



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной океанологии ЮНЕСКО-МОК и КУПЗ

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

(Магистерская диссертация)

### **«Использование ГИС-технологий при создании системы раннего предупреждения цунами»**

**Исполнитель:** Гусев Владислав Витальевич, студент группы ПО-М18-1-6

**Научный руководитель:** кандидат географических наук, доцент кафедры ПО  
ЮНЕСКО-МОК и КУПЗ, Плинка Николай Леонидович

**«К защите допускаю»**

**Заведующий кафедрой**

---

(подпись)

---

(ученая степень, ученое звание)

---

(фамилия, имя, отчество)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Санкт-Петербург

2020

# Оглавление

<b>Введение</b>	3
Глава 1 Общие сведения о волнах цунами и управлении рисками негативных последствий воздействия цунами на прибрежную зоны.	6
1.1 Причины образования цунами	6
1.2 Классификация цунами	10
1.3 Общий подход к оценке риска, направленного на смягчение последствий и уменьшение негативного воздействия последствий цунами	14
Глава 2 Методы оценки негативных последствий цунами на береговые сообщества	20
2.1 Исторические свидетельства о предыдущих цунами	20
2.2 Геологические свидетельства цунами	21
2.3 Сценарный анализ опасности цунами (СТНА)	23
2.4 Вероятностный анализ опасности цунами (РТНА)	25
2.5 Интеграция оценок опасности, уязвимости и готовности	30
2.6 Методика проведения анализа возможной зоны затопления на основе спутниковой информации и специализированных интернет ресурсов	34
2.7 Принципиальная структура системы раннего предупреждения о цунами и предложения по ее дополнению процедурой оценки и анализа рисков.	47
Глава 3 Проведение анализа территории выбранного района с последующей оценкой потенциального ущерба от цунами.	67
<b>Заключение</b>	78
<b>Список литературы</b>	80

## **Введение**

Одной из задач комплексного управления прибрежными зонами является управление рисками негативных последствий от воздействия волн цунами. Задача управления рисками – обеспечить повышение устойчивости функционирования прибрежной зоны и уменьшить негативные последствия, прежде всего не допустить гибели прибрежного населения. Насколько разрушительным и опасным может быть волна цунами показал относительно недавний пример Индоокеанского цунами 2004 года, когда в результате крупнейшего землетрясения (магнитуда больше 8.0) в районе Зондского архипелага образовалась волна цунами, охватившая почти все побережье Индийского океана, вызвавшая гибель (по разным источникам) 140-184 тыс. человек. В связи с интенсивным социально-экономическим развитием прибрежных территорий, развитию новых видов морской деятельности с одной стороны, и наблюдающимся увеличением частоты и интенсивности морских стихийных бедствий с другой, вероятность и величина риска негативных последствий и ущерба будет увеличиваться. Одной из таких опасностей является катастрофическое затопление прибрежных земель и их населения, вызванное цунами.

В силу невозможности точного прогноза цунами, одним из основных инструментов защиты населения является создание систем раннего предупреждения о цунами (СРПЦ). В техническое задание по разработке и внедрению СРПЦ обычно входит задача раннего (в открытом океане) обнаружения и идентификации волн цунами и обеспечение информирования населения об опасности (объявление тревоги цунами). Более подробно состав и структура СРПЦ обсуждается в разделе 2.7. Таким образом, создание такой системы рассматривается, прежде всего, как необходимость обеспечения взаимодействия только двух модулей: наблюдательного и информационного. Таким образом, концепция создания СРПЦ ориентирована, прежде всего, на обеспечение безопасности населения и не рассматривает вопросы снижения

негативных последствий в плане уменьшения материального ущерба. Комплексный подход к управлению процессами социально-экономического развития в прибрежных зонах ориентирован на интеграцию и координацию интересов различных морепользователей, в том числе в плане смягчения последствий от воздействия стихийных бедствий. С точки зрения методологии КУПЗ вопросы безопасности и уменьшения материального ущерба должны рассматриваться совместно, оставляя приоритет за обеспечением безопасности населения.

Таким образом, одним из направлений совершенствования систем раннего предупреждения о цунами может быть расширение состава СРПЦ и дополнение ее аналитическим блоком по оценке и анализу риска. Причем задача должна решаться на основе взаимодействия различных блоков системы и быть направлена на повышение эффективности работы системы предупреждения в целом.

**Актуальность** выбранной темы обусловлена тем, что вопросы обеспечения безопасности населения, а также безопасности объектов морской инфраструктуры и прилегающих к ним акваторий, входят в задачи развития гидрометеорологического обеспечения морской деятельности, о чем, например, указано в «Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 30 августа 2019 года, №1930.

**Объект исследования** – поселок городского типа Южно-Курильск.

**Предмет исследования** – улучшение систем раннего оповещения о цунами с помощью ГИС систем.

**Целью** выполнения исследований в рамках подготовки выпускной квалификационной работы является разработка общей структуры блока оценки и анализа рисков применительно к ее использованию в составе

системы раннего предупреждения цунами и апробация блока оценки потенциального ущерба на конкретном примере.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Ознакомится с причинами возникновения и классификацией волн цунами, а также общими подходами к оценке и анализу рисков, направленных на смягчение последствий и уменьшение негативного воздействия цунами;
- Проанализировать методы оценки и анализа рисков и предложить блок-схему технологического процесса управления рисками негативного воздействия от волн цунами;
- Апробировать процедуру оценки потенциального ущерба от волны цунами на примере пгт Южно-Курильск с учетом использования ГИС-технологий.

## **Глава 1 Общие сведения о волнах цунами и управлении рисками негативных последствий воздействия цунами на прибрежную зону.**

В отличие от штормовых волн и экстремальных ветровых волн, которые связаны с гидрометеорологическими параметрами и могут быть уверенно предсказаны на несколько дней вперед, большинство цунами генерируются движениями по разломам в земной коре, время и величина которых непредсказуемы. В зависимости от места возникновения цунами у людей, подвергающихся риску затопления, может быть мало времени для эвакуации в безопасные места. Таким образом, для планирования таких событий необходимо понимать масштабы и пространственное распределение риска бедствий и, в частности, осознавать неопределенность, связанную с прогнозированием потерь и ущерба, как по их масштабам, так и по частоте их возникновения. [1]

### **1.1 Причины образования цунами**

#### *Подводные землетрясения*

Самая основная причина, которая вызывает до 85% процентов всех цунами – подводные землетрясения, во время которых происходят резкие колебания морского дна. Под водой образуется вертикальное смещение дна: часть дна опускается, а часть приподнимается. Выделяющаяся при этом огромная энергия передаётся толще воды. Поверхность воды приходит в колебательное движение по вертикали, стремясь вернуться к исходному уровню, — среднему уровню моря, — и порождает серию волн. Однако, далеко не каждое подводное землетрясение сопровождается цунами. Цунамигенным (то есть порождающим волну цунами) обычно является землетрясение с неглубоко расположенным очагом. Магнитуда, которых превышает определенное пороговое значение, которое составляет порядка 6.5-7.5 баллов. Проблема распознавания цунамигенности землетрясения до сих

пор не решена, и службы предупреждения ориентируются на магнитуду землетрясения. Наиболее сильные цунами генерируются в зонах субдукции.

