00' с.ш 47°30' в.д	5,58+ 59,3	7 260	150/20/6,5	20 (2113)

8.8.4 Следует обратить внимание на то, что под угрозой цунами находится старинная крепость, внесенная в перечень ЮНЕСКО, как памятник мирового значения.

Приложение А

ПРИМЕР ОЦЕНКИ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПАСНОСТИ ЦУНАМИ

Пример оценки параметров цунами для проектируемых берегового и прибрежного сооружений на косе Усть Камчатски (56° 13,5’ N, 162° 33,4’ E, рисунок А.1) на высоте 1 м над средним уровнем океана (обтекаемое сооружение одиночной цилиндрической формы диаметром D = 5 м и высотой H = 5 м), и у косы в море (56° 13,25’ N, 162° 33,4’ E) на глубине 3 м относительно среднего уровня океана (обтекаемое сооружение одиночной цилиндрической формы диаметром D = 5 м и высотой H = 7 м, позиции обоих отмечены красным на карте ниже). Берег может считаться стандартным, со средним значением параметра заложения откоса берега и дна моря m = 50 (СП 3.1.45).

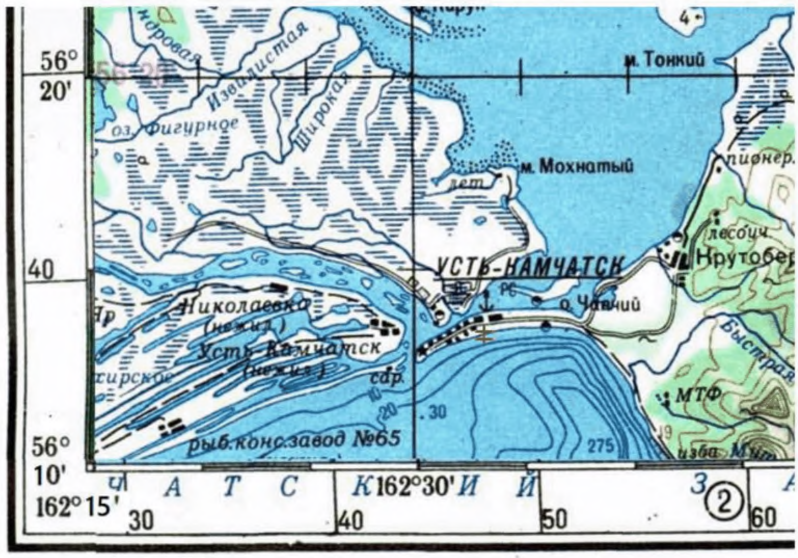


Рисунок А.1 – Карта района Усть-Камчатска

В соответствии с (*пункт 5.5.3 СП*) береговое сооружение рассчитывают, исходя из значения вертикального заплеска цунами с добавкой величины $H_{хар}$ для учета возможного вклада прилива (на высокой воде) $h_{run} = h_{100}$ + 35 см = 4,5 м + 0,5 м = 5 м (с округлением до 0,5 м). Расчет прибрежного сооружения проводят, исходя из значений вертикального заплеска $h_{run} = h_{50;\ 0,1} + H_{хар}$ = 9 м (*таблица А.1 СП* и Таблица 5.1 настоящего Пособия).

Сразу же (при накате цунами и при откате волны), добавляя к h_{run} величину.

Период волны T неизвестен. Полагаем его равным 10 мин. (вариант, близкий к наихудшему)

А.1 Береговое сооружение будет расположено на расстоянии $x = m \cdot 1$ м = 50 м от уреза.

А.1.1 Определяем параметр обрушения:

$Br = (2\pi / 10 \cdot 60)^2 \cdot 5 \cdot 50^2 / 10 = 0{,}14$. Это значение меньше 1, поэтому цунами будет накатываться без образования бора.

А.1.2 Осуществляем переход к безразмерным (относительным) координатам

$$\tilde{x} = -50 / (50 \cdot 5) = -0{,}2.$$

А.1.3 С помощью номограммы на рисунке *6.1 СП* (*рисунок 1*) оцениваем относительное значение максимального значения h_{max} подъема уровня относительно среднего при накате цунами у контура проектируемого берегового сооружения, соответствующее значению $\tilde{x} = -0{,}2$ (на номограммах *6.1 и 6.2 СП* берегу соответствуют отрицательные значения координаты x, а морю – положительные) и параметра обрушения $Br = 0{,}14$:

$$h_{max}/h_{run} = 0{,}9, \text{ откуда } h_{max} = 4{,}5 \text{ м}.$$

Соответственно, максимальное значение глубины d_k потока воды у контура сооружения $d_k = h_{max} - 1$ м = 3,5 м.

А.1.4 С помощью номограммы на рисунке *6.2 СП* (*рисунок 2*) оцениваем относительное значение максимальной скорости потока при накате и откате цунами у контура проектируемого берегового сооружения, соответствующее значению $\tilde{x} = -0{,}22$ и параметра обрушения $Br = 0{,}14$:

$$\tilde{u} = u_{\max} T / 2\pi h_{run} m = 0{,}9, \text{ откуда}$$

$$u_{max} = 0{,}9 \cdot 2\pi \cdot 5 \cdot 50 / (10 \cdot 60) = 2{,}4 \text{ м/с}.$$

А.1.5 Оценим нагрузку на проектируемое береговое сооружение по формуле (*7.10 СП*):

$$Q = c_x \rho u^2 S_0 / 2 = c_x \rho u^2 (D \cdot d_k)/2 = 1{,}2 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot (2{,}4 \cdot \text{м/с})^2 \cdot (5 \cdot 3{,}5) \text{ м}^2 / 2 = 60{,}5 \text{ кН}$$

Полученная оценка завышена, поскольку максимальные значения высоты наката (и глубины потока) и максимальные значения скорости потока при накате цунами достигаются в различные фазы наката.

Требуется также оценить возможный эффект размыва грунта вблизи сооружения.

А.2 Прибрежное сооружение будет расположено на расстоянии $x = m \cdot 3$ м = 150 м от уреза.

А.2.1 Определяем параметр обрушения:

$Br = (2\pi / 10 \cdot 60)^2 \cdot 4{,}5 \cdot 50^2 / 10 = 0{,}25$. Это значение меньше 1, поэтому цунами будет накатываться без образования бора.

А.2.2 Осуществляем переход к безразмерным координатам

$$\tilde{x} = 150 / (50 \cdot 9) = 0{,}33.$$

А.2.3 С помощью номограммы на рисунке *6.1 СП* (***рисунок 1***) оцениваем относительное значение максимального значения h_{max} подъема уровня относительно среднего при накате цунами у контура проектируемого берегового сооружения, соответствующее значению $\tilde{x} = 0{,}33$ и параметра обрушения $Br = 0{,}25$:

$$h_{max}/h_{run} = 0{,}8, \text{ откуда } h_{max} = 0{,}8 \cdot 9 \approx 7 \text{ м}.$$

Соответственно, максимальное значение глубины d_k потока воды у контура сооружения $d_k = h_{max} + 3$ м = 10 м, и цунами накроет сооружение.

Номограмма показывает также, что при откате будет происходить полное осушение контура проектируемого прибрежного сооружения.

А.2.4 С помощью номограммы на рисунке *6.2 СП* (***рисунок 2***) оцениваем относительное значение максимальной скорости потока при накате и откате цунами у контура проектируемого берегового сооружения, соответствующее значению $\tilde{x} = 0{,}33$ и параметра обрушения $Br = 0{,}25$:

$$\tilde{u} = u_{\max} T / 2\pi h_{run} m = 0{,}9, \text{ откуда}$$

$$u_{max} = 0{,}9 \cdot 2\pi \cdot 9 \cdot 50 / (10 \cdot 60) = 4{,}2 \text{ м/с}.$$

А.2.5 Оценим нагрузку на проектируемое прибрежное сооружение по формуле (7.10)

$$Q = c_x \rho u^2 S_0 / 2 = c_x \rho u^2 (D \cdot d_k)/2 = 1{,}2 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot (4{,}2 \text{ м/с})^2 \cdot (5 \cdot 7) \text{ м}^2 / 2 \approx 370 \text{ кН}$$

Полученная оценка завышена, поскольку максимальные значения высоты наката (и глубины потока) и максимальные значения скорости потока при накате цунами достигаются в различные фазы наката. Подобные расчеты, в которых используются номограммы и формулы рекомендуется использовать только для предварительных оценок цунамиопасности при планировании и технико-экономическом обосновании строительного освоения ЦОР, когда ЦМР, выполненное с помощью методов численного моделирования, еще отсутствуют.

Приложение Б

РАСЧЕТ ЗОНЫ ЗАТОПЛЕНИЯ ОТ ВЕРОЯТНЫХ ЦУНАМИ

На базе настоящего примера покажем результаты расчета зоны (карты) затопления и максимального распределения скоростей потоков во время цунами на примере побережья г. Фетхие (Турция), для которого известна очень подробная карта дна.

Залив расположен в юго-западной части Турции и имеет выход в восточную часть Средиземного моря. Город Фетхие и область Муглы (Турция) расположены в восточной части Средиземноморского бассейна. Залив и окружающий регион состоит из очень узкого шельфа и большого каньона, соединяющего глубокую впадину у острова Родос с заливом Фетхие. Максимальная глубина шельфа составляет 350 м [12]. Эта область очень подвержена землетрясениям, вулканическим процессам и подводным оползням из-за ее близости к активной зоне между Евразийской и Африканской плитами.

Исторические данные и геологические исследования говорят о неоднократных цунами в этом районе. При повторении таких событий с учетом существенной плотности населения волны цунами нанесут большой ущерб. Поэтому оценка опасности цунами (цунамимикрорайонирование) на основе топографической карты с очень высоким разрешением и надежной батиметрией чрезвычайно актуальна. При этом также необходим набор данных об источниках цунами. Предыдущие исследования указывали, что волны цунами могут достигать высоты 3 м на северном побережье залива Фетхие. Но эти исследования не использовали точную топографию (использовался шаг 15 м). В данном исследовании использовались разрешение батиметрии 3 м и набор из 14 сценариев источников цунами в заливе Фетхие. Моделирование цунами и оценка воздействия выполнена в три этапа:

1) формирование цифровой карты региона (топографии/батиметрии);

2) оценка максимального вероятного сценария цунами для региона и определение параметров землетрясения;

3) моделирование цунами с высоким разрешением и вычисление максимальной области затопления, определение пространственного распределения характеристик цунами (максимальные возвышения, скорости потоков, глубины потока).

Результаты этой работы помогут запланировать маршруты эвакуации населения и установить безопасные зоны.

Вложенные домены B, C, D, и E представлены на рисунке Б.1. Шаг по сетке самого точного (E) составляет 3 м. Коэффициент шероховатости Манинга n = 0.025. Моделирование проводилось в течении 5 ч.

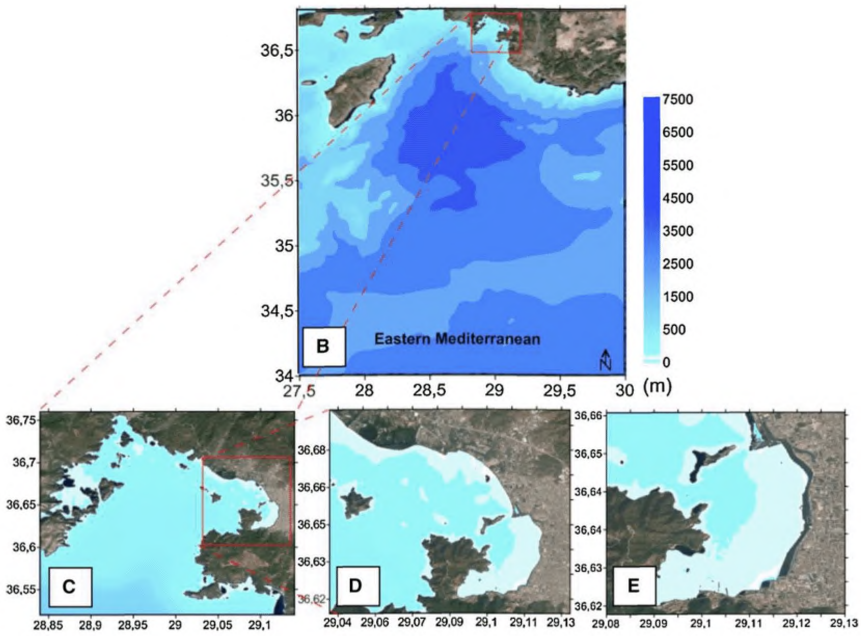


Рисунок Б.1 – Вложенные сетки *B*, *C*, *D*, *E*. Сетка *E* имеет самое высокое разрешение 3 м

В рамках международного проекта ASTARTE, группой геофизиков был подготовлен каталог из 14 сценариев катастрофических землетрясений. Для каждого из них были приведены эпицентры, углы смещения и другие параметры. Очаг цунами построен с использованием модели Окадо [13], и проведено моделирование на грубой сетке, чтобы оценить цунами потенциал для исследуемой области. Согласно полученным результатам, сценарий №10 METU-OERC приводит к самым большим высотам волн внутри залива. Далее для более детального расчета был использован именно этот сценарий. Моделирование цунами для залива Фетхие было выполнено «с» и «без» включения острова Совэлай, который закрывает вход в залив. Произведено сравнение временных записей волн, в точках внутри залива, чтобы оценить влияние острова на динамику внутри гавани. Компьютерные мареограммы в точках 01 и D-1 приведены на рисунке Б.2. Расчеты показывают, что волны цунами прибывают в залив Фетхие меньше, чем за 10 мин. (время «добегания»). Уровень воды поднимается на 2,1 м в пункте D-1, а в пункте D-1 увеличивается до 2,6 м в сценарии, где остров Совэлай не включен в батиметрию.

Рассчитанная область затопления нанесена на подоснову спутниковой карты залива Фетхие на рисунке Б.3. Вычисленные значения обрисованы трех диапазонной цветовой маркировкой: 0–0,5 м, 0.5–2 м и выше 2 м. Такая шкала дает четкое представление

степени опасности. Самое большое затопление волнами цунами ожидается на наиболее плоском побережье, район пляжа Калис (Calis), в северо-восточной части залива. Исследован уровень защиты залива островом Совэлай с помощью численного моделирования сценариев с существующим островом и без него. Результаты показали, что он частично уменьшает воздействие волн цунами на залив (рисунок Б.2).

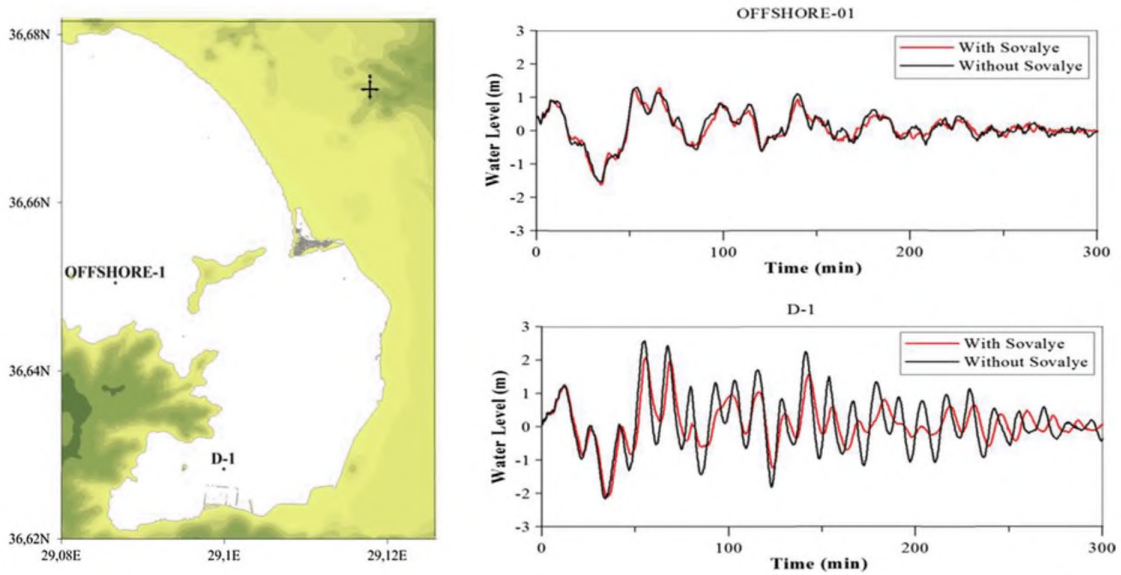


Рисунок Б.2 – Местоположение двух точек регистрации. Временное изменение уровня моря в этих точках с островом и без острова

Численное моделирование самого худшего сценария дало нам карту максимального затопления для исследуемой области, распределение максимального возможных высот и границ затопления. Затопление намного больше в прибрежных районах с плоской береговой топографией, таких как северо-восточная часть залива Фетхие. Эти области соответствуют районам с высокой плотностью населения, включая места отдыха, жилье, отели, парки и рестораны. Наличие этих объектов в районах с плоской топографией увеличивает ущерб от цунами. Остров Совэлай, расположенный перед входом в залив Фетхие, частично гасит энергию цунами и защищает залив. С другой стороны, это препятствует выходу волны после отражения от берега, происходит накопление энергии в полузамкнутой гавани, поэтому область затопления получается достаточно значительной. Песчаный пляж на северном побережье снаружи залива оказывается в зоне прямого воздействия волны цунами, что приводит к большим размерам затопления. Результаты, представленные здесь, позволяют идентифицировать большинство уязвимых областей количественно, которые должны быть эвакуированы в случае цунами в регионе. Из-за

увеличивающегося населения и развития городской инфраструктуры на северо-восточном побережье залива Фетхие, необходимо обеспечить максимальную защищенность.

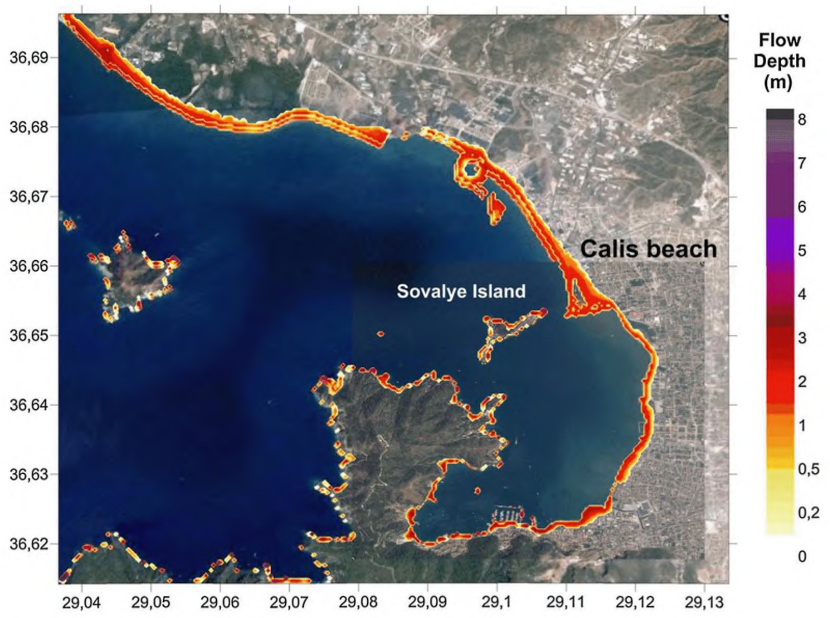


Рисунок Б.3 – Карта затопления цунами показывает уровни максимального подъема при цунами от вероятного источника события №10 (METU-OERC)

Приложение В

ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ПОРТА К ВОЛНАМ ЦУНАМИ

Для лучшего понимания разрушительного воздействия цунами на порты необходимы расчеты с высоким разрешением [14]. Показательным примером являются расчеты, выполненные для порта Хайдарпаша (Hyydarpasa, Turkey) расположенного в Мраморном море, в районе мегаполиса Стамбул. Данный порт выбран в качестве тестового в рамках международного европейского проекта ASTARTE. На первой стадии исследования был проведен анализ цунами, потенциально опасных для порта, и определен самый критический неблагоприятный сценарий цунами. На второй стадии выполнено моделирование этого сценария на вложенных областях с размерами сеток от 90 м до 10 м в районе порта. На третьей стадии использовалась подробная топография порта и его регионов в двух вложенных областях с разрешениями 3 и 1 м соответственно для подробного анализа работы порта в условиях цунами.

Мраморное море расположено на западной части сейсмически активной зоны Северной Анатолии. По данным каталогов цунами здесь произошло 35 событий [15]. Порт Хайдарпаша является самым старым и самым больший контейнерным портом региона, одним из трех торговых портов Стамбула. Он имеет большую важность вследствие его стратегического расположения в проливе Босфор. Местоположение и общие границы порта показаны на рисунке В.1. Это один из главных морских портов на азиатской стороне пролива Босфор.

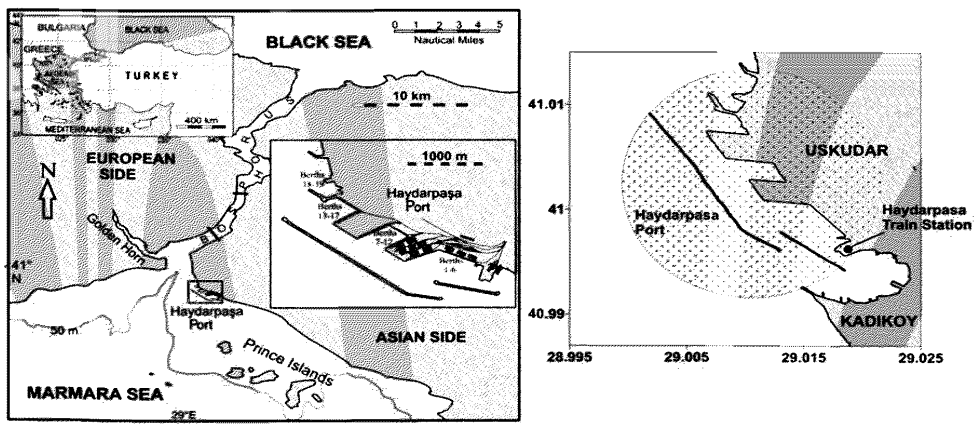


Рисунок В.1 – Местоположение и внешние границы порта Хайдарпаша

В работе [16] исследуется эффективность волнорезов порта под воздействием длинных волн уединенного типа. Волна цунами, заходя в порт, способствует сильным потокам воды внутри, а также резонансным колебаниям в течение многих часов, что может повредить расположенные там склады.

Для построения цифровой карты дна использована батиметрия GEBCO2016 британского Океанографического Информационного центра (пространственное разрешение 30 с). Она добавлена данными из морских навигационных карт, у которых лучшее разрешение. Кроме того, изображения со спутниковых снимков использовались, чтобы определить положение береговой линии и местоположение волнорезов в изучаемой области. Поперечное сечение волнорезов порта Хайдарпаша было взято из проектной документации, используемых при строительстве. Топографические данные показаны на рисунке В.2, здесь есть две основных части: растровые данные (цифровые модели возвышения) и векторные данные (пункты, линии и многоугольные особенности), которые покрывают все округа Стамбула. Разрешения доменов и векторных данных составляют 5 м и 1 м, соответственно. На этих картах представлены все типы структур, которые существуют в отобранном регионе (культовые здания, оранжереи, коммерческие здания, школы, жилые здания, и т.д.), и структуры, имеющие форму линии (дороги, сдерживающая стена, док, железная дорога и шоссе, стены, и т.д.).

Для исследования использованы две компьютерные модели с разным разрешением. Модель 1 использовалась для расчета критического сценария цунами во всем Мраморном море, Модель 2 использовалась для численного моделирования с высоким разрешением зоны вблизи порта. Две различных модели были созданы с использованием вложенных сеток от грубой на глубокой воде к более подробной в прибрежной зоне.