На бескрайних морских просторах, такие волны практически незаметны. Они имеют пологую форму, с высотой, не превышающей одного метра, и длиной, достигающей сотен километров. Энергия в такой волне рассредоточена на огромной площади, и даже утлая лодочка не почувствует всю силу и мощь, которая пройдет под ней. Эти колебания водной среды распространяются с огромной скоростью. Она может равняться и 500, и 700, и даже 1000 км/ч – всё зависит от толщи морской воды (глубины). При приближении к берегу глубина уменьшается, соответственно снижается скорость и укорачивается длина волны. Высота же её начинает стремительно расти. Она превращается в огромный водяной вал, который с рёвом обрушивается на прибрежную зону. Эти тысячи и тысячи тонн бушующей стихии сметают на своём пути всё. [1]

Земную кору в местах разломов и желобов потряхивает постоянно, поэтому землетрясения частые гости в этих районах. Но не каждое из них способно породить цунами. Чтобы сдвинуть с места огромные массы воды, нужна колоссальная энергия. Таковую могут предоставить только очень сильные поднятия и опускания морского дна. По двенадцатибалльной шкале интенсивности землетрясения, цунамигенным может стать землетрясение величиной более 7-8 баллов и выше. Принято считать, что в реальных условиях землетрясения не могут иметь магнитуду превышающую 9.0 (12 баллов по шкале интенсивности). Поэтому землетрясения, способные породить цунами довольно редкое явление.

Высота цунами во многом зависит от очертаний и рельефа береговой линии. Волна наступает широким фронтом и в тех местах, где крутой берег или глубоко врезающийся в сушу залив, ревущий вал достигает максимальной высоты. Если же находиться в закрытой бухте, то можно даже и не

догадываться, что всего в нескольких километрах от этого места всё рушится и гибнет.

### *Подводные оползни*

Цунами такого типа возникают чаще, чем это оценивали в XX веке (около 7 % всех цунами). Зачастую землетрясение вызывает оползень и он же генерирует волну. 9 июля 1958 года в результате землетрясения на Аляске в бухте Литуйя возник оползень. Масса льда и земных пород обрушилась с высоты 1100 м. Образовалась волна, достигшая на противоположном берегу бухты высоты более 500 м.<sup>[1][2]</sup> Подобного рода случаи весьма редки и, конечно, не рассматриваются в качестве эталона. Но намного чаще происходят подводные оползни в дельтах рек, которые не менее опасны. Землетрясение может быть причиной оползня и, например, в Индонезии, где очень велико шельфовое осадконакопление, оползневые цунами особенно опасны, так как случаются регулярно, вызывая локальные волны высотой более 20 метров. Цунами, вызванные оползнями, достаточно часто происходят в зоне резкого шельфового склона. Такие оползни вызывают незначительные цунами, приводят к разрыву электрических кабеле и линий связи, проложенных по дну Средиземного моря. [6]

### *Вулканические извержения*

Другим источником цунами могут служить вулканические извержения, в результате которых образуется около 4,99 % всех цунами. Крупные подводные извержения обладают таким же эффектом, что и землетрясения. При сильных вулканических взрывах образуются кальдеры. Кальдеры – это котлообразные впадины с крутыми склонами и ровным дном, образующиеся вследствие провала вершины вулкана. В диаметре кальдеры достигают 10–15 км, а в глубину – несколько сотен метров. При взрыве вулканов кальдеры моментально заполняются водой, в результате чего возникает длинная и невысокая волна.

Классическим примером такого источника может служить извержение вулкана Кракатау 27 августа 1883 года, расположенного у берегов Индонезии. Волны цунами распространились по всему Индийскому океану — от берегов Индии на севере до мыса Доброй Надежды на юге. В Атлантическом океане они достигли Панамского перешейка, а в Тихом океане — Аляски и Сан-Франциско. Цунами от взрыва этого вулкана наблюдались в гаванях всего мира. Огромные цунами от вулкана Кракатау уничтожили в общей сложности 5000 кораблей, погибло 36 000 человек.

### *Циклоны*

Источниками цунами могут оказаться не только подводные землетрясения, вулканические извержения и подводные оползни, но и мощные циклоны умеренных широт и тайфуны, часто «разгуливающие» над океаном в этих районах.

Такие волны принято называть метеорологическими цунами. Речь идет о длинных и уединенных волнах, возникающих при перемещениях циклонов умеренных широт и тайфунов. Эти волны, малозаметные в открытых районах моря, при подходе к берегу резко увеличивают свою высоту и могут причинять ущерб, не меньший, чем цунами, сгенерированные подводными землетрясениями, подводными оползнями, взрывами вулканов. Возникновение цунами метеорологического происхождения связано прежде всего со статическим эффектом неравномерности распределения давления в циклонах. Известно, что понижение атмосферного давления на 1 мм ртутного столба вызывает повышение уровня моря на 13,6 мм и, наоборот, повышение давления на 1 мм приводит к понижению уровня на 13,6 мм. [8]

Ветер также может вызывать большие волны (примерно до 20 м), но такие волны не являются цунами, так как они короткопериодные и не могут вызывать существенного затопления на берегу. Однако возможно образование метео-цунами при резком изменении давления или при быстром перемещении

аномалии атмосферного давления. Такое явление наблюдается на Балеарских островах и называется Риссага.

### *Человеческая деятельность*

В наш век атомной энергии у человека в руках появилось средство вызывать сотрясения, раньше доступные лишь природе. В 1946 году США произвели в морской лагуне глубиной 60 м подводный атомный взрыв с тротильным эквивалентом 20 тыс. тонн. Возникшая при этом волна на расстоянии 300 м от взрыва поднялась на высоту 28,6 м, а в 6,5 км от эпицентра ещё достигала 1,8 м. Но для дальнего распространения волны нужно вытеснить или поглотить некоторый объём воды, и цунами от подводных оползней и взрывов всегда несут локальный характер. Если одновременно произвести взрыв нескольких водородных бомб на дне океана, вдоль какой-либо линии, то не будет никаких теоретических препятствий к возникновению цунами, такие эксперименты проводились, но не привели к каким-либо существенным результатам по сравнению с более доступными видами вооружений. В настоящее время любые подводные испытания атомного оружия запрещены серией международных договоров. [2]

### *Падение крупного небесного тела*

Падение крупного небесного тела может вызвать огромное цунами, так как, имея огромную скорость падения, данные тела имеют также колоссальную кинетическую энергию, которая будет передана воде, следствием чего и будет волна. Так, падение метеорита 65 млн лет назад тоже вызвало цунами, отложения которого найдены на территории штата Техас (о чём говорилось в фильме National Geographic).

## **1.2 Классификация цунами**

В зависимости от причин возникновения различают цунами, порождаемые подводными и прибрежными землетрясениями, крупными извержениями вулканов и оползнями на морском дне.

Интенсивность цунами по результатам воздействия на побережье (последствиям этого воздействия) оценивают по условной шкале интенсивности:

I — очень слабое цунами. Волну отмечают (регистрируют) лишь специальные приборы — мареографы.

II — слабое цунами. Может затопить плоское побережье. Его замечают лишь специалисты.

III — среднее цунами. Плоское побережье затоплено, легкие суда могут оказаться выброшенными на берег. Портовые сооружения могут быть подвергнуты слабым разрушениям.

IV балла — сильное цунами. Побережье затоплено. Прибрежные постройки повреждены, имеют слабые и средние разрушения. Крупные парусные суда и небольшие моторные суда выброшены на сушу, а затем снова смыты в море. Берега засорены песком, илом, обломками камней, деревьев, мусором. Возможны человеческие жертвы.