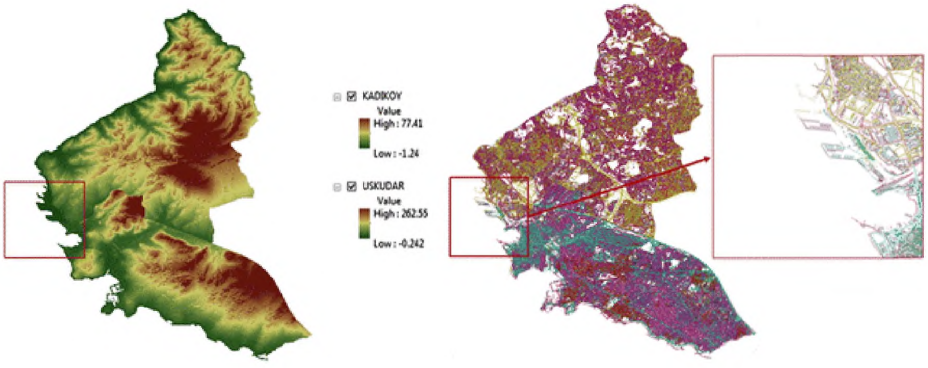


Рисунок В.2 – Топографические данные зоны исследования

Исследование цунами в первой модели были выполнены с использованием вложенных областей *B*, *C* и *D*. Размер шага сетки самой большой области B был 90 м. Согласно принципу вложенных сеток, граница меньшей области должна включить предыдущую большую область, и соотношение шагов лучше выбирать 1 к 3. Из-за этого принципа размеры шагов сеток *C* и *D* составляли 30 м и 10 м соответственно. Для применения второй модели (моделирование с высоким разрешением), использовались сетки *C* и *D*, шаги которых характеризовались размерами 3 м и 1 м соответственно. Общее положение вложенных областей этих двух моделей приведено на рисунке B.3, таблица B.1 также содержит информацию этих областей с их граничными координатами и размерами шагов.

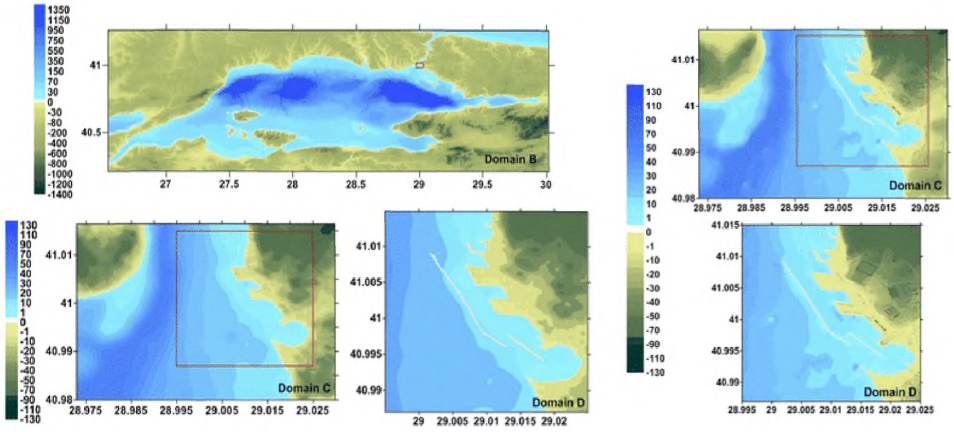


Рисунок B.3 – Вложенные Области исследования *B*, *C*, и *D*, используемый в моделировании:

Модели 1 слева и вложенные Области исследования *C* и *D*, используемый в моделировании Модели 2 справа (домены *C* и *D* одинаковы для двух моделей)

Таблица B.1 – Размеры сеток и границы областей для Модели 1 и 2

Название домена	**Размер шага (м)**	**Координаты границ**
Модель 1		
B	90	40.21°–41.26° N
C	30	40.98°–41.0165° N 28.973°–29.030° E
D	10	40.987°– 41.015° N 28.995°–29.025° E
Модель 2		
C	3	40.98°–41.0165° N 28.973°–29.030° E
D	1	40.987°–41.015° N 28.995°–29.025° E

Для данного региона наиболее опасны землетрясения [17], с эпицентрами на разломах YAN, PIN и CMN (рисунок В.4), они могут вызвать наиболее критические цунами для порта, в отличие от источников, находящихся в другом месте. Эти сегментированные разломы были отобраны для исследования сценариев (рисунок В.4) для модели 1, и самый критический источник использовался в моделировании с высоким разрешением (Модель 2). В очаге [17] высота смещения 5 м, а в очаге [18] высота смещения составляла приблизительно 3,67 м. Начальный очаг рассчитан по формулам Окадо [13]. Численное моделирование показало высоту волн на побережье в 1,36 раза выше для начальной волны 5 м. Поэтому далее для основного исследования используется источник [17]. Результаты моделирования приведены на рисунке В.4.

	Lon. (°)	Lat. (°)	Depth (m)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Length (m)	Width (m)	Vertical Disp. (m)
YAN	29.47103	40.72115	1978	257.96	70	195	7058	17027	5
	29.38946	40.70850	1960	261.14	70	195	6873	17027	5
	29.30920	40.69851	1823	260.98	70	195	10952	17027	5
	29.18143	40.68121	1681	262.35	70	270	4448	17027	5
	29.12936	40.67650	1557	273.96	70	270	4562	17027	5
	29.07651	40.67891	1252	283.78	70	270	10021	17027	5
	28.96007	40.69843	1219	294.84	70	270	3154	17027	5
	28.96202	40.71005	1178	284.90	70	270	14043	17027	5
PIN	29.12942	40.75691	744	108.15	70	270	8753	17027	5
	29.06928	40.78610	740	123.15	70	270	6024	17027	5
	28.99465	40.81653	779	118.85	70	270	7148	17027	5
	28.90432	40.87251	1210	129.90	70	270	9834	17027	5
CMN	28.19394	40.6126	1924	276.59	70	270	9505	17027	5
	28.08215	40.6206	1922	279.18	70	270	7069	17027	5
	27.99943	40.6294	1917	299.07	70	270	10705	17027	5
	27.88744	40.6742	1598	283.92	70	270	7850	17027	5
	27.79683	40.6895	1637	291.38	70	270	7269	17027	5

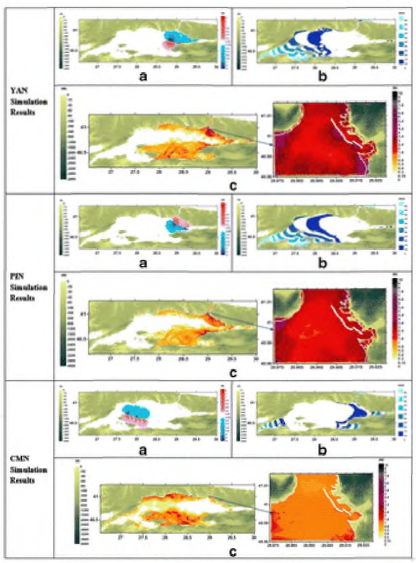


Рисунок В.4 – Предполагаемые параметры разрыва для каждого сегмента разлома YAN, PIN и CMN

Моделирование с высоким разрешением выполнялось в два этапа. Временные ряды смещения водной поверхности и изменения скоростей вдоль открытой границы, полученные в результате моделирования (Модель 1), используются в качестве начального условия для Модели 2. Смещения водной поверхности на границе после первого этапа для двух сценариев показаны на рисунке В.4. Так же получены максимальные значения положительного и отрицательного смещения уровня воды, эти результаты сведены в таблице В.2.

Таблица В.2 – Максимальные положительные и отрицательные амплитуды волны, наблюдаемые вдоль границы от источников на разломах YAN, PIN и CMN

Border gauge	Depth	YAN		PIN		CMN	
		Max. (+)ve amp. (m)	Max. (−)ve amp. (m)	Max. (+)ve wave amp. (m)	Max. (−)ve wave amp. (m)	Max. (+)ve wave amp. (m)	Max. (−)ve wave amp. (m)
cborder3	8.4	3.4	−3.2	3.1	−2.5	1.9	−0.9
cborder4	20.0	2.9	−2.9	2.8	−2.2	1.5	−0.8
cborder5	20.0	5.2	−2.8	5.6	−2.5	1.8	−0.7
cborder6	15.3	2.3	−2.2	2.7	−2.5	1.7	−0.8
cborder7	21.7	3.2	−1.8	1.8	−2.2	1.4	−0.6
cborder8	26.3	3.0	−1.8	2.3	−2.2	1.1	−0.6
cborder9	16.5	3.2	−1.9	2.9	−2.1	1.2	−0.7
cborder10	8.9	2.6	−3.2	2.0	−2.5	1.5	−0.8

По результатам расчета распределения максимального смещения уровня воды стало ясно, что разлом CMN не является самым критичным для порта Хайдарпаша по сравнению с другими источниками вдоль YAN и PIN. Максимальные амплитуды волны составляли приблизительно 1–2 м. в случае цунами с источниками на CMN, тогда как те, которые происходят в YAN и PIN, были приблизительно 2–4 м (таблица В.2). Поэтому источники на разломе CMN не будем рассматривать, как критичные в Модели 2.

С другой стороны, YAN или PIN – критические разломы для региона, и какой из них должен использоваться в качестве основного источника для анализа цунами, необходимо определить из расчетов. Было выполнено более детальное сравнение колебаний уровня воды в других точках, и результаты сравнения приведены на рисунке В.5. Более детальное сравнение источников PIN с источниками YAN показало, что источник YAN будет основным для детального моделирования и оценки устойчивости работы порта Хайдарпаша. Моделирование проведено с помощью комплекса НАМИ-ДАНС с учетом дисперсионных эффектов, трения и вращения Земли. Продолжительность моделирования составляла 90 минут с временным шагом 0.005 с. Самые большие волны цунами получаются в порту впервые 45 минут. Выбранная продолжительность моделирования также включала прибытие основных волн и их отражение от южного побережья Мраморного моря. Параметры цунами модели с высоким разрешением были вычислены около берега в области *D*, и результаты представлены на рисунке В.5. Время прибытия начальных и максимальных волн цунами и максимальных положительных и

отрицательных амплитуд волны в отобранных местах (рисунок В.5) также приведено в таблице В.2. Временная запись текущей скорости в некоторых отобранных пунктах показывают, что текущие скорости были в диапазоне 2–4 м/с, кроме «p55» и «p8», где текущая максимальная скорость достигла 7–8 м/с.

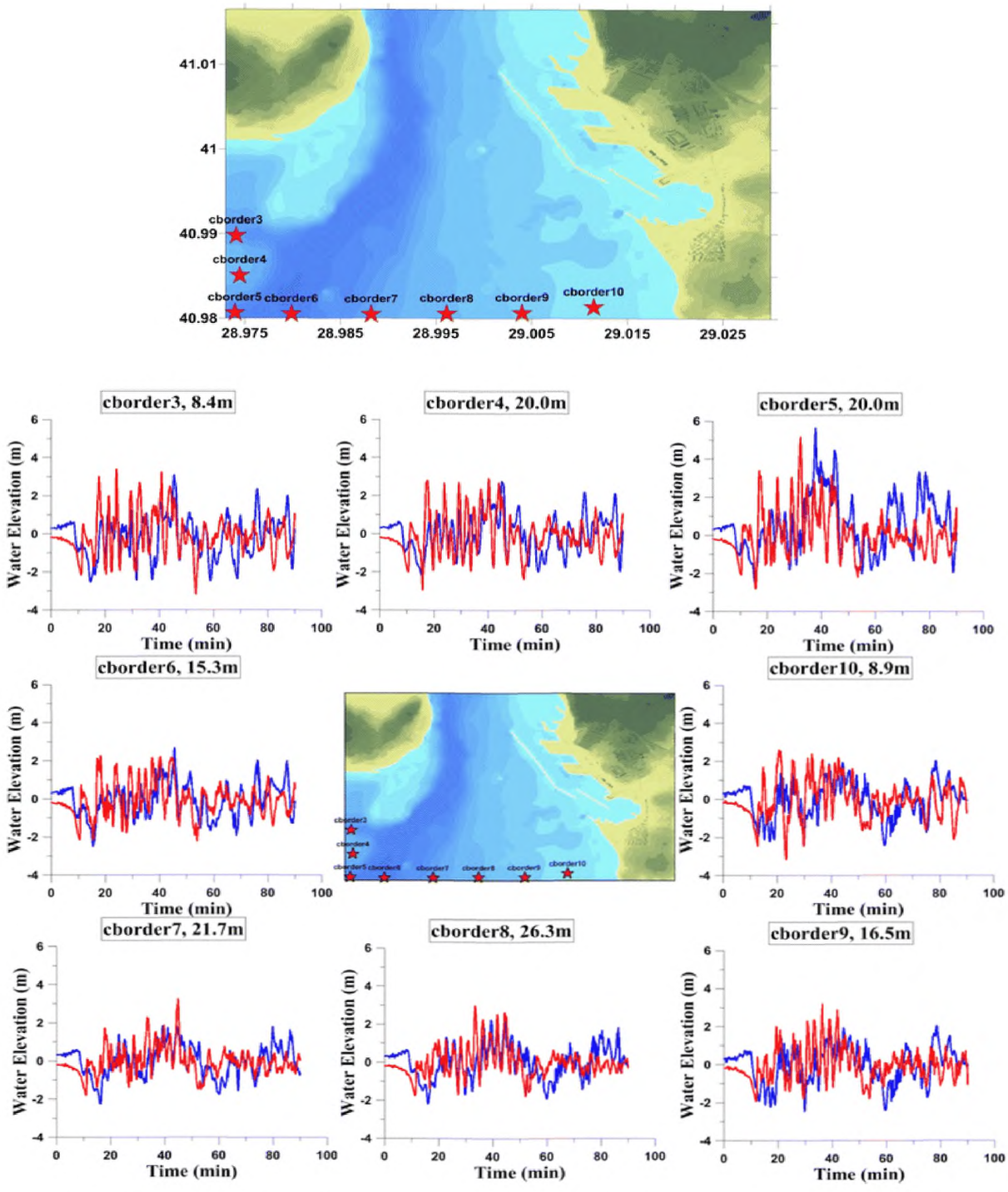


Рисунок В.5 – Смещения водной поверхности на границе после первого этапа моделирования:

красные линии представляют результаты моделирования YAN, синие линии представляют результаты моделирования PIN

Из рисунка В.6 и данных таблицы В.3 видно, что головная волна цунами достигла области порта через 5 мин. после землетрясения. После 20 мин. максимальная волна цунами наблюдалась во всей области порта. Рисунок В.7 показывает зону максимального затопления в районе порта Хайдарпаша. Максимальные значения высот волн в районе порта находятся в диапазоне между 4,5–6 м (рисунок В.8), максимальная зона затопления 340 м на одном из доков в порту (юго-восточная часть). Также важно указать здесь, что вычисленные значения в таблице В.2 не учитывают возможное изменение уровня воды в случаях ветрового нагона или барометрических эффектов. Большие суда, пришвартованные в гавани, могут сопротивляться водному движению и влиять на зону затопления. В модели исключено существование больших контейнеровозов.

Таблица В.3 – Информация о волне в точках

Пункт	Глубина (м)	Longitude (°)	Latitude (°)	Время прихода первой волны (мин.)	Время прихода макс. волны (мин.)	Max. (+)ve wave amp. (m)	Max. (−)ve wave amp. (m)
p2	4.2	29.0204	40.9917	3	20	3.2	−2.6
p8	4.5	29.0197	40.9954	3	37	3.2	−2.3
p13	7.2	29.0171	40.9982	3	17	1.8	−3.6
p24	8.1	29.0124	41.0035	3	23	3.0	−4.1
p35	8.8	29.0094	41.0078	3	22	4.1	−5.3
p50	12.1	29.0063	41.0058	3	22	2.7	−3.6
p52	11.6	29.009	41.0013	3	38	2.1	−3.3
p55	5.3	29.0164	40.9966	3	39	1.9	−3.8

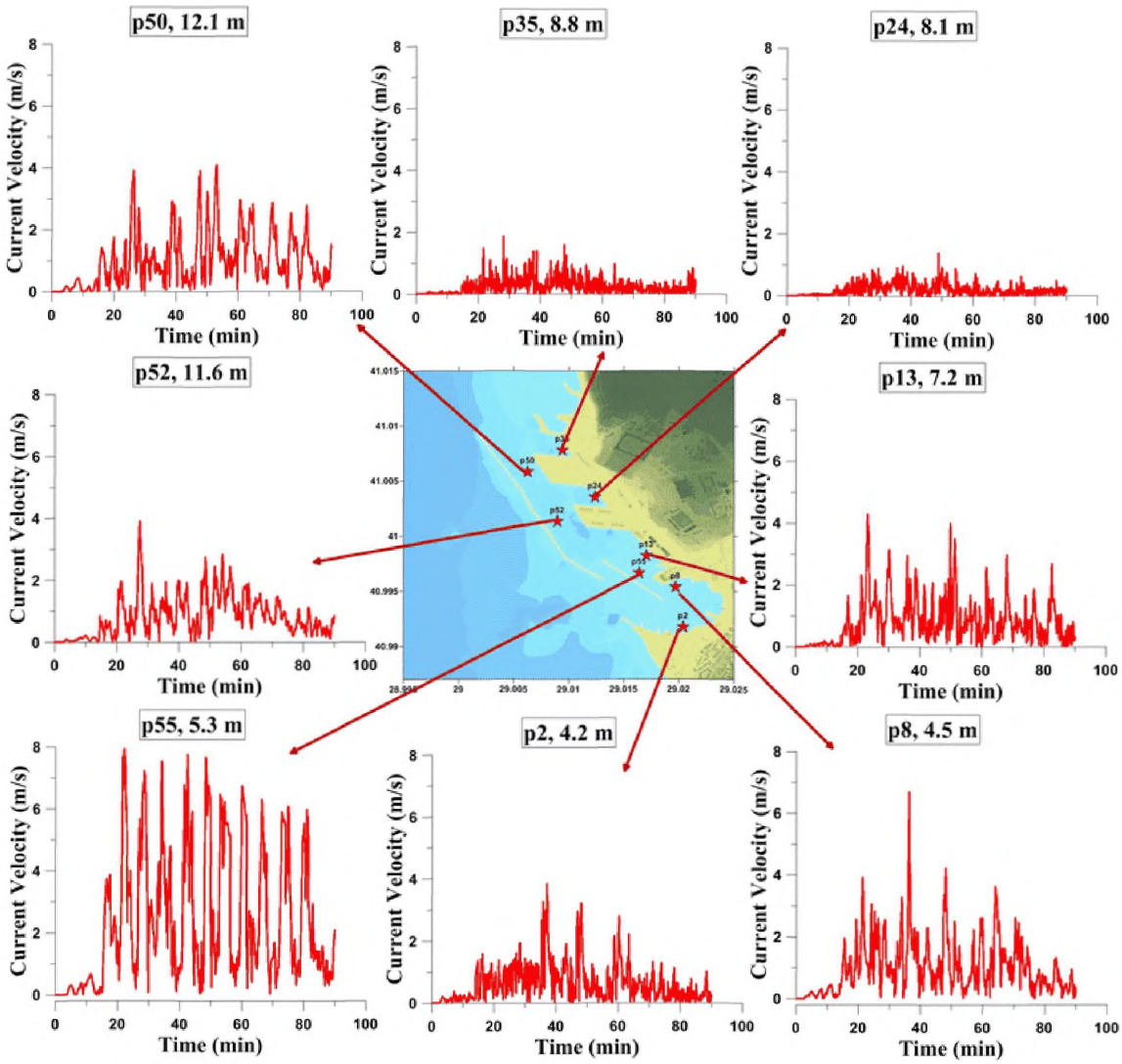


Рисунок В.6 – Временная запись изменения текущей скорости в некоторых отобранных числовых местоположениях меры

Эти два волнореза в регионе уменьшают воздействие волн цунами на побережье и порт. Однако большие и сильные волны, которые получились в результате моделирования, возможно, повредят волнорезы и затронут их стабильность. Это может привести к увеличению уровня затопления цунами.

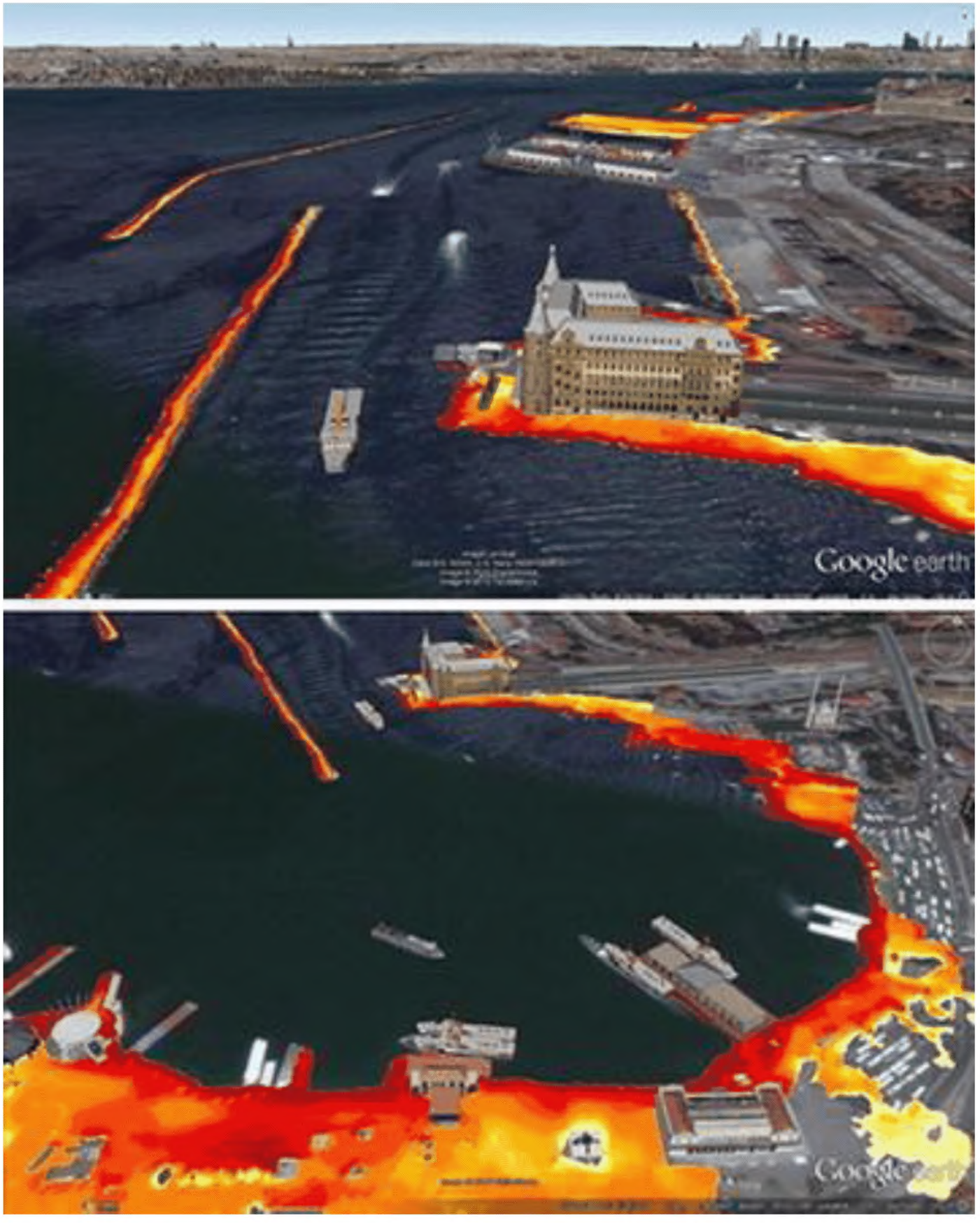


Рисунок В.7 – Зона максимального затопления в районе порта Хайдрапаша

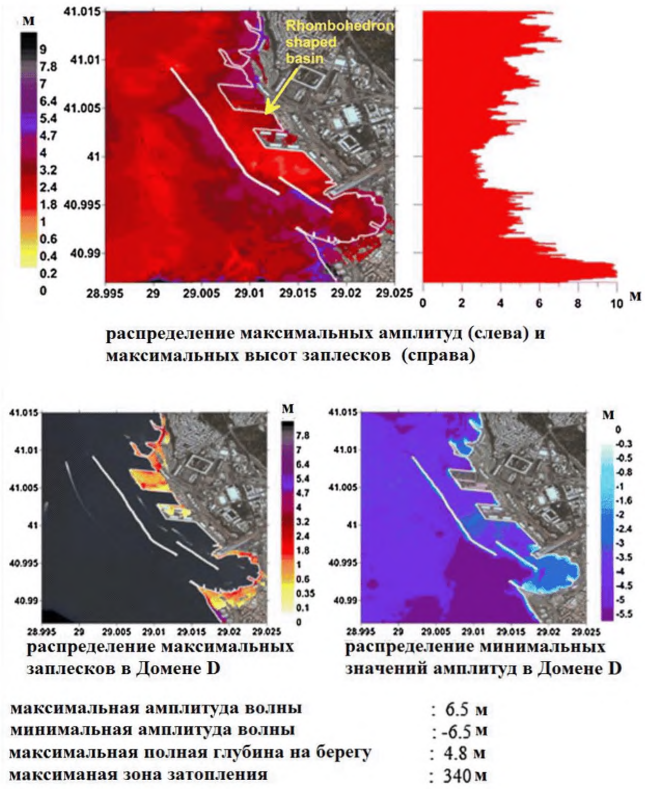


Рисунок В.8 – Вычисленные параметры и характеристики волны цунами

Текущие значения скоростей течения превысили 6 м/с в некоторых местах, особенно в области, ограниченном двумя параллельными волнорезами и у входа полукруглого бассейна (в нижней части). Скорости течения также были большими вокруг волнорезов, которые, возможно, вызвали сильное гидродинамическое воздействие на прибрежную структуру. Моделирование показывает, что волна двигалась параллельно волнорезам. Сильный водный поток у волнореза из насыпи щебня, возможно, вызвал обвал, разрушение и нестабильную его работу. Должно быть учтено и перемещение сильным потоком плавающих объектов, таких как грузовые суда или паромы, контейнеры и т.д. Они так же могут повредить некоторые структуры около береговой линии. Так как это самый большой контейнерный порт в регионе Мраморного моря, большое количество контейнеров обычно присутствуют в зоне причала. Большие скорости потока получаются внутри порта, который имеет форму параллелограмма. Таким образом, контейнеры в этой области могут также быть перемещены волной. Выбранная область исследования – урбанизированная область и имеет много объектов в прибрежной зоне. Скорости потока могут увеличиться из-за эффекта фокусировки [19]. Например, два склада расположены в

зоне, имеющей форму параллелограмма, как показано на рисунке В.8. Были рассмотрены два различных профиля для оценки эффекта каналирования и фокусировки. Один из профилей был расположен в смежной зоне со складами, а другой вдоль них. Как показано на рисунке В.9, текущие скорости течений выше между складами, как и предполагалось.

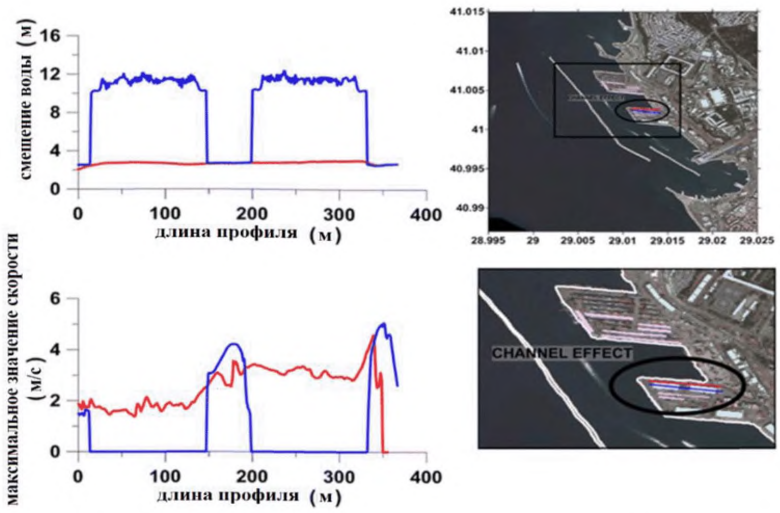


Рисунок В.9 – Изменение текущей максимальной скорости вдоль двух различных разделов:

синие линии представляют поперечное изменение в наземном возвышении и текущей скорости со зданиями; красные линии – без зданий

Даже если результаты моделирования не показывают проникновение волны на железнодорожные линии в вокзале Хайдарпаша, можно рекомендовать постройку дамб и стенок, чтобы уменьшить ущерб от цунами на станции (рисунок В.9).

Итак, можно сказать, что цунами отрицательно затронет эту урбанизированную область и ее экономические и социальные показатели. Результаты численного моделирования с высоким разрешением для порта Хайдарпаша показали, что волна зайдет в порт, и поток воды, параллельный волнорезам, затронет основные операции по порту. Это движение вызовет увеличение уровня воды и скоростей потоков в порту. Убытки и перемещение плавающих объектов из-за сильных течений так же будут иметь место. Устойчивость работы порта Хайдарпаша важна для Стамбула. Операции по порту не должны быть надолго прерваны после цунами. Поэтому выполненный прогноз возможных повреждений в порту волнами цунами крайне важен для увеличения устойчивости работы порта и снижения убытков от цунами.

Приложение Г

ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ НАКАТА ЦУНАМИ НА ЗАСТРОЕННОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КРУПНЫЕ ОБЪЕКТЫ РИСКА

В настоящем примере рассматриваются защитные инженерные сооружения побережья ЦОР, выполняемые в виде волнореза и/или дамб.

Используя вычислительный комплекс НАМИ-ДАНС проведена серия вычислительных экспериментов по накату уединенной волны на берег с постоянным уклоном. Уклон определяется, как отношение длины дна к максимальной глубине (рисунок Г.1). Для численного расчета наката волны на берег и расчета силовых характеристик необходимо иметь батиметрию с береговой топографией с разрешением не более 30 метров между узлами в зависимости от крутизны берега и наличия объектов инфраструктуры [20]. В расчетах, которые приведены ниже, использовалась батиметрия с разрешением 1 м. В качестве начальных условий использовались наибольшие волны цунами или штормовые волны возможные для данного региона.

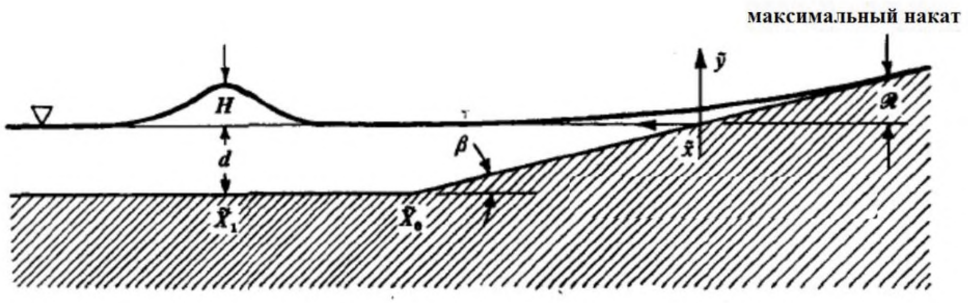


Рисунок Г.1 – Схема пляжа для тестовых расчетов

Если падающая волна представляет собой уединенную волну в форме солитона, то высоту наката можно оценить по следующей формуле [21]

$$\frac{H}{h} = 2.831\sqrt{Ctg(\beta)}\left(\frac{A}{h}\right)^{5/4} \qquad (Г.1)$$

где h – глубина воды, A – амплитуда волны, H – высота наката и β – угол откоса.

Результаты расчетов приведены в Таблице Г.1 и на рисунке Г.2.

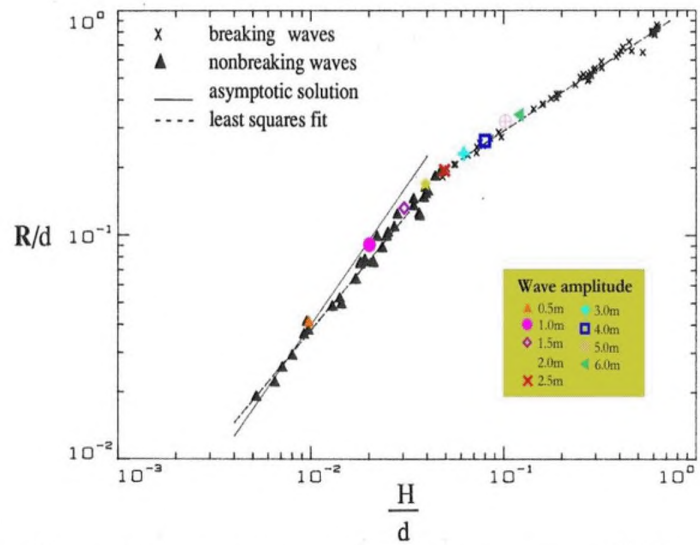


Рисунок Г.2 – Результаты сравнения лабораторных данных [20] с вычисленными результатами NAMI-DANCE, накат уединенных волн на пляж с соотношение длины к высоте 20

Таблица Г.1 – Результаты расчета высоты наката волны

Угол наклона откоса	Высота волны H (m)	Зона затопления (м)	Высота наката (м) НАМИ_ДАНС	*R/d* (по формуле А.1)	*R/d* (НАМИ-ДАНС)
10	0.5	14	1.54	0.031	0.028
10	1	36	3.53	0.071	0.067
10	2	76	7.72	0.154	0.160
10	3	114	11.49	0.230	0.266
15	0.5	26	1.81	0.036	0.035
15	1	60	4.06	0.081	0.082
15	2	122	8.25	0.165	0.196
15	3	174	11.66	0.233	0.326
20	0.5	40	2.03	0.041	0.040
20	1	86	4.4	0.088	0.095
20	2	168	8.44	0.169	0.226
20	3	226	11.41	0.228	0.376
25	0.5	54	2.21	0.044	0.045
25	1	114	4.62	0.092	0.106
25	2	206	8.38	0.168	0.253
25	3	276	11.07	0.221	0.420

Для распространения одиночной синусоидальной начальной волны на пляж постоянного уклона максимальный квадрат числа Фруда определяется по формуле

$$Fr_{\max}^2 = 3.2 \ln\left[\frac{H^2 T}{\cot\beta\sqrt{g d_c}}\right] + 24 . \qquad (Г.2)$$

Для тестовых расчетов выберем бассейн с длинной 2000 м и шириной 1000 м с максимальной глубиной 50 м (рисунок Г.3). Шаг сетки 2 м в направлениях x и y, что является достаточным для расчета наката при данном угле наклона пляжа. В районе волнореза глубина воды 10 м, он расположен вдоль береговой линии и имеет высоту 4 м над уровнем воды. Здания и другие прибрежные структуры считаются зафиксированными, то есть они не смещаются во время воздействия волны, их положение представлено на рисунке Г.3. На вход бассейна подавался одиночный синусоидальный гребень высотой 4 м с периодами (длительностью) 3, 24 и 48 мин., распространяющейся на наклонное дно с уклоном 1:20. Расчеты числа Фруда представлены на рисунке Г.4. Во всех случаях пространственное распределение этого числа оказывается одинаковым, но разным по величине, что связано с нелинейностью параметра Фруда от характеристик волны.

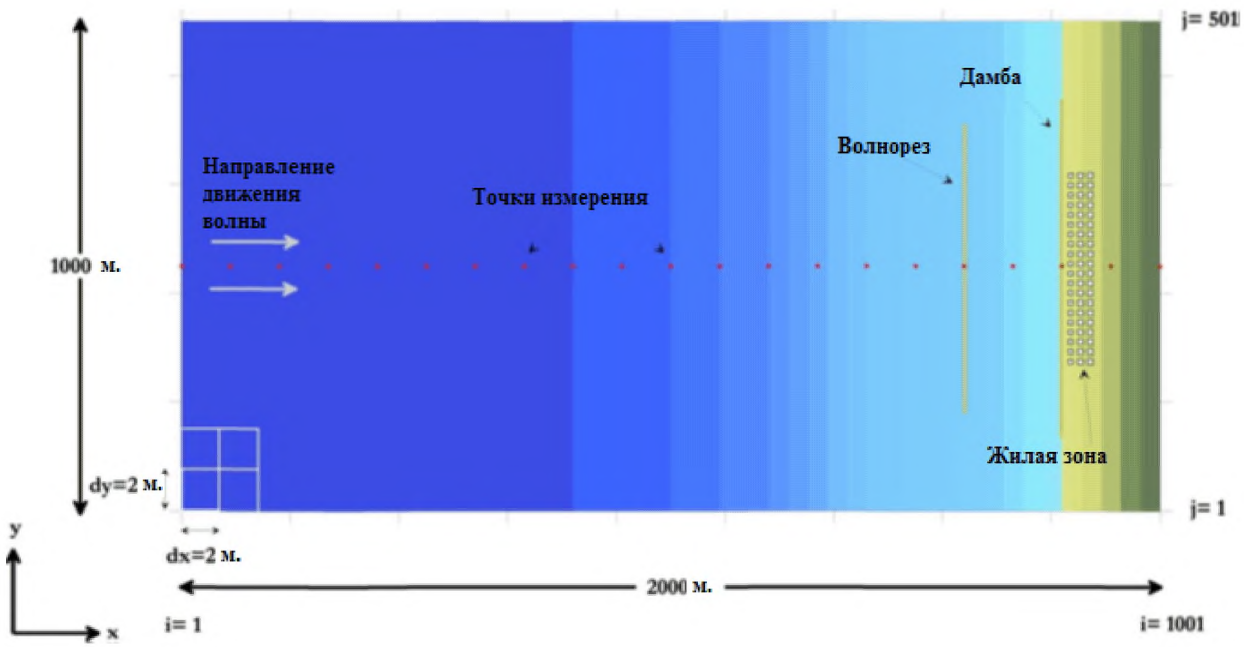


Рисунок Г.3 – Вид сверху типового бассейна, показывающего местоположение различных структур

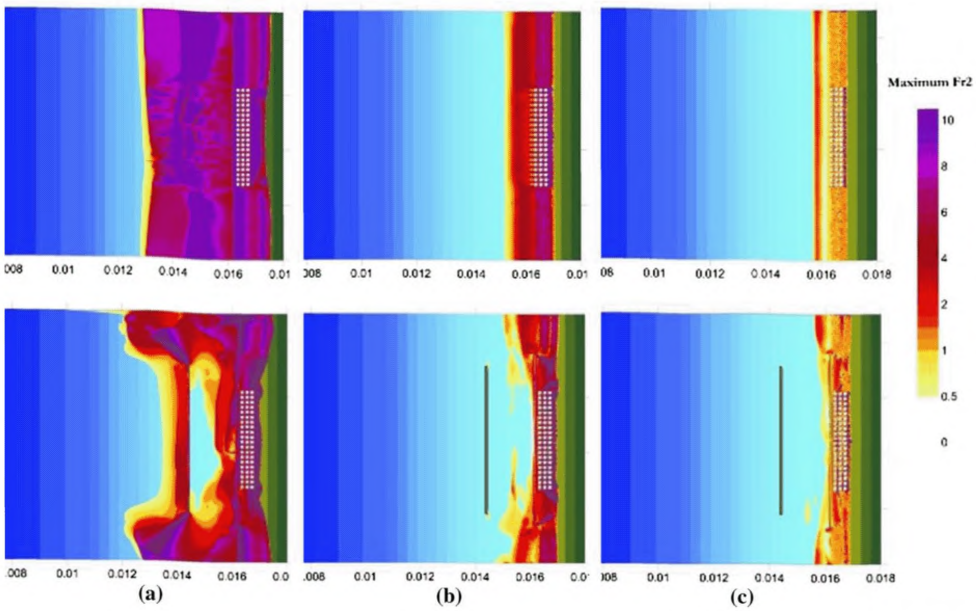


Рисунок Г.4 – Распределение максимального числа Фруда (Fr^2) во время прохождения волны с высотой 4 м; периоды волн: *a* – 3 мин, *b* – 24 мин, *c* – 48 мин

Исследовано влияние периода одиночного синусоидального гребня волны на распределение поля вдоль прибрежных структур. Результаты показали, что, как и ожидалось, в прибрежной зоне в сценарии с батиметрией, включающей защитные барьеры, для волны с периодом 3 мин., зона затопления уменьшилась по сравнению со сценарием без барьера. Важность изучения волн с коротким периодом (3 мин.) связана с тем, что такие волны могут интерпретироваться, как цунами, источником которого послужил локальный оползень (например, при извержении вулкана Стромболи в декабре 2002 г.).

Сначала был рассчитан вход в гавань синусоидального гребня амплитудой 4 м с тремя различными периодами (3, 24, 48 минут). Далее расчеты повторены с увеличенной амплитудой волны до 6 м. Такие волны в состоянии перехлестнуться через защитную дамбу и затопить жилой район. Результаты расчетов трех сценариев с амплитудой 6 м в двух разных бассейнах (с барьером и без него), показаны на рисунке Г.4.

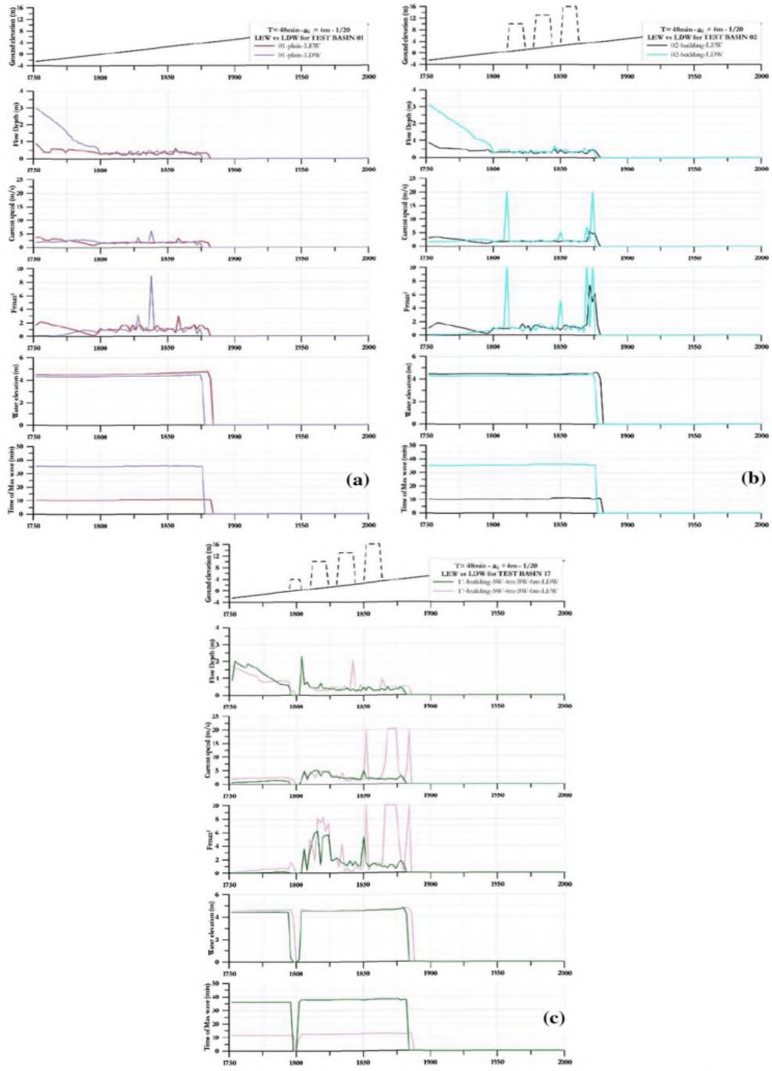


Рисунок Г.4 – Сравнение гидродинамических параметров (скорость и глубина потока, квадрат числа Фруда). Начальная волна с периодом 48 минут (амплитуда 4 м и 6 м): *a* – на простом пляже, *b* – с барьером, *c* – с барьером и со зданиями

На рисунке Г.4 показано поперечное изменение максимальных значений гидродинамических параметров: скорость потока, глубина потока, число Фруда. Результаты расчетов приведены для трех типов бассейнов: простой пляж, с дамбой, с дамбой и жилой зоной. Показано сравнение зон затопления и значений числа Фруда для волн с начальным периодом 48 мин. и с амплитудами 4 и 6 м.

Параметр трения (коэффициент Маннинга) выбран различным: 0,035 для моря, 0,06 для земли и 0,8 для зданий [22]. Моделирование выполнено путем ввода различных значения Маннинга в каждом узле сетке для распространения волны с амплитудой 4 м и периодом 48 мин. на трех различных типах бассейна: простой пляж, незащищенный жилой район и жилой район с защитой в виде волнорезов. Угол наклона дна во всех вариантах одинаковый – 1 : 20.

Распределение максимальных высот и значений квадрата числа Фруда Fr^2 для бассейна без структур, но с различными значениями коэффициента Маннинга (0.035, 0.06, 0.8) показаны на рисунке Г.5. Результаты показывают, что гидродинамические значения параметров в зоне затопления сильно зависят от величины коэффициента Маннинга, что необходимо учитывать при моделировании реальных событий и для подготовки карт затопления.

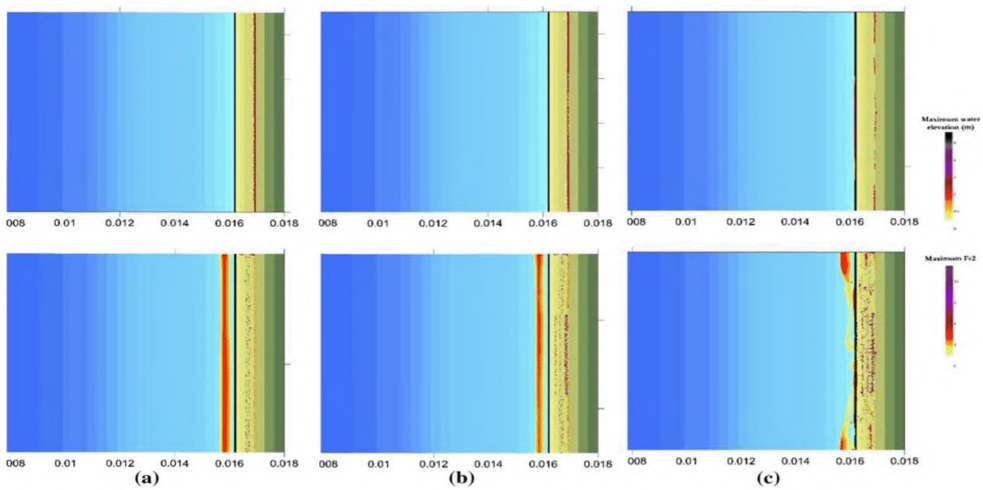


Рисунок Г.5 – Распределение максимальных высот и значений квадрата числа Фруда для трех разных значений коэффициента Маннинга

Результаты моделирования показывают, что, как и следовало ожидать, защитные структуры (дамбы, волнорезы) могут задержать поток цунами в поступающем направлении. Однако на некоторых участках значения числа Фруда могут оказаться большими из-за фокусировки и дифракции волн

Чтобы оценить эффект вдольберегового волнового движения, были выполнены расчеты для случая, когда дамбы расположены близко друг к другу, так что волне трудно проникнуть через узкие промежутки. Результаты исследований продемонстрировали, что единственный способ обеспечить полную защиту от воздействия цунами – это

предотвратить переливание волны через дамбы. Однако, если амплитуды волны выше, чем высота защитных сооружений, то волна способна к переливанию через них и затопление продолжится, но энергия потока на берегу уменьшится. Естественным решением было бы увеличить высоту защитной стенки (дамбы), однако трудно построить такую высокую заградительную стену перед береговой зоной города. Во время Японского цунами 2011 г. дамбы не защитили города и поселки, но тем не менее многие бетонные здания остались неразрушенными. Много высоких бетонных зданий, названных башнями эвакуации от цунами, были построены вдоль побережья Японии. Они спроектированы сквозными, так чтобы вода могла проходить сквозь нижние этажи. Это позволяет значительно снизить волновое воздействие на здание. Размер башен учитывает число людей ближайших районов, которые могут быть эвакуированы.

Важным результатом данного исследования является то, что затопление побережья длинными волнами приводит к однородности затопления при различных конфигурациях расположения защитных сооружений. Это показывает распределение значений гидродинамических параметров (скорость и глубина потока, число Фруда) в зоне затопления при моделировании различных сценариев. Ущерб от цунами произойдет независимо от присутствия защитных сооружений, если волны в состоянии перехлестнуться через них и затопить сушу независимо от того, как расположены здания: плотно или редко. Это явление необходимо учитывать при планировании путей эвакуации от цунами в прибрежных районах.

Приложение Д

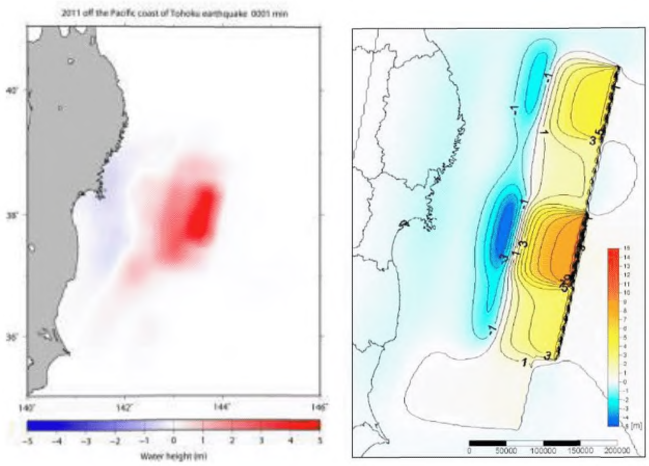
ПРИМЕР ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ДАМБЫ ОТ ЦУНАМИ

Приводятся исследования воздействия волн цунами на защитную инфраструктуру и оценивается, насколько она эффективна против сильных волн цунами на примере цунами Тохоку 2011 г. 11 марта 2011 г. в 14:46 по местному времени (5:46 GMT) произошло сильнейшее землетрясение магнитудой 9 с эпицентром 38.297° с.ш., 142.372° в.д. у побережья Японии, 130 км от побережий Сендая в месте с глубиной приблизительно 1000 м и с 30-километровой фокальной глубиной. Разрушительное цунами было генерировано этим мощным землетрясением. Катастрофическое влияние волн, главным образом, произошло вдоль побережья области Сендая. Волны распространялись по всей акватории Тихого океана в течение 24 ч.