V — очень сильное цунами. Приморские территории затоплены. Волноломы и молы сильно повреждены. Суда, даже крупные, выброшены на берег. Ущерб велик и во внутренних частях побережья. Здания и сооружения имеют сильные, средние и слабые разрушения в зависимости от удаленности от берега. Все кругом усеяно обломками. В устьях рек высокие штормовые нагоны. Сильный шум волн. Имеются человеческие жертвы.

VI — катастрофическое цунами. Полное опустошение побережья и приморских территорий. Суша затоплена на значительные расстояния вглубь от берега моря. Большие человеческие жертвы.

Распространение цунами - это процесс, посредством которого оно перемещается через океан от своего источника. Характер распространения зависит от параметров источника, таких как горизонтальная и вертикальная

протяженность смещения морского дна. Кроме того, на него сильно влияют такие факторы, как глубина океана и очертания береговой линии (наличие отмелей, островов, бухт, мысов и т.п. [2]

Следует проявлять осторожность при использовании терминов, относящихся к размерам цунами. В просторечии «высота» цунами при его воздействии на побережье берется как уровень воды выше базового уровня на береговой линии – это либо средний уровень моря, либо средняя низкая вода в момент нападения цунами. Однако в своем строгом определении «высота волны» - это вертикальное расстояние между гребнем волны и ее предшествующим впадиной. К возможной путанице можно добавить использование терминов «амплитуда» и «высота максимальной прогнозируемой волны» в контексте моделирования цунами, оповещения и прибрежного прогнозирования – амплитуда составляет половину высоты волны, положительную или отрицательную; или вертикальное расстояние от уровня неподвижной воды до гребня волны (положительная) или впадины волны (отрицательная).

После возникновения цунами, его энергия распределяется по всей толщине воды, независимо от глубины океана. Цунами состоит из серии очень длинных волн. Его доминирующая длина волны зависит от генерирующего механизма и размеров источника. Чем больше и обширнее землетрясение, тем больше будет его начальная длина волны и период. И наоборот, если цунами вызвано локальным оползнем, то его начальная длина волны и период будут короче. Период составляющих волн в случае цунами может составлять от 5 до 90 минут. С силу относительно незначительности периода волн цунами по сравнению с периодом суточного вращения Земли, влиянием силы Кориолиса можно пренебречь. По мере распространения волны и уменьшения глубины, длина волны будет уменьшаться и вблизи берега может достигать всего несколько километров.

Высота волны цунами в глубоком океане может варьироваться от нескольких сантиметров до более чем одного метра, в зависимости от ее

источника генерации. Скорость распространения цунами, как и у всех длинных волн у которых длина во много раз превышает глубину, будет определяться глубиной. В глубоком океане волны цунами могут распространяться с большой скоростью, покрывая тысячи километров и теряя при этом мало энергии; чем глубже вода, тем выше скорость распространения. В самых глубоких водах скорость распространения может составлять более 900 км / час.

Основными факторами трансформации волн цунами можно отнести, такие эффекты как отражение, рефракция, эффект Грина-Эри. Там, где цунами входит в мелководные прибрежные воды, высота волн может стать во много раз больше, чем в открытом океане. Общая схема трансформации волны цунами в результате эффекта Грина показана на рисунке 1.1 .

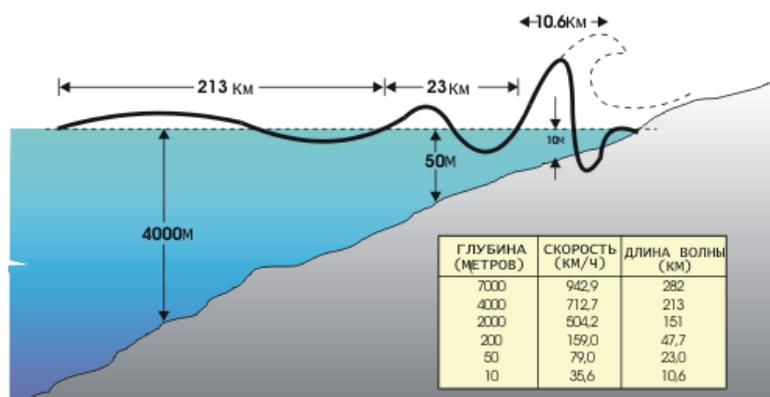


Рисунок 1.1 Трансформация волны цунами при подходе к берегу в результате эффекта Грина

По мере приближения к прибрежным водам распространяющееся цунами может рассеиваться вокруг таких препятствий, как мысы и острова, что приводит к заметным изменениям относительно режима ненарушенного волнового поля. Точно так же волновые лучи могут преломляться при изменении глубины воды в результате эффекта рефракции. В некоторых случаях цунами может отражаться от зон с перепадом глубин, а также береговой линии таким же образом, как и вызванные ветром волны, отражающиеся от морской дамбы. Примечательно, что высота волн

значительно увеличивается там, где цунами входит в мелководные прибрежные воды в процессе обмеления, в результате чего высота волн на побережье во много раз больше, чем в открытом океане.

### **1.3 Общий подход к оценке риска, направленного на смягчение последствий и уменьшение негативного воздействия последствий цунами**

Цунами представляют большую опасность для прибрежных районов, где они имеют катастрофические последствия для зданий и людей, проживающих там. Прогнозировать такое наводнение довольно сложно. По сравнению со случаями наводнений, вызванных экстремальными волнами или штормовыми волнами, затопление цунами в большинстве регионах является редким или даже очень редким событием, и может возникнуть большая неопределенность в отношении его масштабов и сроков. Однако распространенность бедствий, вызванных цунами в различных регионах за последние несколько десятилетий дает веские основания для включения цунами в политику управления прибрежными районами морских стран, направленную на предотвращение или снижение рисков цунами. [3]

Экологические и демографические факторы, способствующие возникновению риска цунами, а следовательно, и самого риска, являются динамичными. Оценка, проведенная сегодня, может оказаться ошибочной или даже неуместной, скажем, через двадцать-пятьдесят лет. Возможно, существует реальная неопределенность в отношении ставок и масштабов этих способствующих факторов, что усугубляет проблему эффективного управления в целях снижения риска.

Для эффективного уменьшения последствий стихийных бедствий необходима комплексная стратегия управления рисками. Риск - это вероятность вредных последствий или ожидаемых потерь, возникающих в результате взаимодействия между опасностями и уязвимыми условиями. В большинстве случаев, риски определяются тремя компонентами:

- вероятность того, что может произойти естественное событие (опасность);
- наличие людей/имущества (ценности, подверженные риску);
- их уязвимость (отсутствие сопротивления разрушительным/разрушительным силам).

Современная методология оценки риска цунами активно использует элементы ГИС-вычислительного моделирования. Принятая в данной работе методология основывается на следующих ключевых элементах:

- Возможная зона цунами принимается с учетом максимального расстояния, на которое могут достичь волны цунами. Во многих случаях он может находиться на расстоянии до 2 км от берега моря.
- В качестве максимального уровня принимается высота и скорость волны цунами.
- С учетом рельефа и удаленности от морского побережья разрабатывается критерий уязвимости.
- С помощью анализа наложений и пересечений в ГИС-среде будут определены подверженные цунами районы и их интенсивность.
- Наконец, карта опасности будет разработана путем создания тематических карт по заданным критериям уязвимости.

Для этого необходима географическая карта прибрежных районов и данные о высотах, документы земельного кадастра, генеральные планы застройки конкретных населенных пунктов и другие документы, которые могут быть получены из специализированных открытых источников.