Очень важно оценить интенсивность воздействия во время прихода цунами в связи с возможными жертвами и повреждениями прибрежных объектов. Задачей было показать важность гидродинамических параметров (текущие скорости, глубины потока, силы) наряду с волновыми параметрами (период, максимальная положительная амплитуда) около берега или в области затопления. В этом исследовании был использован параметр «гидродинамическое воздействие», описанный выше. Распределение максимальных значений Fr^2 исследовано при моделировании Тохоку цунами в городе Камаиши (Япония) для оценки уровней повреждения в зоне затопления. Для смягчения воздействия от катастрофических цунами, в 1978–2008 гг. на входе в залив Камаиши был построен волнорез. Город защищают два огромных волнореза с длинами 670 м и 990 м у входа в залив с высотой 6 м над уровнем воды и промежутком 300 м для судоходства. Эти волнорезы были построены на глубине 63 м, и стали самыми глубокими в мире, войдя в 2010 году в книгу рекордов Гиннеса.

В данном примере представлены результаты численного моделирования, анализируемого цунами в рамках теории мелкой воды. Моделирование выполнено при использовании двух различных источников цунами: Fujii-Satake [23] и Университета-Тохоку [24]. Рисунок Д-1 показывает эти источники. С использованием модели Окадо [13] построены начальные смещения водной поверхности (рисунок Д.2). Исследования выполнены, используя оба источника цунами с батиметрией, полученной из 30 секундой GEBCO30. Результаты моделирования сравнивались с реальными данными,

зарегистрированными буями и станциями GPS; датчики расположены на расстоянии 24 км (PARI) от города Камаиши. На рисунке Д.3 показана реальная запись цунами в этой точке.



а) б)

Рисунок Д.1 – Исходные модели для Большого Восточного Землетрясения Японии 2011 года:
а – источник Fujii-Satake [22], б – источник Университета Тохоку Imamura [23]

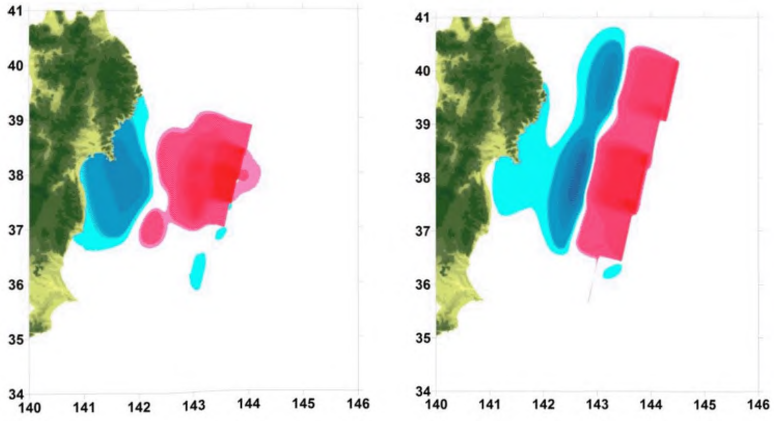


Рисунок Д.2 – Вычисленный очаг Японского цунами 2011 г., использованы источники на рисунке А.18

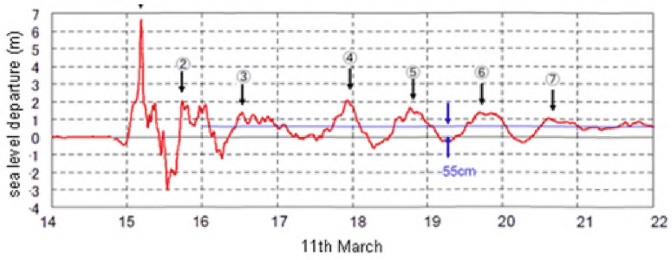


Рисунок Д.3 – Реальная запись волны цунами в точке 24 км от Камаиши (PARI, Япония)

Рисунок Д.4 показывает результаты сравнения натурных данных и результатов численного моделирования, источники Fujii-Satake [23] и Imamura [24]. Расчеты хорошо согласуются с реальной записью.

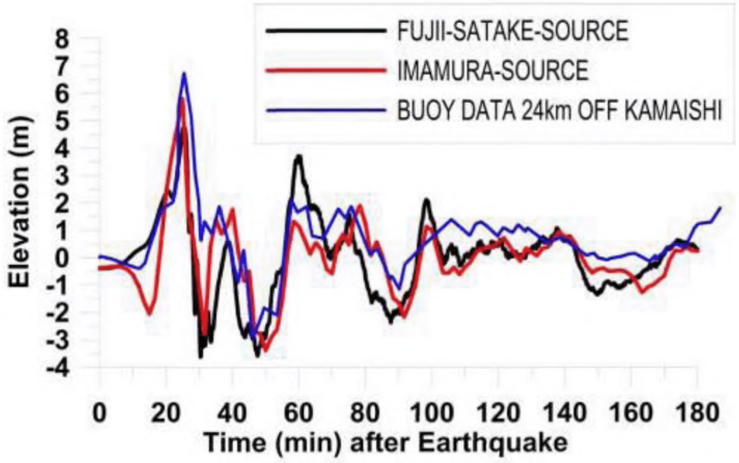


Рисунок Д.4 – Сравнение результатов измерений и вычисленных данных, источники Fujii-Satake и Imamura

Рисунок Д.5 показывает результаты моделирования распространения цунами от источника Imamura. Смещение водной поверхности задано через 0, 3, 9 и 15 часов после землетрясения. Волны распространяются по всей акватории Тихого океана в течение 24 ч.

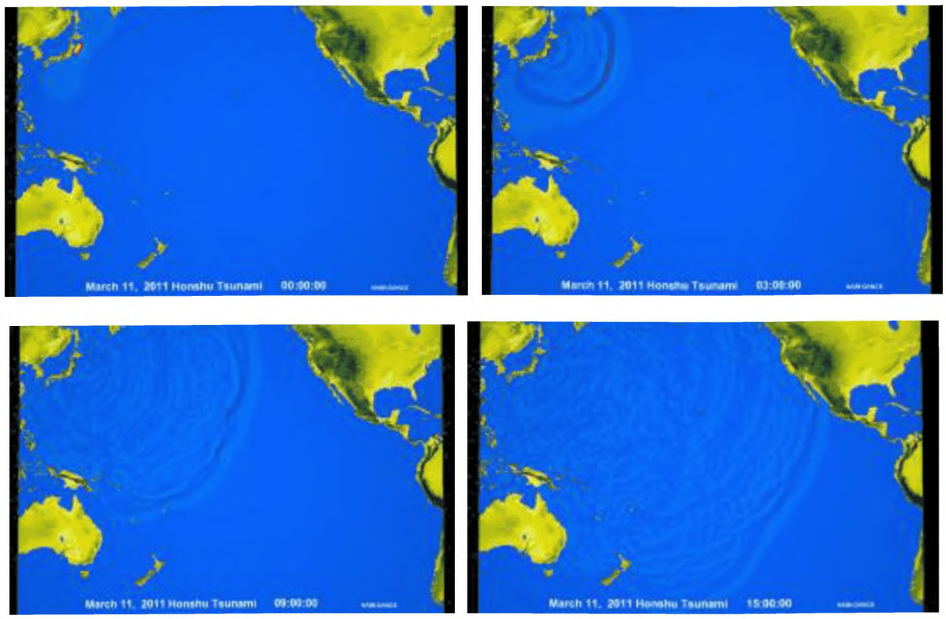


Рисунок Д.5 – Результат моделирования распространения волны цунами после 0, 3, 9 и 15 ч (слева направо, сверху вниз)

Из-за более хорошего согласования результатов моделирования с натурными данными остальная часть вычислений выполнена с использованием исходной модели Imamura. Рисунок Д.6 показывает распределение максимальных амплитуд во время всего моделирования.

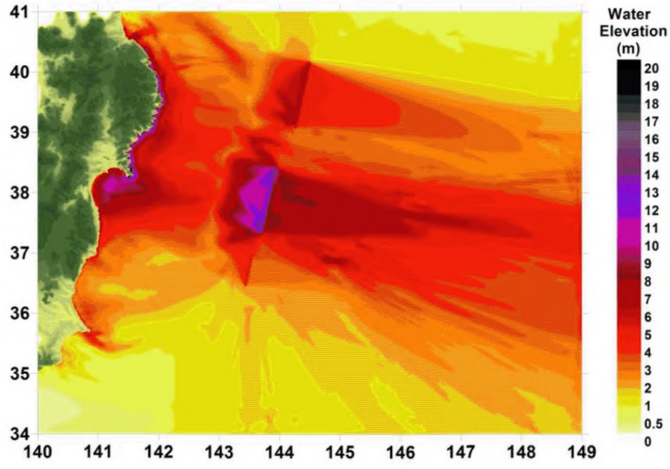
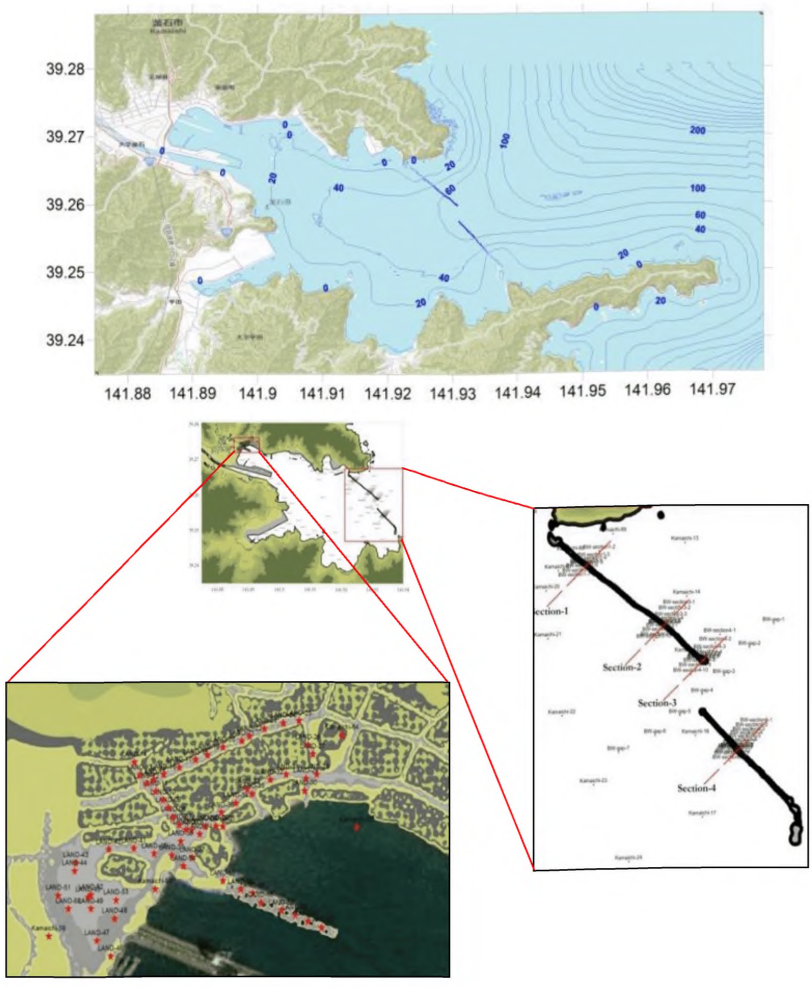


Рисунок Д.6 – Распределение максимальных амплитуд во время всего моделирования, источник Imamura

Для залива Камаиши и самого города было выполнено детальное моделирование на мелкой сетке, чтобы вычислить и сравнить распределение характеристик цунами (глубина потока, текущие скорости, число Фруда и т.д.). Побережье Камаиши-Сити было оцифровано из топографической карты, карта батиметрии и топография имеют разрешение 10 м. Был также учтен волнорез в реальном месте на входе в залив Камаиши, он принят как 5-метровое возвышение. Топография города с застройкой и батиметрия залива Камаиши, используемые в моделировании, представлена на рисунке Д.7.



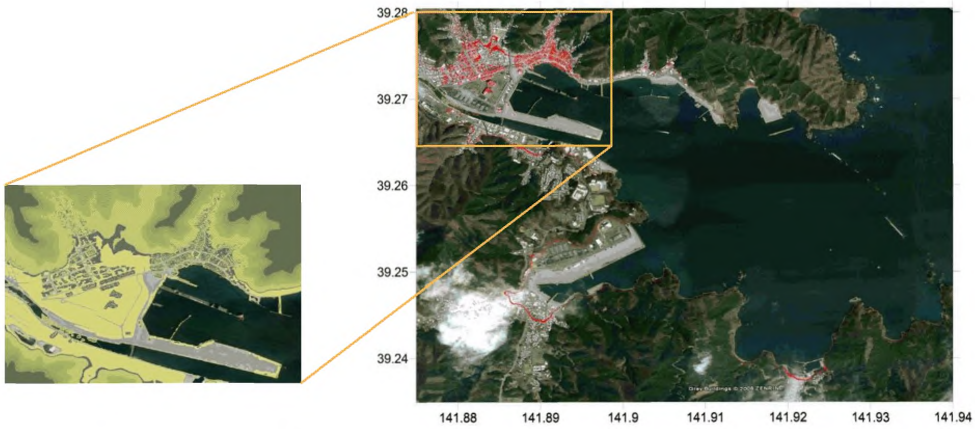


Рисунок Д.7 – Оцифрованная батиметрия залива Камаиши и топография Камаиши-Сити

Максимальные значения полной глубины в зоне затопления показаны на рисунке Д.7, а распределение векторов максимальных значений скоростей цунами в заливе Камаиши – на рисунке Д.8. Согласно результатам моделирования, максимальная глубина потока цунами превышает 12 м в Камаиши-Сити. Скорости потока достигали 10 м/с в некоторых областях Камаиши. Важно указать, что в качестве значения скоростей

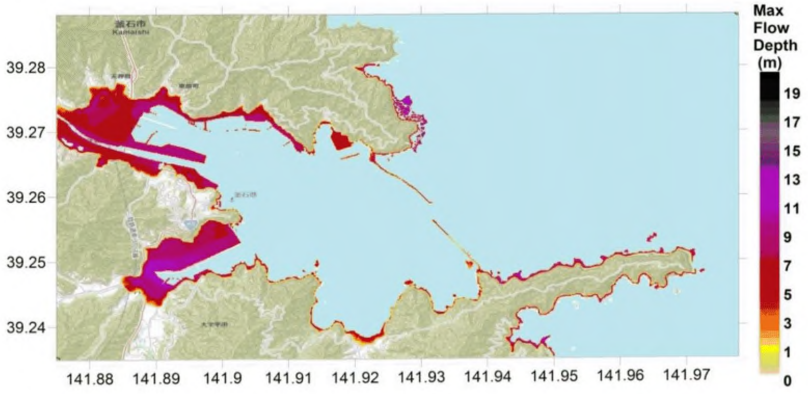


Рисунок Д.8 – Распределение максимальных полных глубин потока в заливе Камаиши

приводятся усредненное значение по всей толще воды. Распределение квадрата числа Фруда во время затопления цунами на побережье и в заливе Камаиши дано на рисунке Д.9. Число Фруда превысило значение 5, так что поток является сверхкритическим.

Приведенное исследование еще раз показывает важность расчета гидродинамических параметров цунами для оценки воздействия цунами.

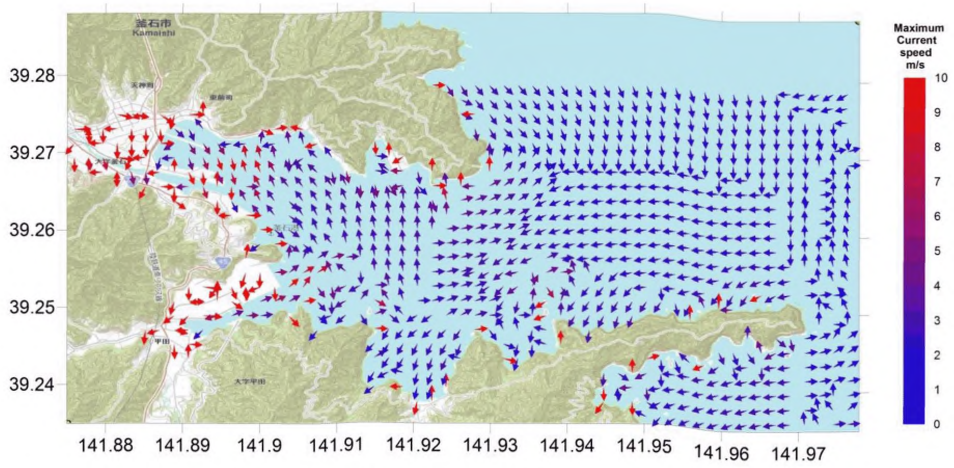


Рисунок Д.9 – Распределение векторов максимальных значений скоростей цунами в заливе Камаиши

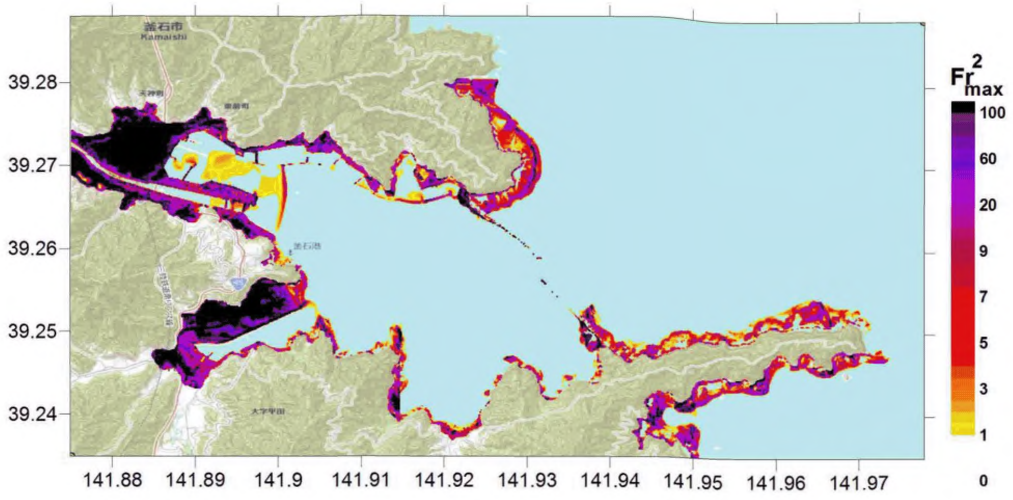


Рисунок Д.10 – Распределение квадрата числа Фруда во время затопления цунами на побережье и в заливе Камаиши

На рисунке Д.11 приведено отношение значений скоростей и квадрата максимального числа Фруда для двух случаев сценариев (с барьером и без барьера). Результаты показывают, что без барьера скорости почти в два раза выше, а значение числа Фруда в четыре раза. В реальных условиях барьер был разрушен частично. И время разрушения было зарегистрировано камерами наблюдений и другими устройствами. Проведем еще один эксперимент. На начальном этапе моделирования цунами барьер был

целым далее через определенное время частично уберем барьер из модели, чтобы ситуацию приблизить к реальной. Разломы барьера приведены на рисунке Д.7. Сравнение результатом трех сценариев (с разрушаемым барьером, с не разрушаемым барьером и без барьера) приведены на рисунках Д.1, Д.13 и Д.14. Они показывают, что различия первых двух сценариев находятся в пределах 15%.

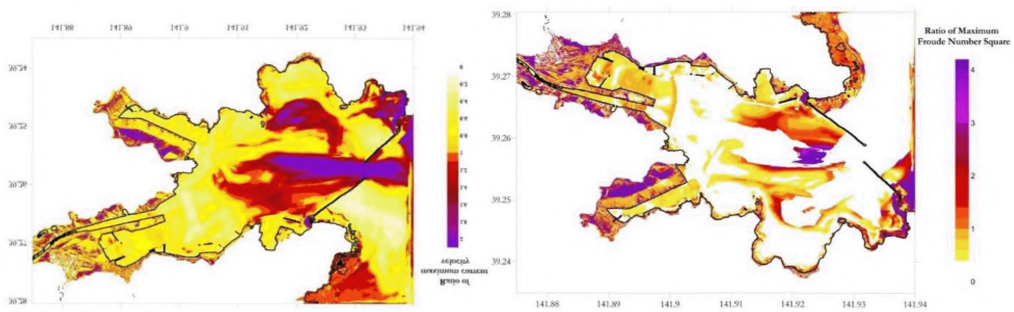


Рисунок Д.11 – Отношение значений скоростей и квадрата максимального числа Фруда для двух случаев сценариев (с барьером и без барьера)

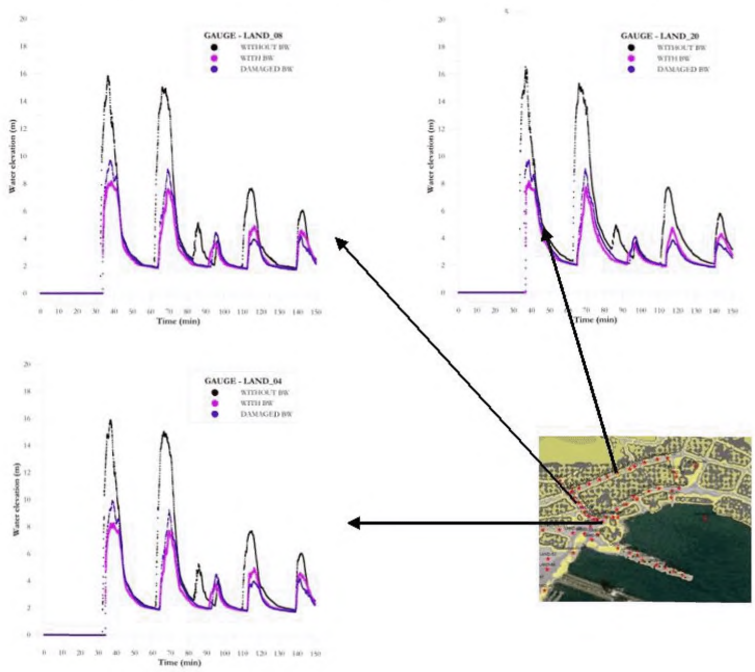


Рисунок Д.12 – Значение высоты волны в городе в точках (синий – с разрушаемым барьером, розовый – с не разрушаемым барьером и черный – без барьера)