#### *Картирование опасности наводнений*

Предположение, лежащее в основе картирования опасности наводнений, состоит в том, что все земли ниже высоты наводнения (высоты вертикального заплеска цунами) подвержены затоплению, на площади от линии начального положения уреза воды до линии максимального заплеска. Специализированные центры обычно принимают следующую методологию составления карты опасности наводнений. Линия начального положения уреза

воды помечаются как начальные ячейки, имеющие нулевую высоту. Предполагается, что с этой нулевой высоты отсчитывается высота наводнения, вызванная выходом волны цунами на сухой берег. Учитывая это, ячейки группируются на основе определенного интервала высот. Группа ячеек, которая опускается ниже определенной высоты, признается подверженной наводнению, если эта группа имеет связь с исходной ячейкой. Оценивается зона затопления, а также рассчитывается объем затопления с использованием информации о высотах и площади ячеек в среде ГИС.

Такое картографирование опасности на основе ГИС создает множество возможностей для управления чрезвычайными ситуациями. Приведенное выше картирование опасности дает следующую информацию и преимущества:

- Определение прибрежных районов, подверженных цунами, с учетом их тяжести;
- Определение прибрежных районов, которые будут иметь наиболее тяжелые последствия во время чрезвычайной ситуации;
- Разработка плана управления чрезвычайными ситуациями для оперативного управления кризисными ситуациями;
- Помогает повысить осведомленность местных жителей и заинтересованных сторон;
- Содействие местному планированию чрезвычайного реагирования на цунами для местных органов власти;
- Менеджеры по чрезвычайным ситуациям и спасатели получают желаемую информацию для управления опасностью после цунами.

Таким образом, такое картирование опасности облегчает специалистам по чрезвычайным ситуациям планировать мероприятия, направленные на управление рисками, адаптацию побережья для смягчения негативных последствий, использовать эти материалы для различных информационных и обучающих программ. Кроме того, это способствует разработке стратегии эвакуации, восстановлению, планированию и оценке ущерба в пострадавшем

районе. Эта продуманная превентивная мера, основанная на ГИС, может снять большую часть паники и неожиданности при возникновении чрезвычайных ситуаций и спасти тысячи человеческих жизней, а также снизить стоимость ущерба в результате бедствий.

Оценка опасности возникновения цунами является неотъемлемой частью целей оценки рисков. В разработке карт прибрежной опасности обычно задействованы международные экспертные знания, и некоторые продукты, включая региональные карты опасности цунами в различных регионах, схемы цунамирайонирования. Местные карты опасности или карты затопления, в силу их гораздо большего масштаба и местной значимости, могут быть подготовлены национальными учреждениями при соответствующей помощи международных экспертов по моделированию. Процесс составления карт затопления и локальных опасностей дает возможность прибрежным ученым и руководителям чрезвычайных ситуаций работать вместе, чтобы хорошо понять параметры затопления и распознать конкретные опасные зоны или опасные "горячие точки".

События, связанные с цунами, становятся катастрофами, когда они наносят ущерб людям и имуществу, с которым прибрежный район не в состоянии справиться. Когда волна цунами затопляет низменную прибрежную зону, она создает сильные сухопутные течения, которые оказывают потенциально разрушительные силы на все, что находится на их пути. После пика затопления, на стадии отката волны цунами в результате возникновения сильных возвратных течений наблюдается не только вынос обломков разрушенных зданий, но и происходит подмыв фундаментов и дополнительное разрушение построек. На стадии отката возникает дополнительная опасность для людей, попавших в зону затопления, связанная с возможностью выноса человека в открытое море. Приход цунами к побережью может быть предопределен понижением уровня моря, вызывающим необычное отступление уреза воды и обнажение морского дна.

Ключевые задачи в процедуре оценки опасности:

- Определить географические границы вашей прибрежной зоны;
- Изучить исторические и геологические записи событий, связанных с цунами;
- Иметь доступ к информации о происхождении и характере распространения цунами;
- Собрать и проанализировать данные по прибрежной батиметрии и прибрежной топографии;
- Определить примерное воздействие вероятных цунами на ваше побережье;
- Определить вероятную физическую природу возможного затопления цунами;
- Определить несколько возможных сценариев цунами;
- Создать карты затопления и локальных опасностей;
- Довести результаты до руководителей служб риска и чрезвычайных ситуаций;

При оценке риска потерь и ущерба для общества от цунами необходимо в первую очередь знать о частоте возникновения и масштабах вероятных сценариев, которые могут повлиять на побережье. Даже если есть уверенность в предсказании места удара цунами, его масштаб и сроки могут быть весьма неопределенными. Например, высота ударной волны японского цунами 2011 года значительно превысила прогноз максимальной высоты с учетом региональной информации. [5]

Что касается воздействия цунами на подверженные воздействию прибрежные районы, то чем больше высота волны, тем больше соответствующие потери и ущерб. И наоборот, чем больше высота волны, тем меньше вероятность ее возникновения. Например, исторические и геологические данные могут свидетельствовать о том, что цунами с высотой волны не менее 3 м происходит примерно один раз в 50 лет тогда как цунами с высотой волны 5 м, хотя и потенциально гораздо более разрушительное, происходит только один раз в тысячу лет (период возврата 1000 лет). Оценка

периода возврата для определенной высоты волны цунами и оценки потенциальных потерь и ущерба (меры уязвимости), соответствующие этой высоте волны, служат основой для оценки риска.

## **Глава 2 Методы оценки негативных последствий цунами на береговые сообщества**

Существует три источника информации, которые могут быть использованы для оценки вероятности возникновения цунами:

- исторические свидетельства прошлых цунами;
- геологические свидетельства прошлых цунами;
- тектонические модели возникновения землетрясений.

Хотя эти источники информации дополняют друг друга, они также являются неполными, и любая оценка опасности цунами должна четко выражать эту неопределенность.

### **2.1 Исторические свидетельства о предыдущих цунами**

Историческая информация прошлых цунами - письменные или устные отчеты о прошлых воздействиях цунами, как правило они обеспечивают высокий уровень достоверности для оценки вероятности периодов возвращения. Историческое знание о прошлых событиях, связанных с опасными последствиями, которые затронули определенный прибрежный район или регион, может быть получено из Каталогов цунами, Национальных архивов или международных баз данных о цунами. Однако крупные цунами в масштабах всего океана происходят нечасто, они могут случаться каждые несколько сотен лет или дольше и редко можно найти исторические записи, которые охватывают многие периоды возвращения, необходимые для оценки вероятности таких событий. Даже там, где историческая информация простирается на тысячелетия, полнота записей более чем на несколько сотен лет остается под вопросом. Несмотря на недавние исследования, мало что известно о максимальных магнитудах землетрясений и разрывных режимах, а также о временах повторения цунами в различных регионах. [12]

Хотя исторические свидетельства о прошлых цунами имеют неоценимое значение для прогнозирования будущих цунами, они неизменно являются неполными. Таким образом, мы редко можем уверенно охарактеризовать

самые крупные, самые опасные события, которые, как правило, имеют длительные периоды возврата. В дополнение к историческим свидетельствам, оценка опасности цунами должна учитывать и другие источники информации.

## **2.2 Геологические свидетельства цунами**

Геологические данные могут расширить знания об исторических событиях цунами еще дальше в прошлое. Информация, полученная из таких источников, может служить надежным индикатором периодов возвращения цунами, позволяя с уверенностью прогнозировать будущие события и, следовательно, оценивать риск для прибрежных общин от цунами.

Исследователи собрали воедино свидетельства из различных источников, начиная от информации через историческую документацию простирающихся на тысячи лет назад и дающих некоторые из наиболее ощутимых свидетельств риска цунами и заканчивая информацией полученной от местного населения, чтобы составить отчет о событиях цунами по всему миру. [9]

Несмотря на ценность этой информации, геологические исследования прошлых землетрясений и цунами в различных регионах не находятся на продвинутой стадии. Может пройти много лет, прежде чем будет достаточный уровень информации для точного прогнозирования цунами. Кроме того, геологические исследования могут служить лишь минимальным ограничением для возникновения цунами, поскольку отсутствие геологических доказательств не доказывает их повторяемости (например, отложения, образовавшиеся в результате цунами, возможно, не сохранились).

Альтернативный подход к оценке вероятностей событий цунами, который не опирается исключительно на физические доказательства прошлых событий, использует математические модели, основанные на физике возникновения землетрясений. Этот подход объединяет наблюдаемые движения тектонических плит, вызывающих землетрясения в зонах субдукции, с математическим описанием частоты и величины землетрясений.

Это позволяет оценить вероятность того, что землетрясения данной величины произойдут в определенной зоне субдукции.

Преимущество данного подхода в том, что он включает в себя зоны очагов землетрясений, которые могут вызывать цунами, но для которых нет никаких фактических свидетельств их возникновения. Это отсутствие доказательств может быть вызвано неполнотой исторических записей или трудностью получения геологических свидетельств о доисторических землетрясениях. Этот подход может также учитывать другие признаки потенциального возникновения землетрясения, такие как геодезический мониторинг, который может указывать на нарастание напряжения в связи с надвигающимся землетрясением (или его отсутствие). [4]

Основным недостатком такого подхода является то, что кривые, описывающие возникновение землетрясений в отдельных зонах субдукции, слабо ограничены имеющимися данными. Возможно, что более важно, использование этой техники могло бы замаскировать этот недостаток информации, создавая видимость очень полного, хотя и ложного, знания о происхождении землетрясения. При окончательной оценке следует использовать диапазон возможных максимальных величин и соотношения повторяемости землетрясений, чтобы продемонстрировать влияние неопределенности в этих параметрах. Другой недостаток заключается в том, что этот метод игнорирует источники цунами, отличные от землетрясений; к ним относятся вулканы, оползни и астероиды.

Следует отметить, что концептуально аналогичный подход может быть использован для оценки последствий цунами, вызванных астероидами / метеоритами. Статистические описания частоты, с которой астероиды различных размеров ударяются о землю, могут быть использованы для оценки того, как часто они приводят к воздействию цунами. Однако отсутствие данных наблюдений для сдерживания таких событий означает, что существует значительная неопределенность в возникновении и распространении цунами, вызванных такими воздействиями.

Для осуществления эффективных мер по смягчению последствий цунами специалистам по чрезвычайным ситуациям и планировщикам в прибрежных районах необходима информация о том, насколько масштабными и вероятными могут быть цунами, затрагивающие их. Существует два подхода, которые широко используются для выражения потенциала воздействия цунами - сценарный анализ опасности цунами (СТНА) и вероятностный анализ опасности цунами (РТНА). Хотя на первый взгляд эти два подхода могут показаться взаимно несовместимыми, на самом деле они дополняют друг друга и, вероятно, наиболее эффективны при их совместном использовании. Сценарный подход фокусируется на максимально достоверном событии и историческом опыте. В случае цунами этот подход обычно используется для разработки карт наводнений и планов эвакуации. Вероятностный подход рассматривает широкий спектр потенциальных событий и их вероятностных проявлений. [13]

Надежность или достоверность каждого подхода зависит от точной характеристики источников цунами, точного представления распространения цунами (например, точных батиметрических данных) и от неопределенностей в этой характеристике. Поэтому любой анализ опасности должен быть направлен на то, чтобы максимально эффективно использовать данные, касающиеся прошлых событий.

### **2.3 Сценарный анализ опасности цунами (СТНА)**

СТНА, иногда называемый детерминированным анализом опасности цунами, пытается описать последствия, которые конкретный сценарий цунами или набор сценариев цунами будут иметь на интересующем побережье. Эти сценарии выбираются с учетом наихудших вероятных и / или наиболее вероятных событий цунами в соответствии с некоторыми предполагаемыми геологическими рамками. СТНА - это простой и полезный способ понять потенциальные последствия цунами, особенно если наихудшее достоверное событие хорошо установлено. Такой сценарный анализ может содержать связанную с ним информацию о вероятности, основанную на расчетном

времени возврата используемых сценариев. Однако это не является обязательным условием для проведения СТНА. Наконец, СТНА может включать или не включать моделирование наводнений. Обычно термин "анализ опасности" используется только для широкомасштабной оценки состояния побережья той или иной страны. Обычно это не связано с моделированием наводнений в местном масштабе. СТНА ограничена тем, что она по существу затрагивает только один вопрос – " Каково потенциальное воздействие конкретного набора сценариев (а иногда и только одного сценария) на конкретное побережье. Она имеет ограниченную полезность для принятия более широких политических и плановых решений, поскольку содержит мало или вообще не содержит информации о вероятности возникновения цунами. Он менее подходит для ситуации, в которой представляющее интерес побережье может быть затронуто рядом очень разных сценариев различной вероятности или если относительная опасность, обусловленная многими сценариями, должна оцениваться в широком географическом регионе; или там, где существует заинтересованность (например, в строительных нормах) в последствиях цунами, ожидаемых в различные периоды возврата. Кроме того, СТНА обычно требует батиметрических и топографических данных высокого разрешения для интересующего побережья. [15]

СТНА или детерминистический анализ не включает и не подразумевает информацию о вероятности определенного сценария. Таким образом, детерминированный анализ сам по себе не может дать оценку риска. Несмотря на это ограничение, детальное детерминированное моделирование, основанное на конкретных исходных сценариях, может наилучшим образом удовлетворить потребности руководителей чрезвычайных ситуаций в планировании эвакуации; а также потребности береговых инженеров и планировщиков в их разработке и разработке эффективных мер противодействия цунами и в планировании землепользования.

## 2.4 Вероятностный анализ опасности цунами (РТНА)

РТНА находится на ранней стадии развития. Его подход был основан на вероятностном анализе сейсмической опасности (PSHA) и тесно связан с ним. В отличие от STHA, РТНА пытается рассмотреть большой класс сценариев цунами, в основном все те, которые могут вызвать значительное воздействие, и часто основывается на более чем одной геологической структуре. РТНА, которая обычно составляет основу карты опасности цунами, в меньшей степени ориентирована на то, каковы будут последствия конкретного сценария цунами, и в большей степени на вопрос о вероятности превышения цунами заданной высоты в интересующих нас местах. РТНА дает очень информативный результат, который может быть использован для выражения опасности многими различными способами – например, картами превышения высоты цунами для различных периодов возврата или деагрегированными картами опасности, показывающими относительный вклад различных источников в опасность на конкретном участке. Продукты, которые могут быть получены из базы данных карты опасности цунами показаны в таблице 2.1. Эти продукты могут быть использованы для ответа на различные вопросы об опасности цунами, представляющие интерес для руководителей чрезвычайных ситуаций и специалистов по планированию прибрежных районов. [16]