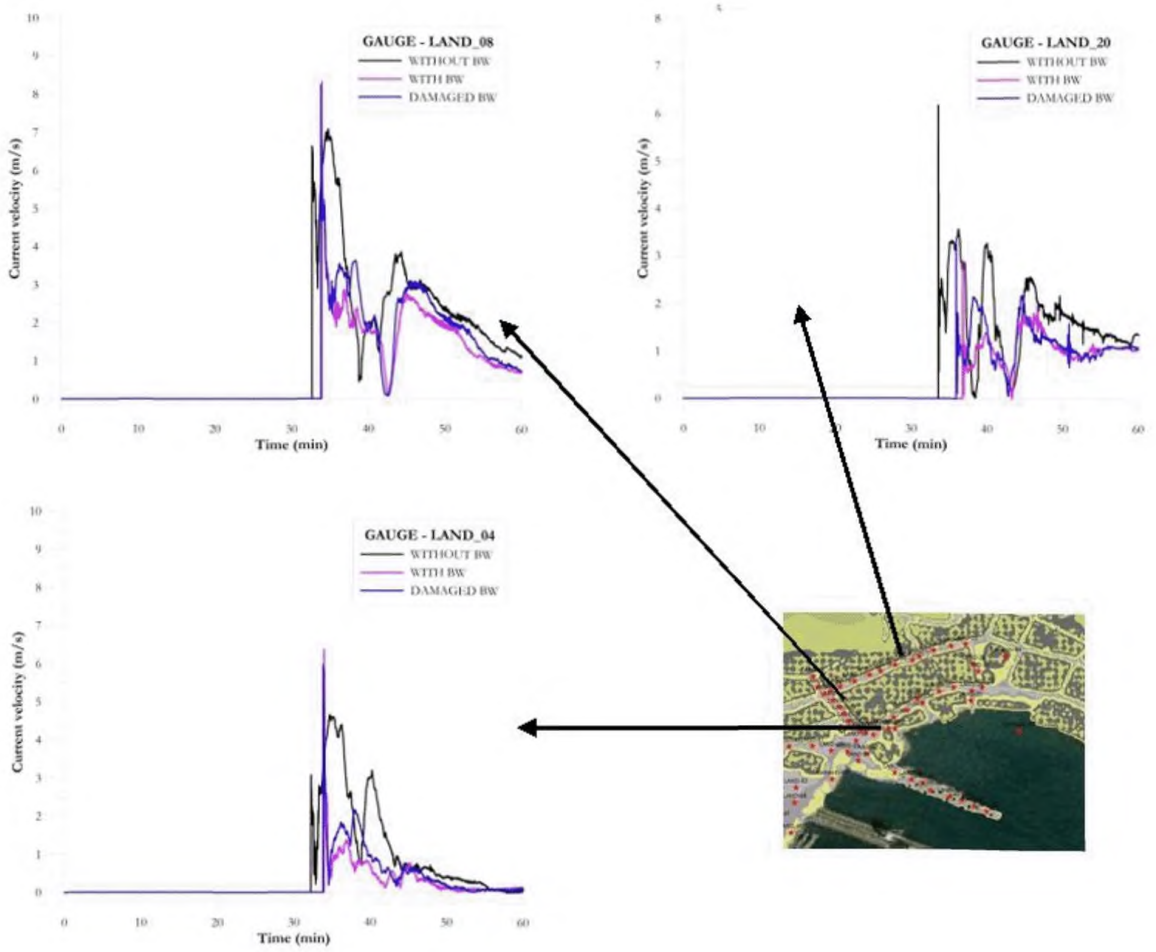


Рисунок Д.13– Значение скорости потока в городе в точках (синий – с разрушаемым барьером, розовый – с не разрушаемым барьером и черный –без барьера)

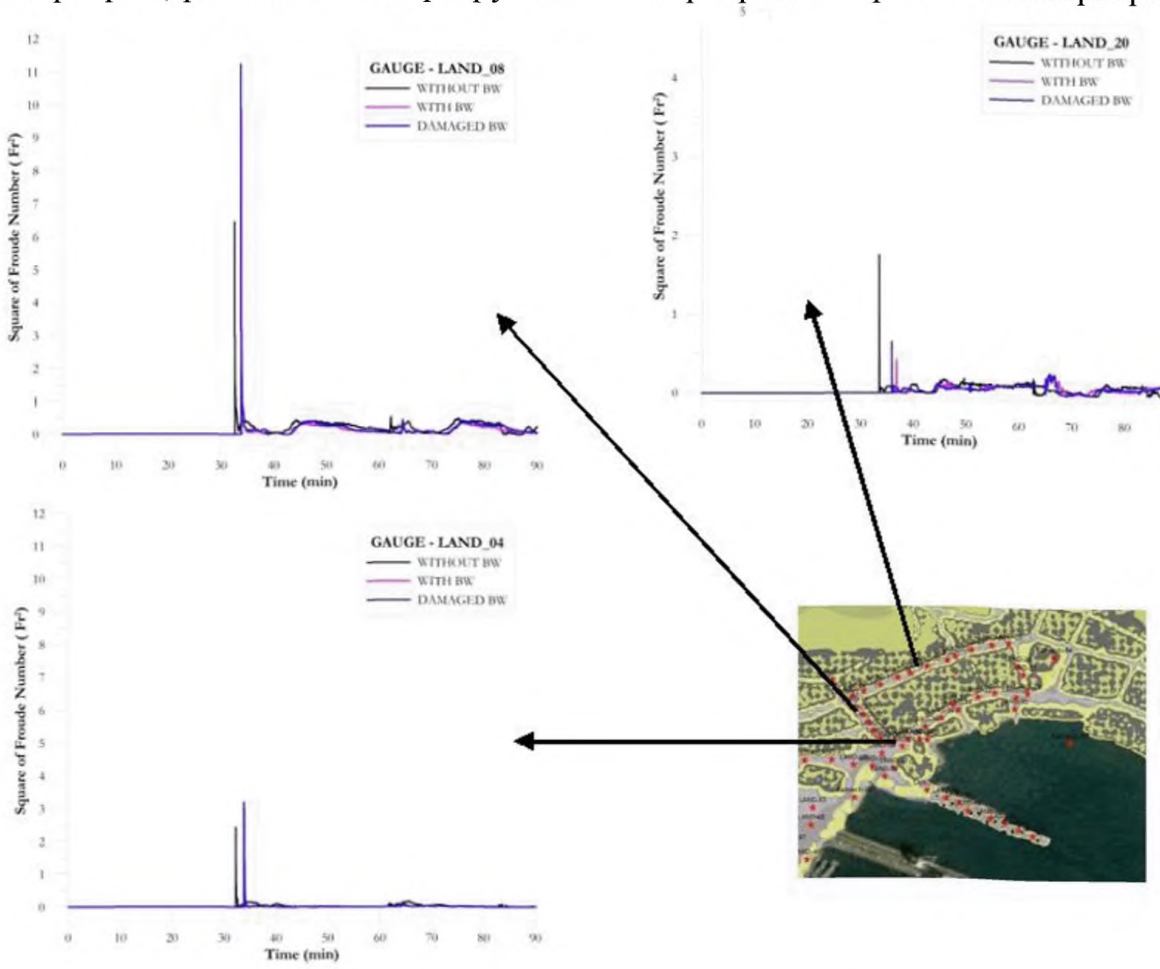


Рисунок Д.14 – Значение квадрата числа Фруда в точках (синий – с разрушаемым барьером, розовый – с не разрушаемым барьером и черный –без барьера)

Приложение Е

ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЦУНАМИ

Для расчетов выбран случай водного бассейна с формой в виде латинской буквы *L* (*L* – тип), показанного на рисунке Е.1. Расчеты производились по программе НАМИ-ДАНС. Ширина бассейна равна 400 м (в каждом рукаве), глубина постоянна и равна 20 м. Длина бассейна по горизонтали (*LB*) постоянна в расчетах и равна 1000 м. Длина бассейна по вертикали (*LA*) менялась от 800 до 1000 м. Компьютерные мареографы установлены во многих точках бассейна, часть которых показана на рисунке Е.2. Начальная волна,

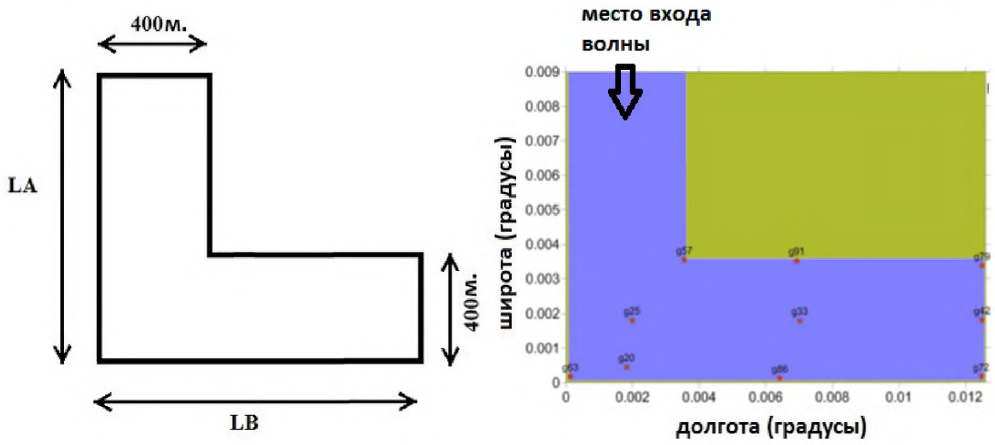


Рисунок Е.1 – Бассейн *L*-типа:
LA – длина и *LB* – ширина бассейна *L*-типа, красные звезды показывают пункты измерения (компьютерные мареографы)

имитирующая подход волны цунами, задается в 200 м от границы (*B* сторона), и волна имеет форму одиночного синусоидального гребня. Его амплитуда равна 1 м, в то время как период (длительность) изменялся в широких пределах: 16, 46, 90, 146 и 328 с. Среди них три значения периодов соответствуют резонансным частотам гавани: 328 с – вторая, 146 с – четвертая и 90 с – седьмая мода [25]. Пространственный шаг в расчетах выбран 2 м, а временной – 0.006 с, удовлетворяющий условию Куранта.

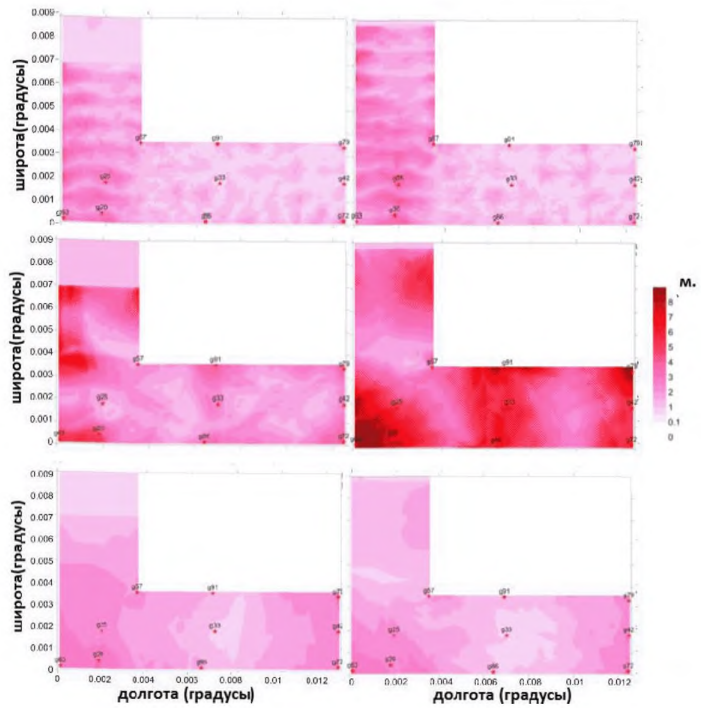


Рисунок Е.2 – Пространственное распределение максимального смещения водной поверхности (м) для периодов $T = 16$ с, $T = 90$ с, $T = 146$ с. Слева $LA/LB = 0{,}8$, справа $LA/LB = 1$

Пространственное распределение максимального смещения водной поверхности показывает, что на сопрягающейся части бассейна располагаются критические зоны наиболее сильных изменений (точки 57 и 63). Временное изменение водной поверхности в этих точках (компьютерные мареограммы) показано на рисунке Е.3. Ясно видно, что

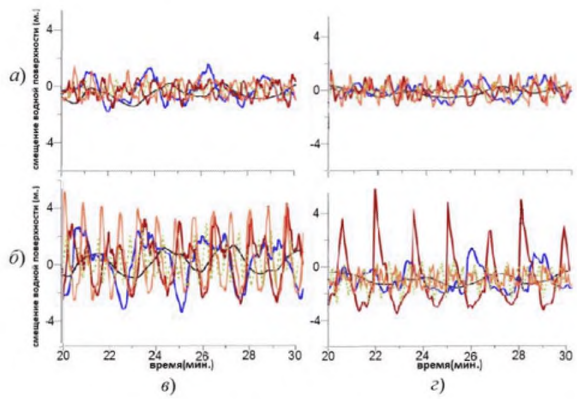


Рисунок Е.3 – Временное изменение водной поверхности в точках 57 (*a*, *b*) и 63 (*c*, *d*) при подходе волн с разным периодом. Слева – $LA/LB = 0.8$ и справа – $LA/LB = 1$

в случае периода колебаний 90 с, когда возбуждается седьмая мода бассейна, высота волны увеличивается во всем бассейне.

Распределение максимальных скоростей течения воды (по модулю) показаны на рисунке Е.4. Результаты, представленные на рисунке Е.4, демонстрируют, что текущая скорость потока усиливается во внутренних сторонах угла (точка 57). Поэтому, как и в предыдущем случае, приведем временные изменения значения модуля скоростей течения в точках 57 и 63 (рисунок Е.5).

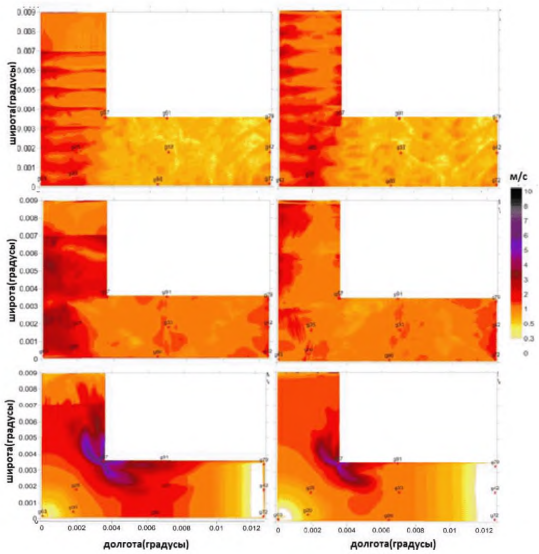


Рисунок Е.4 – Пространственное распределение максимальных скоростей (м/с) в бассейне для различных периодов падающей волны: слева – *LA/LB* = 0.8 и справа – *LA/LB* = 1

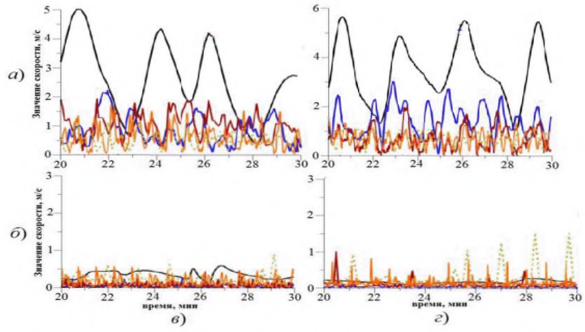


Рисунок Е.5 – Временное изменение скорости течения в точках 57 (*a*, *b*) и 63 (*c*, *d*) для волн с различными периодами. Слева – *LA/LB* = 0,8 и справа – *LA/LB* = 1 (правый столбец)

Пространственное распределение минимального значения числа Рауза показано на рисунке Е.6. Согласно диапазону изменения числа Рауза во внешнем углу бассейна (точка 63), должно происходить изменение дна для волн с большими периодами (146 и 328 с).

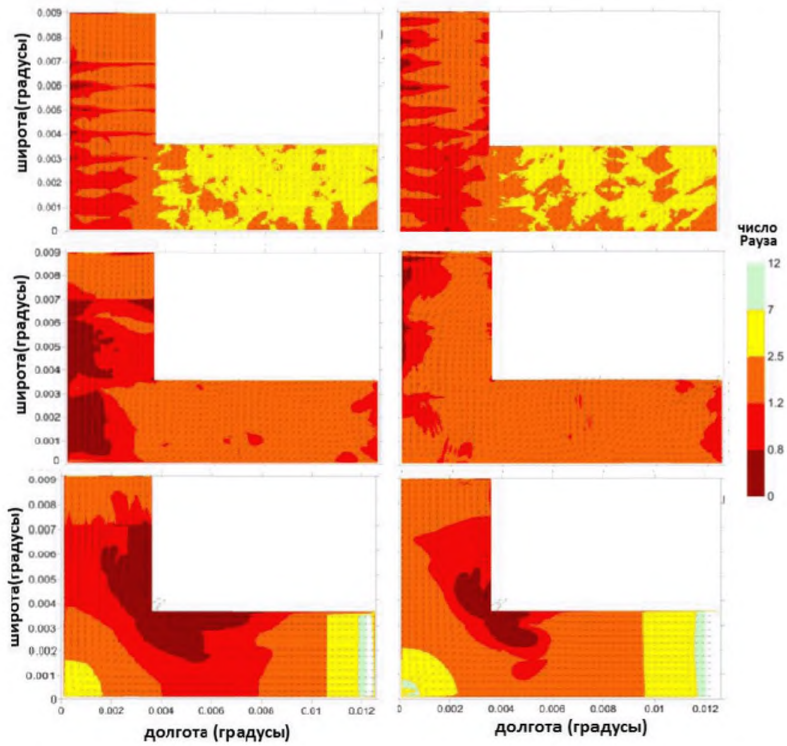


Рисунок Е.6 – Пространственное распределение минимального значения числа Рауза в бассейне в случае подхода волн разного периода: слева – $LA/LB = 0{,}8$, справа – $LA/LB = 1$

Значение числа Рауза в конце данной стороны бассейна также указывает на перенос донных осадков. Отсюда следует, что в бассейне L-типа происходит значительное перемещение донных отложений, что приводит к изменению донного рельефа.

Таким образом, использование числа Рауза в вычислительных комплексах решения уравнений «мелкой воды» позволяет без особых трудностей определить зоны интенсивного транспорта наносов, характеристики которого могут быть рассчитаны на следующем этапе в рамках транспортных уравнений.

Приложение Ж
ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКА ЦУНАМИ СО СТРОИТЕЛЬНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Пример составлен на основании работ российских и зарубежных исследователей за последние 25 лет [26–45].

Процесс воздействия волн цунами на портовые ГТС и береговые объекты можно представить в виде двух характерных стадий – воздействия фронта потока и квазистационарного обтекания. В области фронта потока его глубина и скорость изменяются достаточно быстро. При распространении волн к берегу после их обрушения фронт потока приобретает форму бора (рисунок Ж.1а), при движении по сухому берегу фронт потока деформируется, принимая форму «языка», нарастающего по глубине слоя воды (рисунок Ж.1б).

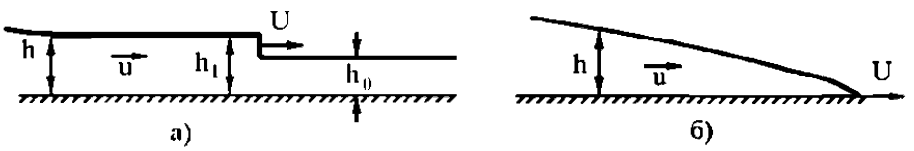


Рисунок Ж.1 – Типы фронтов волны цунами:
а – бор; *б* – гладкий фронт

Взаимодействие фронта потока с объектом имеет существенно нестационарный характер. Наибольшую нагрузку воспринимает лобовая, обращенная к потоку часть сооружения. За фронтом потока его параметры изменяются достаточно плавно. Через некоторый промежуток времени воздействие можно считать квазистационарным. В этой стации воздействие потока существенно на все грани сооружения и складывается из нагрузок, вызванных динамическим напором жидкости, и нагрузок, вызванных ее ускорением, которое имеет отрицательный знак при накате волн на берег и положительный – при откате (рисунок Ж.2).

При расчете нагрузок на объекты основные характеристики волнового потока в прибрежной зоне считаются известными. Исходными данными для расчета нагрузок от воздействия цунами являются: параметры потока: скорость фронта потока при подходе к берегу $C_{фр}$, глубина потока h над отметкой затапливаемой местности около объекта, скорость течения у объекта U, ускорение потока dU/dt; первоначальная глубина воды у объекта h_0; коэффициент шероховатости берега η, направление подхода фронта к объекту,

а также размеры сооружения, его форма, вес сооружения G, коэффициент проницаемости сооружения $f = 1 - S_n / S_c$, где S_n – площадь проемов в стенах сооружения, S_c – площадь стен сооружения.

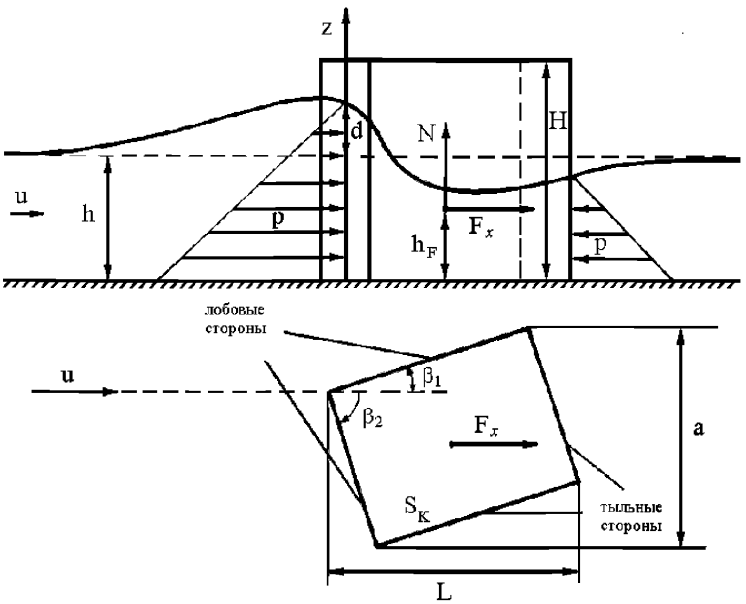


Рисунок Ж.2 – Квазистационарное обтекание призматической преграды

На рисунке Ж.1,а отмечена высота бора, равная перепаду (h_1–h_0) глубин после прохождения бора (h_1) и перед ним (h_0). Рисунок Ж.2 содержит обозначения геометрических размеров объекта, на который воздействует волна цунами: высоту сооружения H, протяженность его проекции a на плоскость, нормальную к направлению распространения волны, площадь сечения S_K. Возникающая равнодействующая сила F_x приложена на высоте h_F над дном. Углы к граням объекта, которые образует направление распространения волны цунами, обозначены как β_1 и β_2. Высота смоченной части сооружения равна d.

Ж.1.1 Портовые ГТС и береговые объекты можно разделить на две группы по характеру воздействия на них волн цунами: хорошо и плохо проницаемые. К первой группе относятся конструкции, состоящие в основном из цилиндрических элементов: опоры мостов, эстакады, пирсы, крановое оборудование причальных линий портов, опоры высоковольтных линий передач. Воздействие на такие сооружения фронта потока несущественно.

К сооружениям второй группы можно отнести промышленные, административные и жилые здания. Сооружения такого типа воспринимают значительные нагрузки и на стадии удара фронта потока, и при обтекании в квазистационарном режиме.

Ж.1.2 Нагрузки от волн цунами на объекты, относящиеся к хорошо проницаемым сооружениям

Величина силы, действующей на элемент стрежневого типа, определяется из соотношения

$$F_0 = 0.5\rho U^2 C_x r\, d \sin^2 x + \rho \frac{dU}{dt} (V + a^2 d) \sin x, \qquad (Ж.1)$$

где ρ – плотность воды;

C_x – коэффициент сопротивления формы поперечного сечения стержня, определяемый по методу предыдущего раздела;

r – характерный размер поперечного сечения;

d – длина смоченной части элемента;

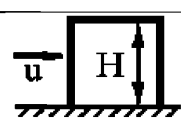
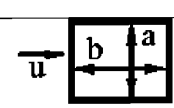
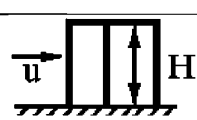
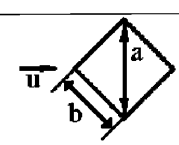
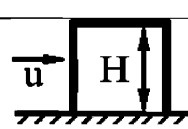
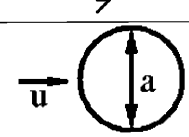
x – угол между направлением течения и образующей стержня;

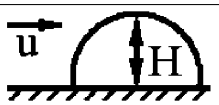
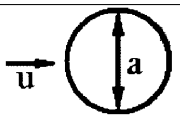
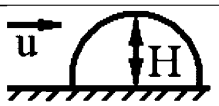
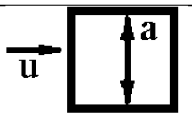
V – объем погруженной в поток части стержня;

a – ширина проекции элемента на плоскость, перпендикулярную направлению течения.

Значения C_x для элементов стержневого типа приведены в таблице Ж.1, где во втором и третьем столбцах стрелками отмечены направление потока и характерные размеры сооружения.

Таблица Ж.1 – Значения параметра C_x для элементов стержневого типа

Форма объекта	Вид сбоку	Вид сверху	S_c	Размеры	C_x
Призма			На	b = H = a b = H/3 = a b < H⊓a b>2H⊔2a b>2H = 7a	1,05 1,30 1,20 0,74 0,48
			На= √2 Hb	b = H b = H / 3	0,80 0,95
цилиндр			На	H = a H = 2a H = 3a H = 5a H = 10a	0,64 0,68 0,73 0,76 0,80

полу-сфера			$\pi H^2/2$	a = 2H	0,43
полу-цилиндр			На	a ¬ 10H	0,30

Нагрузка по смоченной длине элемента стержневого типа распределяется равномерно. Точкой приложения силы F_0 следует считать середину смоченной длины стержня. Составляющая силы F_0 в направлении течения равна ($F_0 \sin x$).