Таблица 2.1 Продукты, полученные из карты опасности цунами

Продукт	Применение
Кривые распределения опасности	Они описывают взаимосвязь между периодом возврата и максимальной амплитудой цунами для конкретной выходной точки модели. Предполагается, что амплитуда цунами, заданная на оси Y, будет превышена со средним периодом возврата, заданным на оси X.
Карты максимальной амплитуды	Максимальная амплитуда цунами, которая будет превышена в заданный период возврата для каждой

	<p>выходной точки модели в регионе. Для каждого периода возврата можно нарисовать другую карту региона.</p>
<p>Вероятность превышения карты</p>	<p>Для заданной амплитуды эти карты показывают годовую вероятность превышения этой амплитуды в каждой выходной точке модели в регионе. Для каждой амплитуды в этой области может быть составлена своя карта.</p>
<p>Карты деагрегированных опасностей</p>	<p>Они указывают на относительный вклад различных зон источника в опасность в одном месте. Для каждого выбора точки выхода модели (и для различных периодов возврата) будет получена различная карта, и поэтому существует огромное количество возможных карт деагрегированных опасностей, которые могут быть составлены для любого данного региона.</p>
<p>Региональные взвешенные деагрегированные карты опасности</p>	<p>Они дают представление об источнике опасности для страны или региона в целом и не являются специфичными для конкретного морского местоположения. Региональные взвешенные деагрегированные карты опасности обеспечивают удобное обобщение источника опасности по всему региону. Однако если вас интересует опасность в определенном месте, например, вблизи большого города, то вам следует обратиться к карте деагрегированных опасностей для получения модельной выходной точки вблизи этого конкретного места.</p>

Одним из важнейших ограничений РТНА, по крайней мере в его существующих в настоящее время реализациях, является его неспособность

моделировать детальные последствия наводнения цунами. Это связано с большим объемом необходимых вычислений и, иногда, с отсутствием точных батиметрических и топографических данных для интересующего берега. Это ограничивает возможности РТНА по принятию конкретных мер по смягчению последствий на местах, таких как определение безопасных районов и маршрутов эвакуации. Кроме того, поскольку этот подход требует гораздо более полной характеристики потенциальных источников цунами, чем СТНА, его результаты более чувствительны к неопределенностям в спецификации этих источников цунами. Применение РТНА должно позаботиться о том, чтобы адекватно выразить это.

Следующим этапом процесса оценки риска является оценка уязвимости прибрежного района и оценка потенциальной гибели людей и ущерба в результате наводнения, вызванного цунами.

Термин "прибрежный район" (как он используется здесь) включает в себя его социальные и экономические аспекты, его инфраструктуру, жизненные линии и поддерживающие экологические системы. Уязвимость района в отношении конкретного сценария цунами определяется его характеристиками и условиями, которые делают его восприимчивым к разрушительным последствиям этого сценария. Уязвимость может быть определена как для отдельного, так и для всего диапазона социальных, физических, экономических и экологических аспектов, или для конкретных условий, таких как возраст или немощность местных жителей или надежность строительства зданий, или для секторов общественной деятельности, например здравоохранения или образования. Согласно определению МСУОБ ООН (как оно используется в настоящих руководящих принципах), уязвимость района не зависит от его подверженности опасности, однако вы должны знать, что в общем употреблении это слово часто используется более широко для включения воздействия.

Результаты оценки уязвимости могут быть сложными. В некоторых руководящих документах рассмотрение готовности на местном и

национальном уровнях – осведомленность о цунами, потенциал ресурсов и навыков, а также устойчивость к восстановлению после воздействия цунами, включается в оценку уязвимости. В данном случае оценка готовности описывается отдельно.

Ключевыми задачами в процедурах оценки уязвимости является:

- Определение географического масштаба и пределов оценки.
- Определение временной шкалы оценки.
- Создание базы данных переписи и инвентаризации имущества для людей и их вспомогательных систем в пределах предполагаемой зоны затопления и прилегающих к ней районах.
- Создание базы данных о подверженности людей и их вспомогательных систем и активов для конкретных сценариев цунами.
- Классифицировать уязвимость людей (возраст, пол).
- Классифицировать уязвимость активов.
- Создание карт уязвимостей.
- Оценить потенциальную гибель людей и ущерб для конкретных сценариев цунами.
- Передавать результаты оценки уязвимости, а также оценки потерь и ущерба менеджерам по рискам и чрезвычайным ситуациям.

Оценка уязвимости может быть упрощена с помощью процесса агрегирования, предусматривающего классы общей уязвимости (например, высокая, средняя, низкая) и оценки потенциальных потерь и ущерба (численные и денежные), которые будут использоваться при оценке риска.

Риск для прибрежного района в связи с вероятным сценарием цунами оценивается как функция уязвимости с точки зрения потенциальных людских и экономических потерь и материального ущерба, и вероятности того, что этот сценарий произойдет в течение определенного периода времени. Как и оценка уязвимости, оценка риска может быть сосредоточена на конкретных аспектах (например, социальных или физических) или агрегирована для получения

общей ценности или класса. Полученная в результате оценка риска, либо количественно выраженная (если это возможно), либо квалифицированная (например, высокая, средняя, низкая), должна обеспечить руководителям и директивным органам обоснование их ответных мер, направленных, в соответствующих случаях, на управление и снижение риска бедствий в результате цунами.

Риск района, связанный с определенным сценарием цунами, зависит от его уязвимости, с точки зрения потенциальных людских и экономических потерь, а также материального ущерба, и вероятности того, что этот сценарий произойдет в течение определенного периода времени.

Качество оценок риска зависит от надежности оценки опасности, а также от наличия и качества данных об уязвимости и готовности. С учетом этих требований оценки риска могут быть получены для любого выбранного масштаба (например, от отдельных зданий до прибрежной застроенной среды в национальном масштабе), для любого конкретного измерения уязвимости (или агрегированной уязвимости) или для любого конкретного сектора развития. Оценки риска могут (и должны) быть индивидуализированы. Таким образом, оценка может соответствовать конкретным требованиям планировщика или менеджера по чрезвычайным ситуациям в пределах определенной географической зоны. [17]

Удобным и эффективным способом представления уровней риска (или оценки риска) является геопространственное представление с помощью карт рисков. Эти карты показывают протяженность районов с определенными категориями риска (например, высокий, средний, низкий) для требуемого измерения уязвимости в отношении конкретного сценария цунами. Карты рисков могут быть получены путем интеграции с использованием ГИС-технологии слоев карт опасности цунами и уязвимости. Карты рисков должны быть определены в зависимости от конкретного сценария опасности цунами и его прогнозируемого периода возврата. Они, пожалуй, являются самым простым

и эффективным инструментом на уровне сообщества для внесения вклада в широкий круг процессов принятия решений с целью снижения риска.

Ключевыми задачами в процедурах оценки рисков является:

- Подтвердить географический масштаб и пределы оценки.
- Подтвердить временную шкалу оценки.
- Объединить параметры затопления цунами (для определенных сценариев с определенными вероятностями) с оцененными уровнями уязвимости и готовности.
- Перевести совокупные показатели опасности, уязвимости и готовности в уровни риска, обозначающие вероятность ущерба и потерь для конкретных сценариев цунами.
- Подготовить карты рисков и отчетов по назначенному району.
- Довести результаты оценки рисков до сведения всех уровней, участвующих в управлении рисками и чрезвычайными ситуациями.