Смещающаяся сила F_x, действующая на конструкцию в целом, находится суммированием сил, приложенных к отдельным элементам

$$F_x = 0.5\rho U^2 \sum_i C_{x_i} r_i d_i sin^3 x_i n_i + \rho \frac{dU}{dt} \sum_i (V_i + a_i d_i) sin^2 x_i n_i \quad , \qquad (Ж.2)$$

где i – номер группы элементов конструкции, имеющих одинаковые значения C_x, r, d, x, V, a; ni – количество элементов в i-ой группе.

Опрокидывающий момент $M_{0\ опр}$, действующий на элемент конструкции в направлении течения в потоке, находится по формуле

$$M_{0\ опр} = h_{0\ F} \cdot F_{0\ x}, \qquad (Ж.3)$$

где $h_{0\ F}$ – высота точки приложения силы $F_{0\ x}$. Момент сил, действующих на конструкцию в целом, $M_{опр}$, определяется суммированием опрокидывающих моментов, приложенных к отдельным элементам.

В случае однородных по структуре конструкций точка приложения результирующей смещающей силы F_x, находится в центре погруженной в поток их части и для определения величины $M_{опр}$, можно пользоваться формулой

$$M_{опр} = h_F \cdot F_x, \qquad (Ж.4)$$

где h_x – высота точки приложения силы F_x.

Ж.1.3 Определение нагрузок на плохо проницаемые объекты в стадии квазистационарного обтекания

В стадии квазистационарного обтекания результирующие нагрузки складываются из нагрузок, обусловленных скоростным напором (соответствующие величины имеют индекс «ст») и ускорением потока (индекс «ин»)

$$F_x = F_{x\ ст} + F_{x\ ин}, \qquad (Ж.5)$$

$$P = P_{ст} + P_{ин}, \qquad (Ж.6)$$

где P – суммарное давление, оказываемое на объект.

Инерционная (обусловленная ускорением потока) компонента нагрузок вычисляется следующим образом. Если сооружение имеет в плане форму прямоугольника рисунка Ж.3а, то силы $F_{инb1}$ и $F_{инb2}$ инерционного воздействия потока на стороны с шириной соответственно a_1 и a_2 определяются по формулам:

$$F_{ин_{b_1}} = \rho \frac{dU}{dt}(0.25\pi a_1^2 + S_K) sin\beta_1 \sigma\left(\frac{a_2}{a_1}\right)\mu\left(\frac{2H}{a_1}\right) f, \qquad (Ж.7)$$

$$F_{ин_{b_1}} = \rho \frac{dU}{dt}(0.25\pi a_2^2 + S_K) sin\beta_2 \sigma\left(\frac{a_1}{a_2}\right)\mu\left(\frac{2H}{a_2}\right) f, \qquad (Ж.8)$$

где S_K – площадь контура сооружения в плане;

H – высота сооружения;

B – ширина миделевого сечения сооружения, равная в случае прямоугольного сечения $B = a_1 \sin\beta_1 + a_2 \sin\beta_2$, а функции σ и μ соответственно равны

$$\sigma(y) = 2.27 - 1.98/(1.56 + y), \qquad (Ж.9)$$

$$\mu(y) = \begin{cases} H[1-(1-H^2/h^2)/(1-y)]/(1+0.5BH/h^2), & H < h \\ h/(1+0.5B/h), & H > h \end{cases} \qquad (Ж9)$$

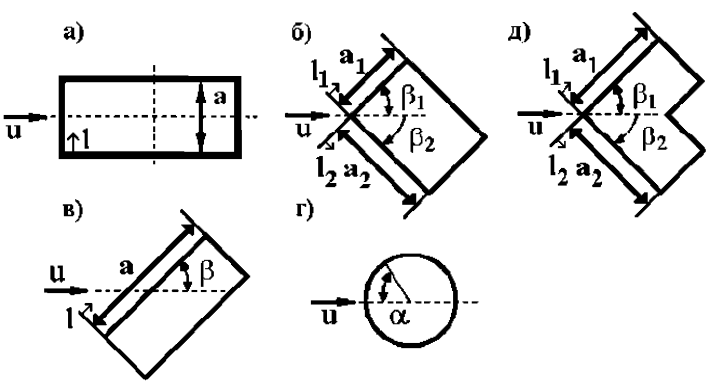


Рисунок Ж.3 – Основные типы контуров

Среднее давление на внешние стены (знак плюс – для лобовой, а минус – для тыльной стороны сооружения) равно

$$P_{ин} = \pm \frac{F_{ин\ 1,2}}{2S_{a_{1,2}}}, \qquad (Ж.10)$$

где $S_{a1,2}$ – площадь погруженной в поток части стены, имеющей ширину a_1 или a_2 соответственно.

Смещающая сила определяется при этом из соотношения

$$F_{x\,\text{ин}} = F_{\text{ин}\,a_1} sin\beta_1 + F_{\text{ин}\,a_2} sin\beta_2. \quad \text{(Ж.11)}$$

Если сооружение имеет в плане форму окружности с радиусом R, то инерционная компонента смещающей силы определяется по формуле:

$$F_{x\,\text{ин}} = 2\rho \frac{dU}{dt} \pi R^2 \mu \left(\frac{H}{R}\right) f. \quad \text{(Ж.12)}$$

Давление $P_{\text{ин}}$ по периметру внешней стены сооружения вычисляется по зависимости:

$$P_{\text{ин}} = \begin{cases} F_{x\,\text{ин}} cos\alpha/(\pi RH), & H < h \\ F_{x\,\text{ин}}/(\pi Rh), & H < h \end{cases} \quad \text{(Ж.13)}$$

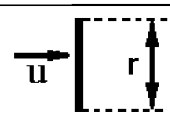
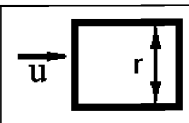
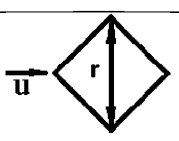
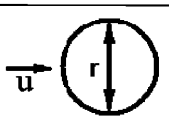
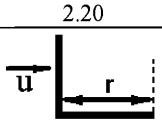
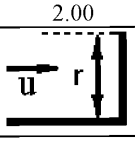
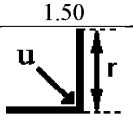
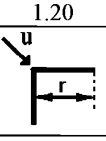
Нагрузки, обусловленные скоростным напором потока, и различные кинематические характеристики течения во второй стадии воздействия длинных гравитационных волн на объект определяются следующим образом. При $B<h/5$ или $H<h/2$ деформацией свободной поверхности можно пренебречь. Смещающая сила $F_{x\,\text{ст}}$ определяется по формуле

$$F_{x\,\text{ст}} = 0.5\rho U^2 C_x S_M f \quad \text{(Ж.14)}$$

где C_x – коэффициент лобового сопротивления сооружения, определяемый по таблице Ж.2 (символом r в ее ячейках обозначен характерный размер);

S_M – площадь миделевого сечения объекта.

Таблица Ж.2 – Значения параметра C_x для погруженных объектов

Профиль				
C_x	2.20	2.00	1.50	1.20
Профиль				
C_x	2.00	1.83	2.46	2.00

Давление $P_{\text{ст}}$ на лобовой грани объекта можно оценить по формуле

$$P_{\text{ст}} = \rho g(h - z + 0.5\, U^2 / g), \quad \text{(Ж.15)}$$

на остальных гранях сооружения $P_{\text{ст}} = \rho\, g\, (h - z)$. При $B>>h/5$ и $H>h/2$ следует учитывать деформацию свободной поверхности у объекта. Давление $P_{\text{ст}}$ в произвольной точке смоченной поверхности сооружения вычисляется по зависимости

$$P_{\text{ст}} = \rho\, g\, (h_k - z). \quad \text{(Ж.16)}$$

В этой формуле величина h_k обозначает глубину воды по контуру сооружения в плане, которая находится по формулам

$$h_k = \begin{cases} h(1 + 0{,}5Fr^2 C_p)f & \text{при } h < H \\ h + 0{,}5HFr^2 C_p f & \text{при } h \geq H \end{cases}, \qquad (Ж.17)$$

где $Fr = U/\sqrt{gH}$ – число Фруда, C_p – безразмерная функция, определяемая описанным ниже способом.

На тыльной части контура (кроме кругового) $C_p = -1$. На лобовой части контура функции C_p для различных форм объектов в плане находится следующим образом.

Для прямоугольника с отношением длины к ширине менее 5, одна из осей симметрии которого составляет угол с направлением потока не более 10° (рисунок Ж.3,а) функция C_p вдоль лобовой стороны определяется по рисунку Ж.4 при β = 90°. Среднее значение вдоль этой стороны равно 0,88. На боковых сторонах прямоугольника $C_p = -1$.

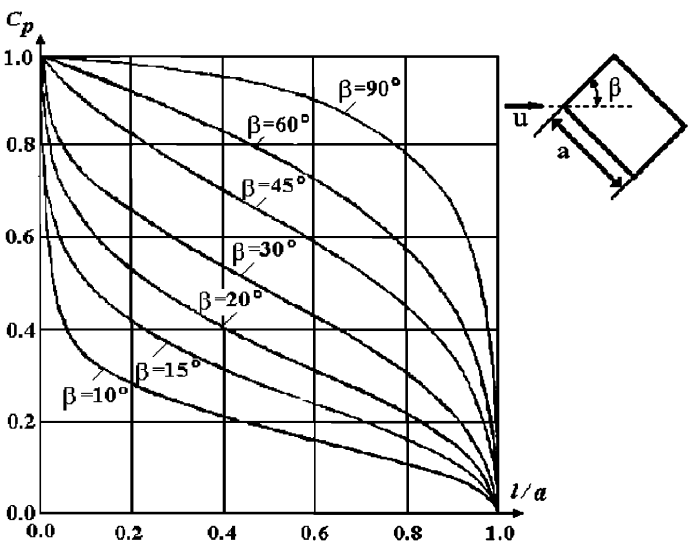


Рисунок Ж.4 – Распределение значения C_p по контуру

Для прямоугольника с соотношением длины к ширине менее 5, обе оси симметрии которого составляют углы с направлением потока более 10° (рисунок Ж.3б). Функция C_p на лобовых сторонах определяется по рисунку Ж.5, при этом в качестве угла β берутся β_1 и β_2 соответственно. Средние значения вдоль этих сторон определяются по рисунку Ж.6.

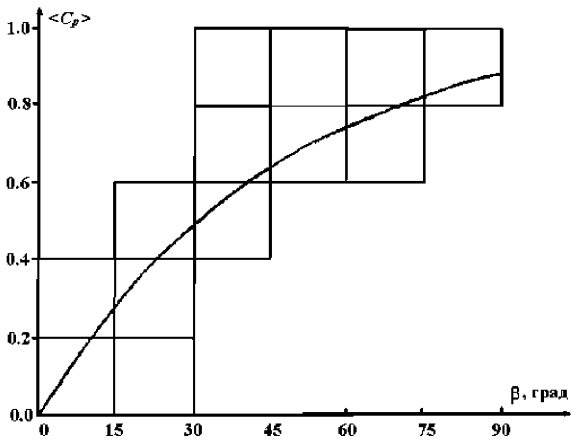


Рисунок Ж.5 – Зависимость коэффициента $< C_p >$ от угла β

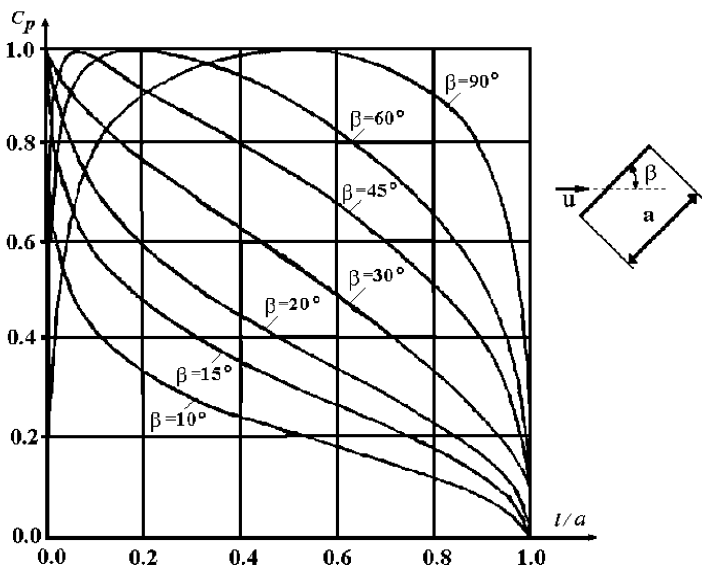


Рисунок Ж.6 – Распределение коэффициента C_p по контуру пластинки

Для прямоугольника с соотношением длины к ширине более 5 (рисунок Ж.3,в) вдоль длинной лобовой стороны C_p определяется по рисунку Ж.4, а среднее значение C_p по рисунку Ж.7. На второй стороне принимается $C_p = 1$.

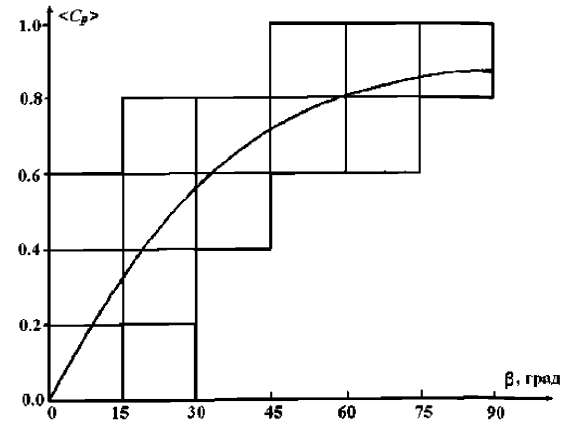


Рисунок Ж.7 – Зависимость коэффициента $< C_p >$ от угла β

Для окружности вдоль каждой ее половины (рисунок Ж.3.г) C_p определяется по рисунку Ж.8.

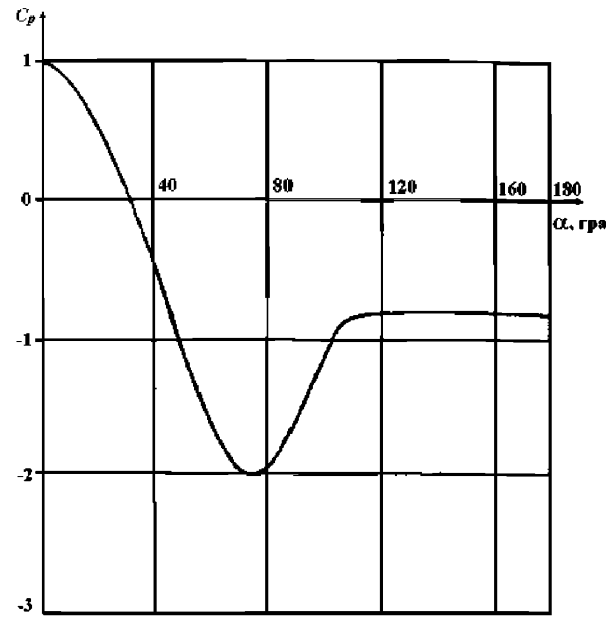


Рисунок Ж.8 – Распределение значений коэффициента C_p по контуру пластинки

Для сооружений, имеющих в плане форму многоугольника, функция C_p определяется следующим образом. Если контур сооружения обращен к потоку выпуклой частью (см. рисунок Ж.3д), функция C_p на этой части контура определяется по графикам

рисунка Ж.7. Если контур сооружения обращен к потоку вогнутой частью (этому случаю соответствует смена направления течения на противоположное, то на этой части контура значение C_p принимается равным 1. На тыльной части контура также $C_p = -1$. Средняя по контуру глубина воды $\langle h_k \rangle$ находится по соотношению

$$\langle h_k \rangle = \begin{cases} h(1 + 0{,}5Fr^2\langle C_p \rangle)f & \text{при } h < H \\ h + 0{,}5Fr^2\langle C_p \rangle Hf & \text{при } h \geq H \end{cases}, \quad (Ж.17)$$

где $\langle C_p \rangle$ – среднее значение функции Cp вдоль контура объекта в плане.

Значение $\langle C_p \rangle$ рассчитывается следующим образом: для круговой формы контура оно равно (–0.79); для прямоугольной и многоугольной формы контура

$$\langle C_p \rangle = \frac{1}{l}\sum_i \langle C_p \rangle_i \cdot b_i, \quad (Ж.18)$$

где i – номер стороны контура объекта;

$\langle C_p \rangle_i$ – среднее значение C_p вдоль i-й стороны;

b_i – длина i-й стороны;

$П = \sum_i b_i$ – периметр контура объекта в плане.

Нагрузка на единицу ширины контура объекта $P_{ст}$ вычисляется по

$$P_{ст} = \begin{cases} 0{,}5\rho g h^2 kf & \text{при } h < H, \\ 0{,}5\rho H(2h_k - H)f & \text{при } h \geq H, \end{cases} \quad (Ж.19)$$

Смещающая сила $F_{хст}$, действующая на объект в направлении течения, составляет

$$F_{x\,ст} = \begin{cases} 0{,}5\rho g h^2 Fr^2 BC_x f_2 & \text{при } h < H, \\ 0{,}5\rho H^2 Fr^2 BC_x f_2 & \text{при } h \geq H, \end{cases} \quad (Ж.20)$$

где значение коэффициента C_X берется из таблицы Ж.1 при $h < H$ и из таблицы Ж.2 при $h \geq H$.

Другие силовые характеристики воздействия квазистационарного потока на объект определяется следующим образом.

Взваливающая сила N, действующая на непроницаемое сооружение рассчитывается по формуле

$$N = \begin{cases} \rho g H S_k & \text{при } h \geq H, \\ \rho g \langle h_k \rangle S_k & \text{при } h < H, \end{cases} \quad (Ж.21)$$

где S_k – площадь контура сооружения в плане.

Если непроницаемое сооружение имеет герметичное основание, то есть. под нижнее покрытие вода не проникает, то выталкивающая сила N равна нулю, взвешивающая сила, действующая на проницаемое сооружение, определяется по соотношению

$$N = \begin{cases} K_\gamma G \langle h_k \rangle / H & \text{при } h \leq H, \\ K_\gamma G & \text{при } h > H, \end{cases} \quad (Ж.22)$$

где G – вес сооружения;

K_γ – коэффициент, равный отношению удельных весов воды и материала сооружения.

Сдвиг сооружения с основания в случае нежесткой их связи произойдет при условии

$$F_x > (G - N) K_{тр}, \quad (Ж.23)$$

где $K_{тр}$ – безразмерный коэффициент трения сооружения по основанию.

Нескрепленное с основанием сооружение всплывает при условии $N>G$. Опрокидывающий момент $M_{опр}$ от воздействия смещений и взвешивающей силы находится по формуле

$$M_{опр} = h_F F_x + 0{,}5 L N, \quad (Ж.24)$$

где L – размер объекта по потоку;

h_F – высота точки приложения силы F_x над основанием сооружения, которая находится по соотношению

$$h_F = \begin{cases} 0{,}5\langle h_k \rangle & \text{при } h < H, \\ 0{,}5H & \text{при } h \geq H. \end{cases} \quad (Ж.25)$$

Ж.1.4 Определение нагрузок от воздействия фронта потока на плохо проницаемые объекты

Нагрузки при воздействии на объект фронта потока в виде языка определяются по следующим зависимостям.

Тангенс среднего угла наклона поверхности фронта tgθ определяется по величине параметра $\eta = 1{,}1 \cdot 10^3 \cdot n^3 / C_{фр}$.

Распределение давления P по высоте z i-й лобовой грани сооружения при

$0 \leq z \leq C_{фр}(3 - \text{tg}\theta) \cdot \text{tg}\theta \cdot t$ и $0 < t < t_{max}$

находятся по формуле

$$P = 0.5\rho C_{фр}^2 exp(1.4\ \text{tg}\theta)[1 - \frac{z^2}{C_{фр}^2(3-\text{tg}\theta)^2\,\text{tg}^2\theta \cdot t^2}](1 - t/t_{max}) sin^2\beta_i + \rho g(C_{фр}\text{tg}\theta\ t - z)_+, \quad (Ж.26)$$

где t – время,

t_{max} – момент времени наибольшего поднятия уровня воды перед сооружением,

βi – угол между направлением распространения фронта $C_{фр}$ и i-й лобовой гранью объекта.

Индекс “+” означает, что второй член суммы в этой формуле обращается в нуль при

$$z \geq C_{фр} \cdot \text{tg}\theta \cdot t. \quad (Ж.27)$$

Нагрузка на каждый метр ширины i лобовой грани сооружения P находится из выражения

$$P = (1/3)\rho C_{\text{фр}}^3 exp(1.4\,\text{tg}\theta)t\text{tg}\theta(3 - \text{tg}\theta)t(1 - t/t_{max})fsin^2\beta_i + 0.5\rho g C_{\text{фр}}^2 \text{tg}^2\theta \cdot t^2 f. \quad (Ж.28)$$

Смещающая сила, действующая на объект призматической формы F_x, вычисляется по формуле

$$F_x = \sum_i p_i\, a_i\, sin\, \beta_i, \quad (Ж.29)$$

где a_i – ширина i-й лобовой грани.

Для объекта цилиндрической формы смещающая сила находится по формуле

$$F_x = 0.22\rho C_{\text{фр}}^3 exp(1.4\,\text{tg}\theta)Bf\text{tg}\theta(3 - \text{tg}\theta)t\left(1 - \frac{t}{t_{max}}\right) + 0.5\rho g C_{\text{фр}}^2 Bf\text{tg}^2\theta \cdot t^2 \quad , (Ж.30)$$

где B – ширина миделевого сечения объекта.

Смещающая сила при воздействии на объект фронта потока в вид языка достигает максимума в момент времени, приблизительно равный

$$t = 0{,}75\, t_{\text{max}}. \quad (Ж.31)$$

Нагрузки при воздействии на объект фронта потока в виде бора определяются следующим образом.

Глубина воды в боре h_1 находится по формуле

$$h_1 = \sqrt{0.25h_0^2 + 2h_0 C_{\text{фр}}^2/\text{g}} - 0.5h_0. \quad (Ж.32)$$

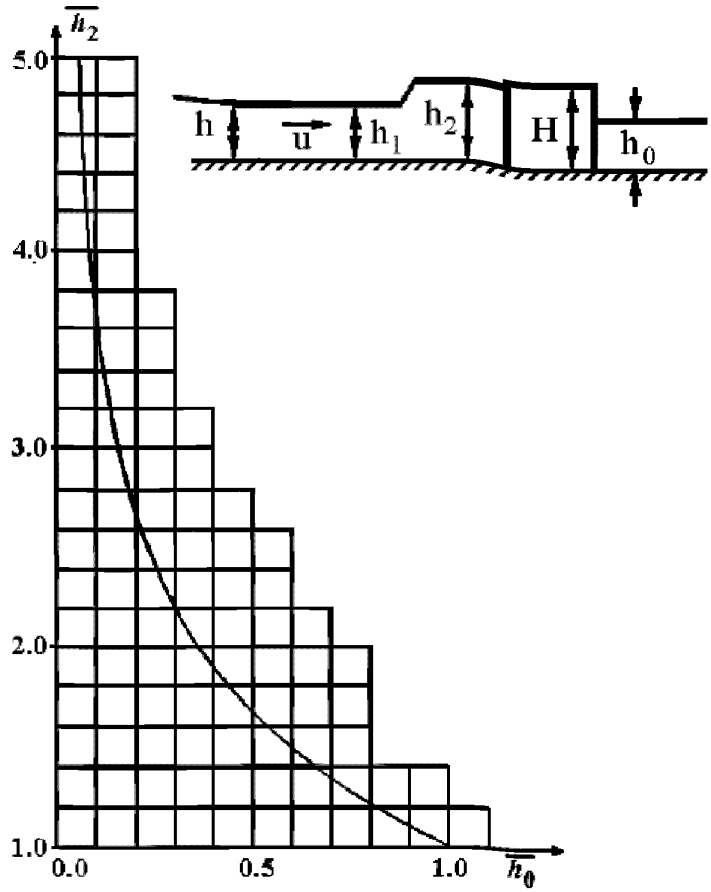


Рисунок Ж.9 – График значений h_2 в зависимости от h_0

Давление на лобовой грани объекта при воздействии бора P вычисляется из соотношения

$$P = \rho g\,(h_{\text{отр}} - z), \qquad \text{(Ж.33)}$$

где $h_{\text{отр}}$ – уровень, возникший в результате удара бора, определяемый по рисунку Ж.9, в относительных единицах он равен h_2.

Величина смещающей силы F_x находится по формуле

$$F_x = 0.5\rho g h_{\text{отр}}^2 B f. \qquad \text{(Ж.34)}$$

Длительность воздействия бора t_*, в течение которой нагрузки линейно по времени переходят к их значениям в стадии квазистационарного обтекания, определяется по соотношению

$$t_* = B/\sqrt{g h_{\text{отр}}}. \qquad (71)$$

Приложение И
ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА МОРСКИХ ГТС НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ЦУНАМИ

Расчет морских гидротехнических сооружений, а также их конструктивных элементов и оснований на воздействие цунами следует выполнять по методу предельных состояний. В соответствии с нормами установлены две группы предельных состояний.

Первая группа предельных состояний (по потере несущей способности или полной непригодности к эксплуатации конструкций или оснований) – расчеты прочности, устойчивости и выносливости; вторая группа предельных состояний (затрудняющих нормальную эксплуатацию конструкций или оснований) – расчеты деформаций в результате осадок, прогибов, кренов, горизонтальных перемещений, расчеты по образованию или раскрытию трещин.

По первой группе предельных состояний (по несущей способности) рассчитываются:

- общая устойчивость сооружений и подпричальных откосов по глубинному сдвигу;

- устойчивость по схеме плоского сдвига, по швам массивовой кладки, по постели и совместно с ней, а также на сдвиг надстройки, если последняя не замоноличена с основной конструкцией стенки, и на опрокидывание (поворот) вокруг ребра вращения для сооружений гравитационного типа;

- устойчивость на поворот лицевой стенки больверков относительно точки крепления анкера при свободном опирании низа стенки или частичном ее защемлении;

- устойчивость массива грунта, находящегося перед анкерными стенками или анкерными плитами и обеспечивающего анкерное крепление конструкции;

- несущая способность (прочность и устойчивость) конструктивных элементов причальных сооружений и их оснований;

- несущая способность свай и свай-оболочек по грунту.

По второй группе предельных состояний (по деформациям и трещиностойкости) рассчитываются:

- вертикальные осадки, горизонтальные перемещения и углы поворота, допускаемые прогибы пролетных строений;

- железобетонные конструкции по образованию, раскрытию и закрытию трещин.

При расчетах гидротехнических сооружений, их конструкций и оснований надлежит соблюдать следующее условие, обеспечивающее недопущение наступления предельных состояний:

$$\gamma_{lc} F \le \frac{\gamma_c}{\gamma_п} R, \qquad (И.1)$$

где γ_{lc} – коэффициент сочетаний нагрузок, принимаемый равным: при расчетах по предельным состояниям первой группы – 0,90, при расчетах по предельным состояниям второй группы – 1,0;

F – расчетное значение обобщенного силового воздействия (сила, момент, напряжение), деформации или другого параметра, по которому производится оценка предельного состояния;

R – расчетное значение обобщенной несущей способности, деформации или другого параметра, устанавливаемого нормами проектирования;

γ_c – коэффициент условий работы, учитывающий тип сооружения, конструкции или основания, вид материала, приближенность расчетных схем, вид предельного состояния и другие факторы, принимаемый:

- для причальных и берегоукрепительных сооружений 1,15;
- для анкерных тяг 1,0;
- для откосов 1,0;

$\gamma_п$ – коэффициент надежности по ответственности (назначению) сооружения, учитывающий капитальность и значимость последствий при наступлении тех или иных предельных состояний; при расчетах по предельным состояниям первой группы принимается для класса сооружений:

I класс	1,25
II класс	1,20
III класс	1,15
IV класс	1,10

при расчетах по предельным состояниям второй группы $\gamma_п$ следует принимать равным 1,0;

при расчете устойчивости естественных склонов $\gamma_п$ следует принимать как для класса рядом расположенного проектируемого сооружения.

При расчете морских гидротехнических сооружений следует принимать расчетные значения действующих эксплуатационных нагрузок, которые определяются умножением нормативного значения нагрузки на соответствующий коэффициент надежности по нагрузке γ_f.

Значения нагрузок следует определять в соответствии с указаниями СП 58.13330, СП 38.13330, СП 20.13330, СП 350.1326000 и РД 31.31.55-93.

Расчеты гидротехнических сооружений, их конструкций и оснований по предельным состояниям второй группы следует производить с коэффициентом надежности по нагрузке γ_f, а также с коэффициентами надежности по материалам $\gamma_т$ и грунтам γ_g, равными 1,0, за исключением случаев, которые установлены в СП на проектирование отдельных видов гидротехнических сооружений, их конструкций и оснований.

Расчет оградительных сооружений всех типов и причальных сооружений сквозного типа следует выполнять на воздействие:

- необрушенной волны по методике, изложенной в *разделе 7 СП*;

- обрушенной волны по методике, изложенной в *разделе 7 СП*, либо по методике И.Н. Робертсона, изложенной в работе [47]. Расчет ГТС в режиме квазистационарного обтекания необходимо производить с учетом коэффициента динамичности, равного двум [46].

Схема нагрузок от воздействия бора по методике Робертсона, представлена на рисунке И.1.

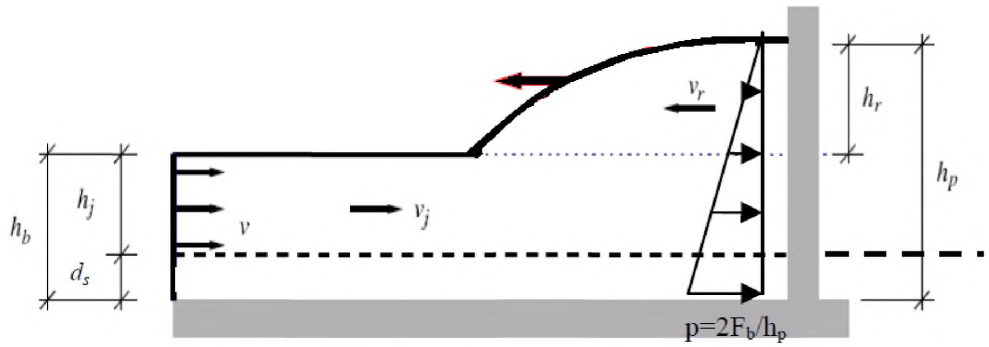


Рисунок И.1. Схема воздействия бора на вертикальную стенку по методике, изложенной в работе [47]

Давление бора p на вертикальную стенку определяется по формуле (И.2)

$$p = 2F_b / h_p, \qquad (И.2)$$

где F_b – равнодействующая давления бора с учетом отражения, определяемая по формуле (И.2)

$$F_b = \rho\left(\frac{1}{2}gh_b^2 + h_j v_j^2 + g^{\frac{1}{3}}(h_j v_j)^{\frac{4}{3}}\right), \qquad (И.3)$$

ρ – плотность воды;

$h_b = d_s + h_j$ – глубина воды перед фронтом бора;

d_s – глубина воды у сооружения;

h_j – высота бора;

v_j – скорость во фронте бора;

$h_p = h_b + h_r$ – глубина воды перед стенкой с учетом отражения,

$$h_r = g^{-\frac{1}{3}}(h_j v_j)^{\frac{2}{3}}. \qquad (И.4)$$

Расчет причальных и берегоукрепительных сооружений, воспринимающих распорное давление грунта, следует выполнять на воздействие нагрузок от дополнительного гидростатического давления, обусловленного понижением уровня воды на акватории на удвоенную величину вертикального заплеска и волнового давления, направленного в сторону моря (определяется экспериментально).

И.1.1 Пример

Требуется определить нагрузку от воздействия обрушенной волны на оградительный мол из массивов-гигантов, представленный на рисунке И.2, и проверить устойчивость сооружения на плоский сдвиг по подошве.

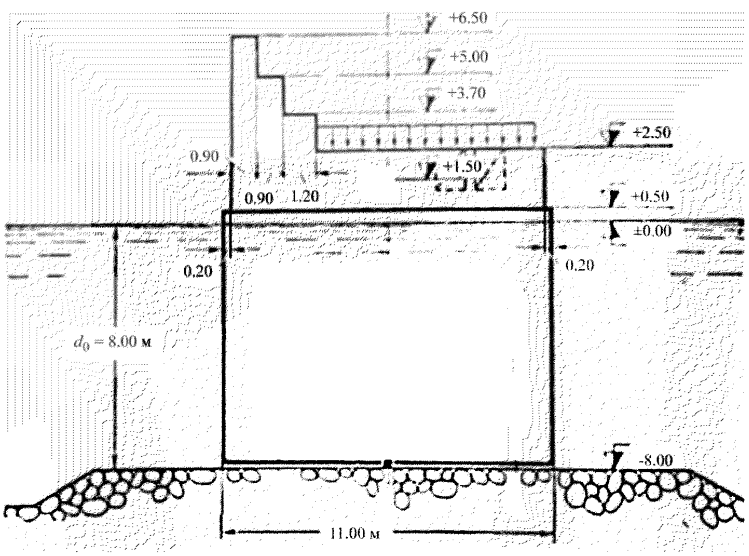


Рисунок И.2 – Поперечное сечение оградительного сооружения

Сооружение представляет собой жесткую конструкцию, состоящую из железобетонных массивов-гигантов, заполненных грунтом (между отметками –8,00 и +0,50), бетонной надводной стенки (между отметками +0,50 и +2,50) и бетонного парапета (от +2,50 до +6,50). Плотность массива с заполнением составляет 2,1 т/м^3, бетонных элементов – 2,3 т/м^3. Начальный модуль упругости бетона принят равным $E_b = 3 \cdot 10^4$ МПа, коэффициент Пуассона 0,2.

Основанием сооружения является каменная постель толщиной 2 м на песчаных грунтах средней плотности (с включением ракуши, гравия). Статический модуль общей деформации основания $E_{ст}$ = 40 МПа, коэффициент Пуассона 0.3. Динамический модуль деформации $E_{дин} = 3E_{ст} = 120$ МПа.

В качестве исходных данных по воздействию принята высота фронта бора до подхода к стенке $h_j = 3$ м.

Модальный анализ системы «грунт-сооружение» был выполнен по программе «Зенит-95», реализующей метод конечных элементов в перемещениях. Размер массива грунта, взаимодействующего с сооружением, принят равным 41×14 м. В расчетной схеме при определении частот собственных колебаний учитывалась распределенная по поверхности надстройки масса интенсивностью 2 т/м^2 и присоединенная масса воды на контакте с вертикальными напорными гранями сооружения. Форма собственных колебаний сооружения по низшему тону представлена на рисунке И.3.

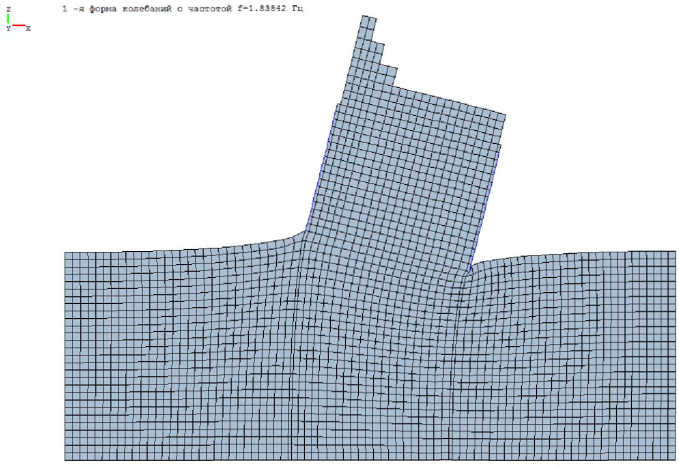


Рисунок И.3 – Первая форма собственных колебаний (период $\tau = 0{,}544$ с)

Определение максимального значения волновой нагрузки на неподвижную преграду выполнено по методике, разработанной институтом ОМАЕ. Схема взаимодействия бора со стенкой представлена на рисунке И.4.

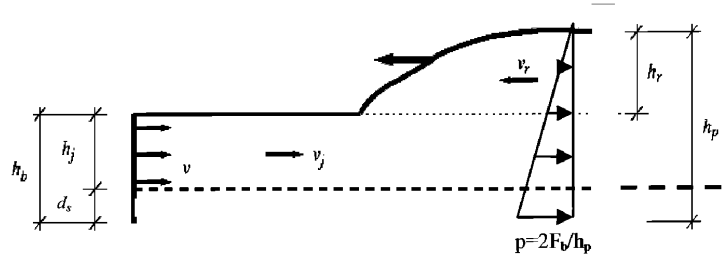


Рисунок И.4 – Схема взаимодействия бора со стенкой

Глубина воды после подходящего фронта бора $h_b = d_s + h_j$=3+8=11 м.

Скорость потока бора $v_j = \sqrt{gh_b} = \sqrt{9.81 \cdot 11}$=10.39 м/с.

Суммарная волновая нагрузка на 1 п. м сооружения без учета перелива составит

$$F_b = \rho\left(\frac{1}{2}gh_b^2 + h_j v_j^2 + g^{\frac{1}{3}}\left(h_j v_j\right)^{\frac{4}{3}}\right) = 1000\left(\frac{1}{2}9.81 \cdot 11^2 + 3 \cdot 10.39^2 + 9.81^{\frac{1}{3}}\left(3 \cdot 10.39\right)^{\frac{4}{3}}\right) = 1.127 \cdot 10^6 \text{ Н/м.}$$

Подъем воды у стенки после отражения бора

$$h_r = g^{\frac{-1}{3}}\left(h_j v_j\right)^{\frac{4}{3}} = 9{,}81^{\frac{-1}{3}}\left(3 \cdot 10{,}39\right)^{\frac{4}{3}} = 4.63 \text{м.}$$

Глубина воды у стенки после отражения бора $h_p = h_b + h_r = 11 + 4{,}63 = 15{,}63$ м.

Максимальное давление на уровне дна $p = 2F_b / h_p = 2 \cdot 1.127 \cdot 10^6 / 15.63 = 1.443 \cdot 10^5$ Па.

Т. к. высота сооружения над уровнем дна составляет 8 + 6,5 = 14,5 м, что меньше величины h_p = 15,63 м, имеет место перелив на величину Δ = 15,63 – 14,5 = 1,13 м.

Ордината эпюры давления на уровне верха сооружения составит

$$p\Delta/h_p = 1.443 \cdot 10^5 \cdot 1.13/15.63 = 1.043 \cdot 10^4 \text{ Па.}$$

Суммарная волновая нагрузка на 1 п. м сооружения с учетом перелива составит

$$F = P_{xc} = \frac{1.443 \cdot 10^5 + 1.043 \cdot 10^4}{2} 14.5 = 1.121 \cdot 10^6 \text{ Н/м.}$$

Постель, на которой расположен мол, считается проницаемой. Равнодействующая взвешивающего гидродинамического давления при ширине подошвы сооружения b = 11 м составит

$$P_{zc} = bp/2 = 11 \cdot 1.443 \cdot 10^5/2 = 7.93476 \cdot 10^5 \text{ Н/м} = 793.48 \text{ кН/м.}$$

Вес Q^* расчетного участка мола с учетом гидростатического взвешивания составляет 1780.52 кН/м.

При значении коэффициента трения бетонной подошвы по камню f=0.6 удерживающая сила на сдвиг составляет

$$R = (Q^* - P_{zc})f = (1780{,}52 - 793{,}48)\cdot 0{,}6 = 592{,}22 \text{ кН/м}.$$

Время нарастания нагрузки при ударе бора t^* принято равным 0,5 с.

При значении периода собственных колебаний сооружения τ = 0,544 с отношение $\tau/(2t^*)$ = 0,544/(2·0,5) = 0,544. Сдвигающая сила с учетом коэффициента динамичности K_d= 1,78 (принят по графику на рисунке И.5) составляет $F = F_{max}K_d$ = = 1121·1,78 = 1995,38 кН/м > R. Условие устойчивости не выполняется.

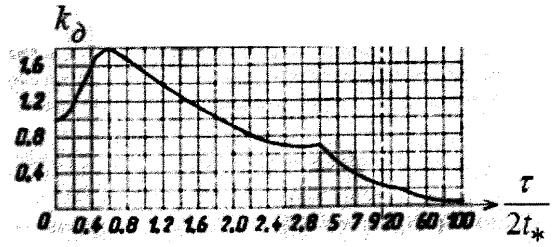


Рисунок И.5 – График для определения коэффициента динамичности:

t_* – время действия фронта бора, τ – период собственных колебаний сооружения

И.1.2.Пример

Требуется определить нагрузку от воздействия необрушенной волны высотой h = 1,2 м на оградительный мол из массивов-гигантов, представленный на рисунке 1, и проверить устойчивость сооружения на плоский сдвиг по подошве.

Возвышение η_c, м, свободной поверхности при максимальном значении волнового давления на уровне спокойного горизонта воды *по формуле (7.2) СП* при коэффициенте k_c = 0,9, принимаемом по графику на рисунке И.6 (при h/d = 1,2/8 = 0,15) составит

$$\eta_c = 2k_c h = 2\cdot 0{,}9\cdot 1{,}2 = 2{,}16 \text{ м}.$$

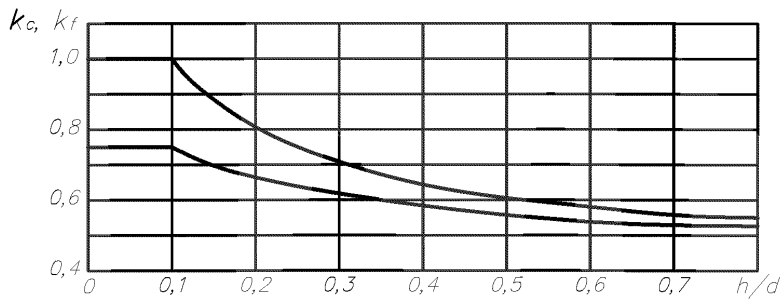


Рисунок И.6 – Графики значений коэффициентов k_c, k_f

Горизонтальная P_{xc} и вертикальная P_{zc} удельные нагрузки от волны, кН/м, определяются по эпюре волнового давления (рисунок И.7).

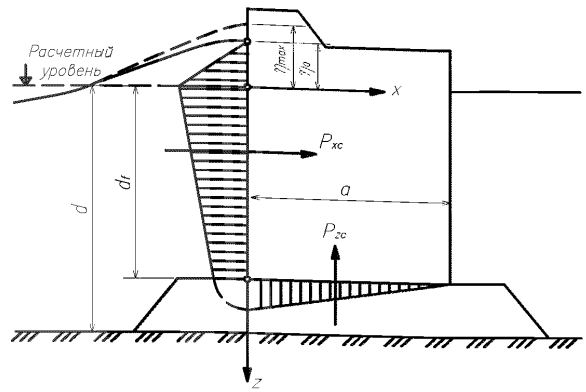


Рисунок И.7 – Эпюра давления гравитационной волны на вертикальную стенку

Величина давления p, кПа, на уровне z, м, определяется по формулам (*7.3*)–(*7.5*) *СП*.

При $z = -\eta_c = -2{,}16$ м $p = 0$.

При $z = 0$ $p = \rho g \eta_c = 1 \cdot 9{,}81 \cdot 2{,}16 = 21{,}19$ кПа.

При $z = d_f = 8$ м $p = 2k_f \rho g h = 2 \cdot 0{,}7 \cdot 1 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}2 = 16{,}481$ кПа.

Здесь $\rho = 1$ т/м^3 – плотность воды, $k_f = 0{,}7$ – коэффициент, принимаемый по графику на рисунке И.6.

Равнодействующая волнового давления на один погонный метр мола составит $P_{xc} = (2{,}16 \cdot 21{,}19 + (21{,}19 + 16{,}48)8)/2 = 173{,}57$ кН/м.

Равнодействующая взвешивающего гидродинамического давления при ширине подошвы сооружения $b = 11$ м составит $P_{zc} = bp/2 = 11 \cdot 16{,}481/2 = 90{,}65$ кН/м.

Вес Q^* расчетного участка мола с учетом гидростатического взвешивания составляет 1780,52 кН/м.

При значении коэффициента трения бетонной подошвы по камню $f = 0.6$ удерживающая сила на сдвиг составляет

$$R = (Q^* - P_{zc})f = (1780{,}52 - 90{,}65) \cdot 0{,}6 = 1013{,}92 \text{ кН/м}.$$

Сдвигающая сила составляет $F = P_{xc} = 173{,}57$ кН/м $< R$. Условие устойчивости на сдвиг выполняется.

Ж.1.3 Пример

Требуется определить нагрузку от воздействия необрушенной волны высотой $h = 1{,}2$ м на сквозное причальное сооружение, представленное на рисунке И.8, и определить усилия в сваях.

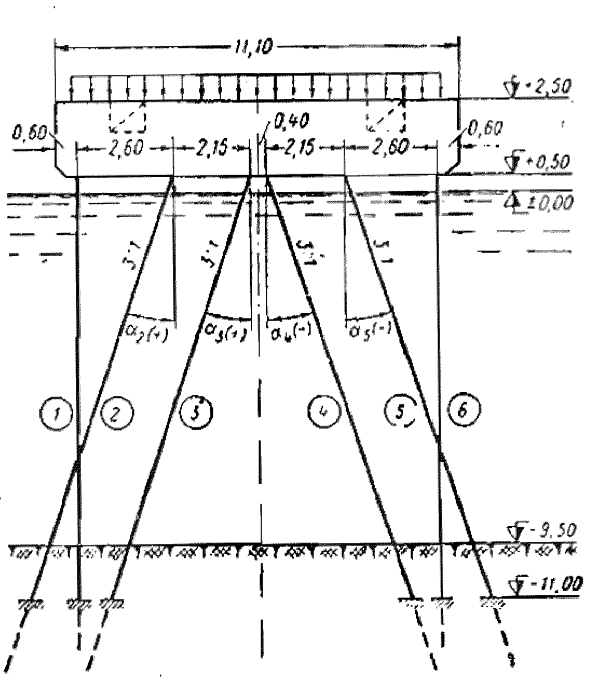


Рисунок И.8 – Поперечное сечение сквозного причального сооружения

Ширина расчетного участка причала, включающего шесть железобетонных свай сечением 450×450 мм, составляет 6 м (рисунок И.8). Масса верхнего строения расчетного участка составляет 205 т. Модуль упругости железобетона принят равным 35000 МПа. Отметка кордона – плюс 2,5 м, низа ростверка – плюс 0,5 м, дна – минус 9,5 м. Сваи считаются условно защемленными в основании на отметке минус 11 м. Ширина ростверка в поперечном к оси причала направлении составляет 11,1 м. Заделка свай в ростверк предполагается жесткой. Предполагается равенство нулю горизонтальных перемещений ростверка вдоль оси мола (по направлению *Y*).

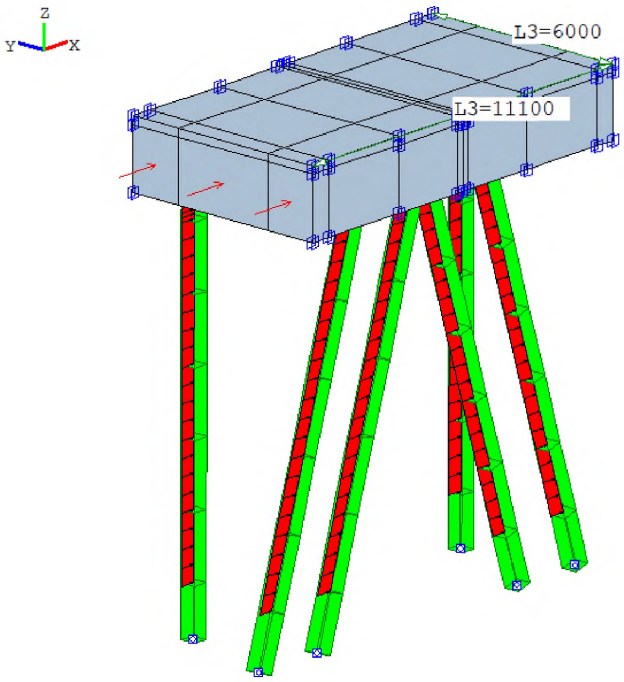


Рисунок И.8 – Расчетная схема фрагмента причального сооружения

Возвышение η_c, м, свободной поверхности при максимальном значении волнового давления на уровне спокойного горизонта воды по *формуле* (*7.2*) *СП* при коэффициенте $k_c = 0{,}95$, принимаемом по графику на *рисунке 7.1 СП* (при h/d = 1,2/9,5 = 0.26) $\eta_c = 2k_c h =$ $= 2 \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}2 = 2{,}28$ м. Скорость потока $u = (g(d + h))^{1/2} = (9{,}81(9{,}5 + 1{,}2))^{1/2} = 10{,}245$ м/с. Смоченная площадь ростверка $S = 1{,}78 \cdot 6 = 10{,}68$ м^2. Нагрузка на верхнее строение согласно *формуле* (*7.14*) *СП* составит $Q = \rho u^2 S/2 = 1 \cdot 10{,}254^2 \cdot 10{,}68/2 = 560{,}487$ кН, где $\rho = 1$ т/м^3 – плотность воды. Давление на ростверк составит 560,487/10,68 = 52,48 кПа.