## 2.5 Интеграция оценок опасности, уязвимости и готовности

Далее необходимо объединить результаты трех оценок - оценка опасности, оценка уязвимости и оценка готовности прибрежного района. Можно интегрировать информацию об опасности цунами с информацией о последствиях воздействия цунами на район (уязвимость и готовность), чтобы обеспечить оценку риска в отношении конкретного сценария опасности цунами. Это дает меру вероятности этих последствий. Элементы риска показаны на рисунке 2.1



## Рисунок 2.1 Элементы риска [17]

Риск может быть снижен за счет снижения уязвимости перед опасностью и, в частности, в отношении людей, повышения готовности к ней. Его оценка является логическим результатом процессов, связанных с оценкой опасности, уязвимости и готовности. Как и в случае с этими оценками, она предполагает определение ее пространственных и временных масштабов, а также ее географических границ. Можно рассматривать риск от конкретного интересующего события, или риск может быть агрегирован по набору событий или всех возможных событий на всех вероятностях (или периодах возврата).

Оценка опасности должна определить параметры воздействия наводнения, относящиеся к конкретному сценарию цунами, и вероятность этого сценария. Компонент уязвимости должен определять потери и ущерб в отношении социальных, физических, экономических и экологических аспектов, представляющих интерес. Оценка готовности должна характеризовать те ограничения, которые мешают району эффективно и своевременно реагировать до, во время и после конкретного события, чтобы свести к минимуму число погибших или потерь.

Качество оценок риска зависит от надежности оценки опасности, а также от наличия и качества данных об уязвимости и информации о готовности. С учетом этих требований оценки риска могут быть получены для любого выбранного масштаба (например, от отдельных зданий до прибрежной застроенной среды в национальном масштабе), для любого конкретного измерения уязвимости и для любого конкретного сектора развития. Оценки риска могут (и должны) быть индивидуализированы. Таким образом, они могут удовлетворять конкретным требованиям менеджера рисков, планировщика или менеджера по чрезвычайным ситуациям в пределах определенной географической зоны.

Основные результаты, связанные с оценкой риска цунами, могут включать:

- оценка риска для каждого аспекта уязвимости (или сектора развития) в отношении сценария цунами с определенной вероятностью;;

- карты рисков, охватывающие будущие сценарии, а также существующие условия, подготовленные для определенных прибрежных районов, будь то в региональном или местном масштабе, охватывающие каждый из различных аспектов уязвимости (или каждый сектор развития) для конкретного сценария (сценариев) цунами; и
- эффективная передача результатов оценки рисков на все уровни, участвующие в процессе управления прибрежными районами. Эти оценки являются жизненно важным вкладом в разработку политики, определяя характер и уровень реагирования на снижение риска в рамках плана управления прибрежными районами.

Стратегическая практика управления рисками для снижения риска цунами включает структурные методы защиты, включая использование инженерных барьеров и естественных физических особенностей прибрежных районов, а также неструктурные инициативы, включая регулирование и планирование землепользования.

Ключевые действия в рамках процедуры стратегического управления рисками:

- Подтвердить временные и географические масштабы и пределы оценки.
- Рассмотреть варианты стратегического снижения рисков.
- Рассмотреть возможность применения гибридного подхода к мерам реагирования.
- Включить в ответные меры другие цели управления прибрежными районами.
- Применять инструменты анализа решений в процессе управления.
- Вовлекать общественность в процесс принятия решений.

Главной целью стратегического управления рисками является эффективное и устойчивое снижение рисков. Это влечет за собой выбор вариантов снижения риска, которые соответствуют масштабам управления прибрежными районами, определяют баланс между социальным и экономическим развитием, учитывают экологические последствия и

рассматривают проблему устойчивости функционирования побережья в долгосрочной перспективе.

Стратегическое снижение риска цунами включает в себя:

- структурные меры, направленные на защиту прибрежных общин и их вспомогательных систем от воздействия цунами;
- меры по размещению, направленные на снижение риска путем изменения индивидуального и общинного поведения и практики;
- меры, направленные на снижение риска путем содействия физическому отступлению от опасности цунами с помощью планирования землепользования и финансовых инструментов.

На практике прибрежный орган может принять план управления рисками, который включает в себя все три вида мер. Некоторые из этих мер могут охватывать длительные временные рамки, растягивающиеся, возможно, на несколько десятилетий.

Ключевой частью стратегии снижения риска является долгосрочный план осуществления этих мер, включая программу мониторинга для оценки эффективности выбранных мер по снижению рисков в отношении опасности цунами.

Инструменты анализа принятия решений, включая анализ выгод и затрат, и многокритериальный анализ, могут быть полезны для оценки преимуществ и недостатков различных вариантов снижения риска. Анализ выгод и издержек включает в себя сравнение общей стоимости одной или нескольких стратегий с общей выгодой, которую они могли бы обеспечить. Эффективный подход - это такой подход, при котором его выгоды для общества перевешивают его издержки. Для проведения анализа выгод и издержек все затраты и выгоды должны быть переведены в общий знаменатель-обычно денежный.

Многокритериальный анализ может быть полезен для анализа сложных, междисциплинарных стратегий с множеством критериев и целей. Многокритериальный анализ не требует, чтобы все альтернативы были

представлены в денежном выражении, но может включать как количественные, так и качественные данные, включая оценочные суждения. Хотя существует много различных типов инструментов анализа решений, из которых можно выбирать, директивные органы должны быть уверены в том, что анализ обеспечит разумное сравнение краткосрочных и долгосрочных затрат на защиту, размещение и отступление, а также Учет основных социально - экономических и экологических издержек альтернатив. [18]

## **2.6 Методика проведения анализа возможной зоны затопления на основе спутниковой информации и специализированных интернет ресурсов**

В целях снижения риска наводнений создаются специальные карты опасности наводнений, которые являются полезными инструментами для определения районов, подверженных затоплению. Карты риска наводнений, составленные с учетом угрозы затопления и его последствий, может использоваться для поддержки лиц, принимающих решения, а также подразделений быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации при разработке стратегий по смягчению последствий цунами. Карта наводнений содержит информацию о пространственных и временных параметрах физического воздействия морской воды после выхода цунами на сушу. Выход, обычно основанный на компьютерном моделировании, представляет собой карту затопления. Это дает информацию о параметрах затопления береговой линии и прибрежной низменности не только во время эпизода затопления, но и во время последующего отката волны обратно в открытое море. Эти параметры включают в себя определение зоны максимального заплеска, а также глубины, скорости и направления течения, возникающего в результате выхода волны на сухой берег во время затопления, дающие информацию об эффекте "сопротивления". Таким образом, карта представляет собой пространственные и временные вариации физических условий в зоне затопления. Эти параметры определяют степень и характер физического воздействия, которому подверглись бы любые части сообщества и его инфраструктуры, расположенные в зоне затопления, хотя они и не учитывают

разрушительного воздействия твердых обломков, захваченных затопляющей водой.

Для предоставления информации для управления риском наводнений использовались различные подходы, включающие различные источники, такие как гидравлические данные, топографические карты, модели рельефа, карты землепользования/покрова, карты затопления и плотности населения. Методологии проведения оценки рисков могут быть классифицированы на количественные и качественные. Количественные подходы направлены на выражение опасности наводнения в виде вероятностей превышения или ожидаемых потерь с использованием численного моделирования. Качественные методы, как правило, опираются на интерпретации экспертов и учитывают ряд факторов, оказывающих влияние на риск наводнения. Они в основном используются для построения индексов путем объединения различных показателей. Однако некоторые качественные подходы включают идею ранжирования и взвешивания и могут считаться полуколичественными.