Нагрузка на одну опору по *формуле* (*7.10*) *СП* составит $Q = C_x \rho u^2 S_0/2 = 2 \cdot 1 \cdot 10{,}254^2 \cdot 0{,}45 \cdot 10/2 = 473{,}15$ кН, где $C_x = 2$ – коэффициент лобового сопротивления, принимаемый по *таблице 7.2 СП*, S_0 – смоченная площадь грани сваи в направлении потока. Распределенная нагрузка на сваю составит 473,15/10 = 47,32 кН/м.

Присоединенная масса воды принята равной массе воды в объеме единицы длины сваи, что составляет на одну сваю 206 кг/м.

Форма собственных колебаний сооружения по низшему тону представлена на рисунке И.9.

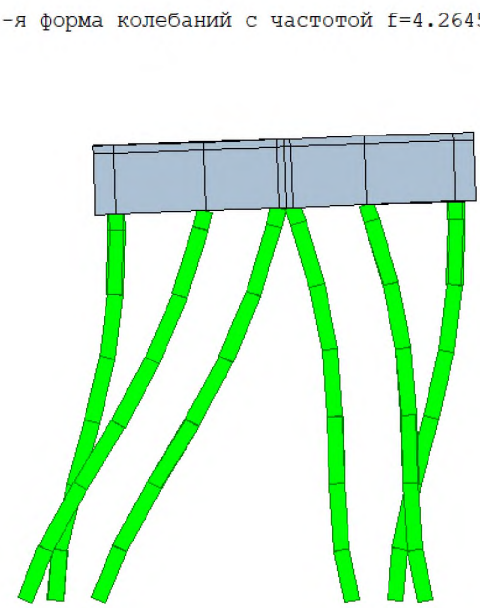


Рисунок И.9 – Первая форма собственных колебаний (период 0,234 с)

Период собственных колебаний по первой форме составляет 0,234 с, что существенно меньше периода необрушенной волны. Это обстоятельство позволяет не учитывать динамический характер приложения нагрузки.

На рисунках И.10–И.12 показаны усилия в сваях при совместном действии на сооружение нагрузки от собственного веса и цунами.

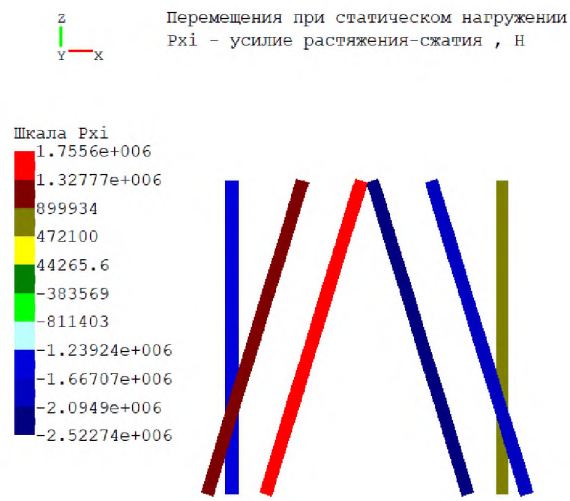


Рисунок И.10 – Значения продольных сил в сваях

Перемещения при статическом нагружении
Pzi - перерезывающая сила по оси oz ЛСК в узле
Амплитудное значение = 254795 Н

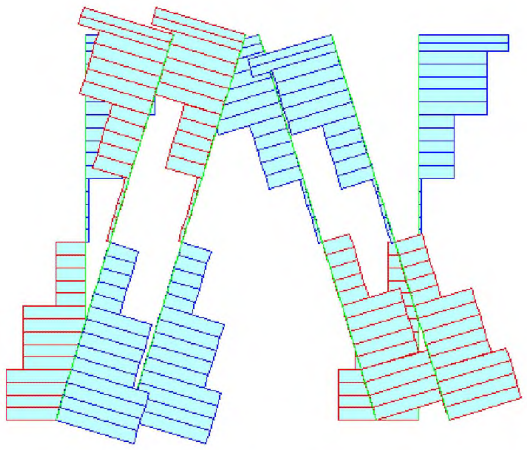


Рисунок И.11 – Эпюры поперечных сил в сваях

Перемещения при статическом нагружении
Myi - изгибающий момент в узле i стержня
Амплитудное значение = 575972 Н*м

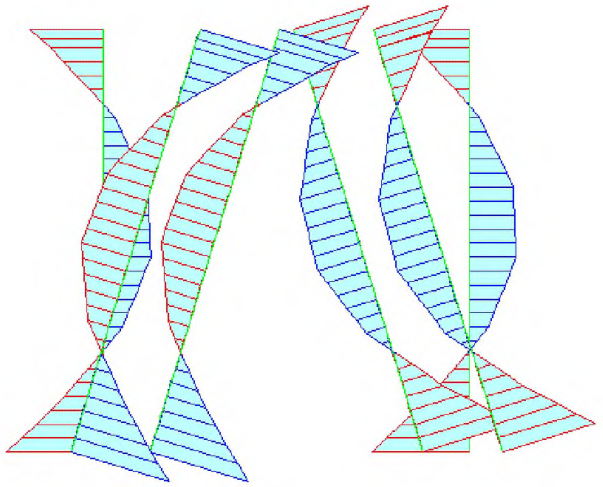


Рисунок И.12 – Эпюры изгибающих моментов в сваях

Максимальное значение горизонтального перемещения сооружения составило 31 мм (рисунок И.13).

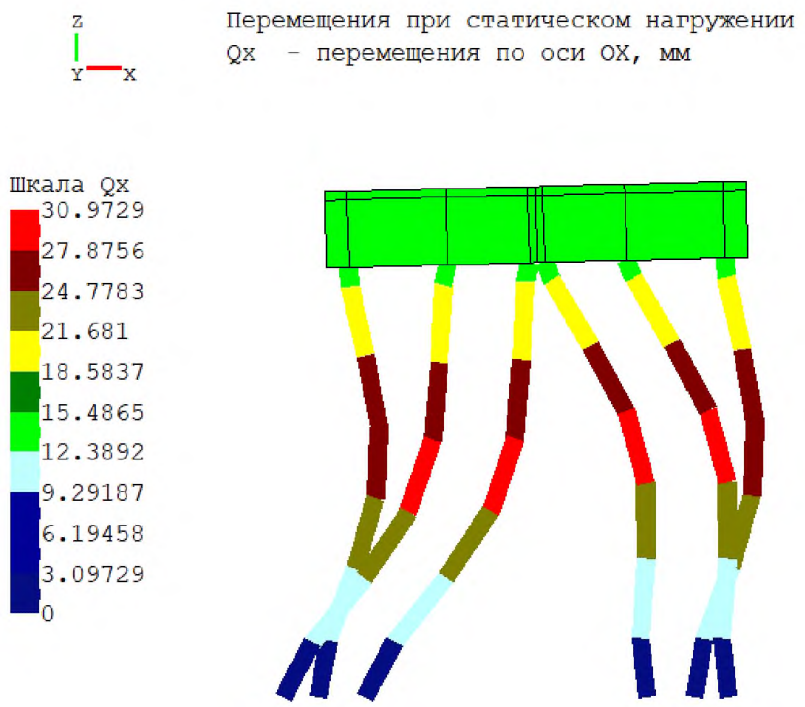


Рисунок И.13 – Значения горизонтальных перемещен

Приложение К

ТАБЛИЦЫ ШЕРОХОВАТОСТИ ДНА И СКОРОСТЕЙ ПОТОКА ДЛЯ РАЗМЫВА ГРУНТА

Таблица К.1 – Значения коэффициентов шероховатости для русловых потоков с различным дном и берегами

Градиция	Характеристика русла	Значения коэффициентов шероховатости		
		минимальные	максимальные	средние
1	Естественные земляные, русла. Прямолинейные, устойчивые, чистые. Берега задернованы с отдельными кустарниками. Грунт песчано-илистый	0,020	0,025	0,022
2	Умеренно-извилистые, слабо размываемые. Водная растительность практически отсутствует. Берега крутые, суглинистые, покрыты кустарниками. Грунт песчано-галечный или песчано-каменистый, встречаются отдельные (редкие) валуны	0,026	0,032	0, 030
3	Слабоизвилистые. Неустойчивые. У берегов слабо зарастают. Берега обрывистые, покрыты редким кустарником и отдельными деревьями. Грунт каменисто-галечный	0,033	0,037	0,035
4	Извилистые, деформируемые. Зарастают водной растительностью. Берега покрыты кустарником и травой. Грунт песчано-галечный	0,038	0,044	0,040
5	Извилистые, деформируемые. Зарастают водной растительностью. Берега, сильно заросшие кустарником, лесом, местами размываемые. Грунт песчаный, каменистый	0,045	0,055	0,050
6	Извилистые, деформируемые. Русла заросшие, засоренные. Берега сложены из торфянистых и суглинистых грунтов, поросшие кустарником, лесом, задернованы. Грунт песчано-илистый	0,058	0,062	0,060
7	Значительно заросшие, засоренные топляком, деформируемые, меандрирующие. Берега невысокие, обрывистые, заросшие. Слабое течение. Грунт песчаный, илистый	0,065	0,090	0,080

Таблица К.2 – Коэффициенты шероховатости при прохождении воды сквозь искусственное сооружение

Описание водотока и поверхности	Коэффициент n при состоянии поверхности		
	хорошем	среднем	плохом
Трубы			
Поверхность из цементного раствора	0,011	0,013	0,015
Бетонная необработанная поверхность, выполненная в опалубке: стальной	0,012	0,013	0,014
гладкой деревянной	0,012	0,014	0,016
негладкой деревянной	0,015	0,017	0,020
Кирпичная кладка, покрытая цементным раствором	0,012	0,015	0,017
Бутовая кладка на цементном растворе	0,018	0,025	0,030
Открытые искусственные русла			
Стальная неокрашенная поверхность	0,011	0,012	0,014
Стальная рифленая поверхность	0,021	0,025	0,030
Бетонная затертая поверхность	0,011	0,013	0,015
Бетонная поверхность, затертая мастерком	0,013	0,015	0,016
То же с гравием на дне	0,015	0,017	0,020
Бетонная неотделанная поверхность	0,014	0,017	0,020
Торкрет: хорошо уложенный	0,016	0,019	0,023
Торкрет, имеющий волнистую поверхность	0,018	0,022	0,025
Мощение:			
из булыжного камня	0,020	0,022	0,027
из ровного камня	0,022	0,027	0,030
Земляные канавы правильной формы в плотном лессе или мелком гравии с илистым дном	0,017	0,018	-
То же, в лессе или гравии с илистой пленкой	0,017	0,020	0,025
Канавы в галечнике	0,025	0,030	0,033
Земляные канавы неправильной формы (с отвалами) заросшие, каменная наброска	0,027	0,030	0,035
Канавы с земляным дном и одернованными или сложенными сухой кладкой откосами	0,028	0,033	0,035
Канавы с одернованными откосами и мощеным дном	0,025	0,035	0,040

Таблица К.3 – Скорость потока и размыва грунта

Наименование грунтов	Размеры частиц грунтов, мм	Скорость при средней глубине потока, м				
Пыль и ил с мелким песком; растительная земля	0,005–0,05	0,15–0,2	0,2–0,3	0,25–0,4	0,3–0,45	0,4–0,55
Песок:						
мелкий с примесью среднего	0,05–0,25	0,2–0,35	0,3–0,45	0,4–0,55	0,45–0,6	0,55–0,7
мелкий с глиной; средний с примесью крупного	0,25–1	0,35–0,5	0,45–0,6	0,55–0,7	0,6–0,75	0,7–0,85
крупный с примесью гравия; среднезернистый с глиной	1–2,5	0,5–0,65	0,60–0,75	0,7–0,8	0,75–0,9	0,85–1
Гравий:						
мелкий с примесью среднего	2,5–5	0,65–0,8	0,75–0,85	0,8–1	0,9–1,1	1–1,2
крупный с песком и мелким гравием	5–10	0,8–0,9	0,85–1,05	1–1,15	1–1,3	1,2–1,45
Галька:						
мелкая с песком и гравием	10–15	0,9–1,1	1,05–1,2	1,15–1,35	1,3–1,5	1,45–1,65
средняя с песком и гравием	15–25	1,1–1,25	1,2–1,45	1,35–1,65	1,5–1,85	1,65–2
крупная с примесью гравия	25–40	1,25–1,5	1,45–1,85	1,6..–2,1	1,85–2,3	2–2,45
Булыжник:						
мелкий с гравием	40–75	1,5–2	1,85–2,4	2,1–2,75	2,3–3,1	2,45–3,3
средний с галькой	75–100	2–2,45	2,4–2,8	2,75–3,2	3,1–3,5	3,3– 3,8
средний с примесью крупного, крупный с мелкими примесями	100–150	2,45–3	2,8–3,35	3,2–3,75	3,5–4,1	3,8–4,4
крупный с примесью мелких валунов и гальки	150–200	3–3,5	3,35–3,8	3,75–4,3	4,1–4,65	4,4–5
Валуны:						
мелкие с примесью гальки	200–300	3,5–3,85	4,3–4,35	4,3–4,7	4,65–4,9	5–5,5
средние с примесью булыжника	300–400		4,35–4,75	4,7–4,95	4,9–5,3	5,5–5,6
особо крупные и более	400–500			4,95–5,35	5,3–5,5	5,6–6

Примечания:

1. Нижние пределы скоростей течения соответствуют нижним пределам размеров частиц грунта, а верхние - верхним.

2. Приводимые в таблице допускаемые средние в сечении скорости течения воды получены в предположении, что содержание в воде коллоидных наносов (с фракциями размером менее 0,005^^) при однородных несвязных грунтах дна не превосходит 0,1% по весу. При большем содержании коллоидных наносов значения допускаемых скоростей могут быть повышены (при соответствующем обосновании).

3. Для неоднородных несвязных грунтов допускаемые скорости принимаются как для однородного грунта с размером фракции, равным средневзвешенному размеру фракций неоднородного грунта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 *Соловьев С.Л.* Каталог цунами на западном побережье Тихого океана (1737–1968 гг.) / С.Л. Соловьев, Го Чан Нам.: М.: Наука, 1974. 308 с.

2 *Соловьев С.Л.* Основные данные о цунами на Тихоокеанском побережье СССР, 1737–1976 гг. // Изучение цунами в открытом океане. – М., 1978. – С. 61–136.

3 *Соловьев С.Л., Го Ч.Н., Ким Х.С.* Каталог цунами в Тихом океане, 1969–1982 гг. – М., 1986.– 164 с/

4 *Houston, J. R., and A. W. Garcia*, 1978: Type 16 flood insurance study: Tsunami predictions for the West Coast of the continental United States. USACE Waterways Experimental Station Tech. Rep. H–78–26, 67 pp.

5 *Шевченко Г.В., Файн А.В., Рабинович А.Б., Мансуров Р.Н.* Оценка экстремальных колебаний уровня моря в районе устья реки Тымь // Природные катастрофы и стихийные бедствия в Дальневосточном регионе. Владивосток: ДВО АН СССР. – 1990. С.253–276.

6 *Pugh D.T., Vassie J.M.* Extreme sea levels from tide and surge probability // Proc. 16th Coast. Eng. Conf. Hamburg. – 1979. Vol.1. P. 911–930.

7 *Rabinovich A.B., Shevchenko G.V., Sokolova S.E.* An estimation of extreme sea levels in the northern part of the Sea of Japan // La mer. – 1992. Vol. 30. P.179–190.

8 *Shevchenko G., and Ivelskaya T.* Estimation of extreme sea levels for the Russian coasts of the Kuril Islands and the Sea of Okhotsk// Pure and Applied Geophys. – 2015. Vol. 172. – P. 3537–3555.

9 *Шевченко Г.В.* О влиянии прилива на формирование опасных подъемов уровня на побережье Охотского моря и прилегающих районов при цунами и штормовых нагонах//Океанология. 2017. Том 57, №5. С.690–701.

10 *Mofjeld, H.O., González, F.I., Titov, V.V., Venturato, A.J. and Newman, J.C.* (2007). Effect of tides on maximum tsunami wave heights: probability distributions. Atmosph. Oceanic Techn., Vol. 24. P. 117–123.

11 Tsunami Mitigation Committee

gost.e-ecolog.ru)

12 *Ocakoglu.* Investigation of Fethiye–Marmaris Bay (SW Anatolia): seismic and morphologic evidences from the missing link between the Pliny Trench and the Fethiye–Burdur Fault Zone. // Geomarine Letters. 2012. V.32. P. 17–28.

13 *Okada Y.* Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space. // Bulletin of the Seismological Society of America. 1985. V. 75(4). P. 135 – 1154.

14 *Кантаржи И.Г., Шунько Н.В.* Экспериментальные исследования защитной наброски откосов портовых сооружений // Гидротехническое строительство. 2016. № 10. С. 10–18.

15 *Altinok Y, Alpar B, Ozer N, Gazioglu C.* Revision of the tsunami catalogue affecting turkish coasts and surrounding regions. // Nat Hazards Earth Syst Sci. 2011. V.11. P.273–291

16 *Guler H.G., Arikawa T., Oei T., Yalciner A.C.* Performance of rubble mound breakwaters under tsunami attack, a case study: Haydarpaşa port. Istanbul, Turkey. 2015.

17 *Ayca A.* Development of a Web GIS–based tsunami inundation mapping service; a case study for Marmara Sea Region, Master of Science Thesis,METU, Department of Civil Engineering, Ocean Engineering Research Center, Ankara, Turkey. 2012

18 *OYO, IMM.* Simulation and Vulnerability Analysis of Tsunamis Affecting the Istanbul Coasts, Project report performed for Istanbul Metropolitan Municipality by Oyo Int. Co, Japan. 2007.OYO, IMM (2007)]

19 *Железняк М.И., Кантаржи И.Г., Сорокин М.В., Поляков А.И.* Резонансные характеристики акваторий морских портов // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 5 (57). С. 3–19.

20 *Aytore B., Yalciner A.C., Zaytsev A., Cankaya Z.C., Suzen M.L.* Assessment of tsunami resilience of Haydrapasa port in the Sea of Marmara by high resolution numerical modeling // Earth, Planets and Space. 2016. V. 68. No. 1. P. 139–150.

21 Synolakis C. The runup of long waves // PhD Thesis, 1986

22 *Imamura F.* Review of Tsunami Simulation with a Finite Difference Method, Long-Wave Runup Models, Proceedings of the International Workshop, Friday Harbour, USA. 1996. P. 25–42.

23 *Fujii Y., Satake K., Sakai S., Shinohara M. and Kanazawa T.* Tsunami source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake // Earth Planets Space. 2011. V. 63. P. 815–820.

24 *Imamura F., Koshimura S., Murashima Y., Akita Y., Shintani Y.* The 2011 East Japan off the Pacific coast Earthquake and Tsunami // Tohoku University Source Model version 1.1, Sendai, Miyagi, Japan: Disaster Control Research Center, 2011

25 *Yeh H., Li W.* Tsunami scour and sedimentation. In Proceedings of the 4nd International Conference on Scour and Erosion, // American Geophysical Union, San Francisco, CA, USA, December 2008. P. 95–106.

26 *Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Беляков В.В., Макаров В.С., Зезюлин Д.В.* Новые тенденции в обследовании цунами // Инженерная физика. 2016. №. 5. С. 96–106.

27 *Kihara N., Niida Y., Takabatake D., Kaida H., Shibayama A., Miyagawa Y.* Large–scale experiments on tsunami-induced pressure on a vertical tide wall // Coastal Engineering. 2015. Vol. 99. P. 46–63.

28 *Ramsden J.D.* Forces on a vertical wall due to long waves, bores, and dry-bed surges // Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering. 1996. Vol. 122. Issue 3. P. 134–141.

29 *Wijatmiko I., Murakami K.* Tsunami bore pressures and forces acting on structure surrounded by weir // Journal of Japan Society of Civil Engineers. Ser. B3 (Ocean Engineering). 2011. Vol. 7. Issue 2. P. I_625–I_630.

30 *Нуднер И.С., Максимов В.В.* Воздействие волн цунами на морские гидротехнические сооружения // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2008. Т. 1. № 2. С. 45–56.

31 *Arnason H., Petroff C., Yeh H.* Tsunami bore impingement onto a vertical column // Journal of Disaster Research. 2009. Vol. 4. Issue 6. P. 391–403.

32 *Букреев В.И., Зыков В.В.* Силовое воздействие волн типа бора на вертикальную пластину // Прикладная механика и техническая физика. 2008. Т. 49. № 6. С. 45–54.

33 *Nakamura T, Mizutani N, Fujima K.* Three-dimensional numerical analysis on deformation of run-up tsunami and tsunami force acting on square structures // Proceedings of the 32nd International Conference on Coastal Engineering, ASCE. 2010. Vol. 1. P. 1–10.

34 *Al–Faesly T., Palermo D., Nistor I., Cornett A.* Experimental modeling of extreme hydrodynamic forces on structural models // International Journal of Protective Structures. 2012. Vol. 3. Issue 4. P. 477–505.

35 *Алешков Ю.З.* Воздействие длинных волн на группу вертикальных цилиндров // Вестник ЛГУ. Сер.: Матем. и мех. 1987. № 1. С. 43–46.

36 *Nouri Y., Nistor I., Palermo D.* Experimental investigation of tsunami impact on free standing structures // Coastal Engineering Journal. 2010. Vol. 52. Issue 1. P. 43–70.

37 *Araki S., Kunimatsu W., Nishiyama S., Furuse T., Aoki S.I., Kotake Y.* Experimental study on tsunami wave load acting on storage tank in coastal area // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2016. In press. DOI: 10.1016/j.jlp.2016.10.004

38 *Fujima K., Achmad F., Shigihara Y., Mizutani N.* Estimation of tsunami force acting on rectangular structures // Journal of Disaster Research. Vol. 4. Issue 6. P. 404–409.

39 *Ghosh D., Mittal A.K., Bhattacharyya S.K.* Multiphase modeling of tsunami impact on building with openings // The Journal of Computational Multiphase Flows. 2016. Vol. 8. Issue 2. P. 85–94.

40 van de *Lindt J.W., Gupta R., Garcia R.A., Wilson J.* Tsunami bore forces on a compliant residential building model // Engineering Structures. 2009. Vol. 31. Issue 11. P. 2534–2539.

41 *Дорфман А.А., Печенин С.А.* Взаимодействие открытого потока с вертикальной призматической преградой // В сб.: Распространение цунами и накат на берега. М.: Наука,1981. С.156–163.

42 *Стокер Дж.Дж.* Волны на воде. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. 618 с.

43 *Седов Л.И.* Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики. М.: Наука, 1966. 448 с.

44 *Звягин А.В., Смирнова М.Н.* Движение тонкого тела вблизи свободной поверхности сжимаемой жидкости // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 1: Математика. Механика. 2009. № 2.С. 35–44.

45 *Дорфман А.А., Печенин С.А.,Семенов К.К., Нуднер И.С., Васильев В.В.* Воздействие волны цунами на морские и гидротехнические сооруженя и

береговые объекты// Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2017. № 4(10). С. 16–30.

46 *Рутман Ю.Л., Фильков В.Ю.* Определение коэффициента динамичности при воздействии бора на оградительное сооружение гравитационного типа // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2017. № 3(10). С. 91–96.

47 *Robertson I.H, Carden L. P., Chock G. Y. K.* Case Study of Tsunami Bore Impact on RC Wall // Proceedings of the 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. OMAE 2013. June 9–14, 2013, Nantes, France.
gost.e-ecolog.ru
ore_Impact_on_RC_Wall

УДК 551.466:006.354

ОКС 13.200
91.020
91.080
91.090
93.140
93.160

Ключевые слова: цунами, параметры опасности, накат и откат волны цунами на берег, численное и физическое моделирование, цунамимикрорайонирование, зона затопления, морские порты, прибрежные и береговые сооружения, обтекаемые и проницаемые сооружения, оценка воздействия и нагрузок, цунамиопасные территории регионов и субъектов Российской Федерации, многофакторная оценка цунамибезопасности, сводка исходных данных, примеры

gost.e-ecolog.ru