Количественные методы способны обеспечить очень хорошие результаты, но они часто требуют больше данных и подробной морфологической информации вместе с продвинутыми численными моделями. Качественные и / или полуколичественные подходы относительно проще для реализации в ГИС и являются более гибкими для обработки разнородных данных в зависимости от их доступности. Полуколичественные методы оказались полезными для региональных исследований, особенно на начальной стадии отбора информации о потенциальных опасностях.

Среди полуколичественных подходов для анализа восприимчивости к наводнениям и уязвимости, а также картирования рисков использовались различные методы многокритериального анализа (МКА). МКА - это инструмент принятия решений, используемый для анализа экологических систем для оценки проблемы путем предоставления порядка предпочтения нескольким альтернативам на основе нескольких критериев, которые могут иметь различные единицы измерения. Другими словами, его целью является

сравнение и ранжирование альтернативных вариантов и оценка их последствий в соответствии с установленными критериями. В этом контексте ГИС-системы, с их способностью обрабатывать неоднородные пространственные данные, являются подходящим инструментом для включения всех факторов, подлежащих анализу. Аналитический иерархический процесс (АИП) является одним из широко используемых многокритериальных инструментов принятия решений, из-за его простоты в реализации и интерпретации, его способности обрабатывать также данные низкого качества и эффективности в региональных исследованиях. Введенная и разработанная Saaty (1980) процедура АИП реализует методику попарного сравнения для определения приоритетов критериев с точки зрения их важности для достижения цели. Процесс принятия решения начинается с разделения проблемы на вопросы, которые могут быть дополнительно разделены для формирования иерархии проблем. Матрица попарного сравнения используется для сравнения альтернатив и определения важности каждой из них по отношению к другим. Поскольку пользователь дает субъективные суждения, логическая последовательность этих оценок проверяется на последнем этапе. Конечным результатом АИП является относительная оценка для каждой альтернативы решения, которая может быть использована в последующем процессе принятия решений. [19]

Используя ГИС-технологии и приложения для смартфонов, карта наводнений может быть построена таким образом, чтобы показать слои информации, относящиеся к двум или более возможным сценариям цунами. Карта затопления может также использоваться для указания того, как опасные параметры могут наложиться на приливные колебания или колебания уровня моря, вызванными, например, возможными изменениями климата.

Карта наводнений отображает информацию из детерминированного анализа (СТНА) для определенных сценариев цунами. Он может быть сконфигурирован как локальная карта опасности путем присоединения уровней вероятности, выраженных, например, в виде периодов возврата, к

выходным данным карты на основе сценария. Она может быть дополнена картой опасностей путем описания опасных зон или горячих точек, полученных на основе параметров затопления, информации о близости к берегу и вероятной частоте затопления. Такие карты могут эффективно использоваться в качестве инструмента снижения прямого воздействия опасности путем планирования землепользования и чрезвычайных ситуаций и мониторинга территории.

Информационные результаты, основанные на исходных данных и процедурах должны включать:

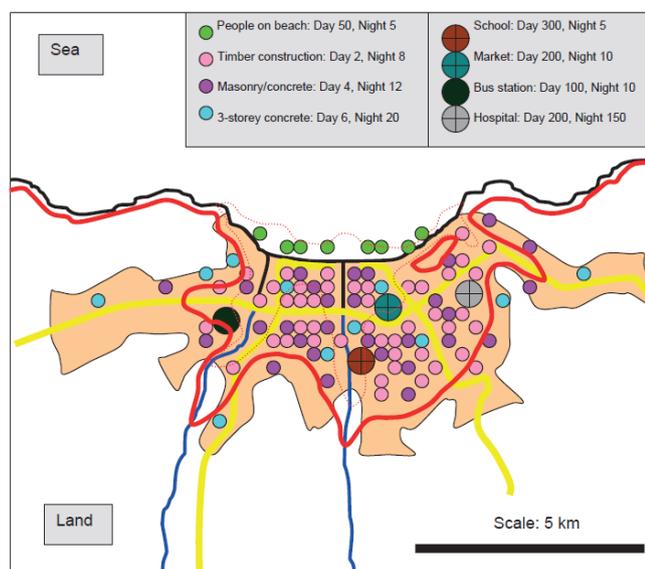
- список всех известных цунами событий, которые повлияли на регион;
- анализ предварительно рассчитанных закономерностей распространения цунами от вероятных источников землетрясений для определения потенциального воздействия на ваше побережье;
- карта, показывающая ваши побережья, которые наиболее подвержены потенциальному воздействию цунами;
- карты затопления и опасности для конкретных сценариев цунами, показывающие ожидаемые пределы затопления, разбег, глубину потока при максимальном затоплении, показатели затопления и дренажа;
- расчетные периоды возврата для указанных сценариев цунами.

Масштабы и физический характер наводнения, вызванного определенным сценарием опасности, определяют степень, в которой сообщество подвергается его воздействию. Используя результаты работы по составлению карт затопления и местных опасностей, тем, кто проводит оценку уязвимости, и руководителям чрезвычайных ситуаций необходимо будет создать базу данных об имеющихся активах общин (инфраструктуры, зданий и сооружений) которая затем может быть использована для составления карты активов.

Карта активов - это геопространственная инвентаризация сообщества как внутри зоны затопления, так и рядом с ней. Она показывает распределение

и стоимость физических, экономических и экологических активов, например различных типов зданий, общественных центров, коммунальных служб, транспортной инфраструктуры и пляжей. Она также обеспечивает основу для представления людей и их дневных-ночных и сезонных изменений, например, связывая здания с жильцами или пляжи с отдыхающими. Карта активов и ее база данных содержат информацию о внутренней восприимчивости различных активов (например, пожилых людей, надежности зданий), а для активов-их денежную стоимость в случае утраты или повреждения.

Карта активов обеспечивает геопространственную инвентаризацию сообщества и его активов в пределах предполагаемой зоны затопления и прилегающей к ней территории. Наложение карты активов на карту затопления создает карту воздействия, которая показывает распределение людей определенных групп, инфраструктуры, линий жизнеобеспечения и общественных активов в зависимости от различных опасных параметров физического воздействия морской воды (предел затопления, разбег, глубина потока, скорость затопления и дренажа и т.д.) в пределах зоны затопления для заданного сценария опасности. Таким образом, можно рассмотреть последствия наводнения для подверженных риску людей и общественных активов (с их внутренней уязвимостью). Информация, полученная из этой карты, может быть удобно сохранена в базе данных экспозиции. Пример карты экспозиции и базы данных показан на рисунке 2.2



## Рисунок 2.2 Карта экспозиции и базы данных [18]

Ключевые данные, представляющие интерес, включают в себя:

- данные переписи (распределение населения, доходы и статистические данные, такие как возраст, профессия, инвалидность, образование);
  - классификация зданий, строительные материалы и техника, высота над уровнем земли;
  - критическая инфраструктура (дороги, водоснабжение, электроснабжение, канализация, аварийные объекты, включая эвакуационные убежища, больницы и т.д.);
  - данные об экономическом местоположении (бизнес-секторы, промышленное производство, экспорт, импорт и т.д.);
  - экологическая обстановка.
- Для проведения оценок уязвимости в национальном масштабе необходимо разработать базы данных о воздействии, начиная с местного уровня, а затем интегрировать их на районном или национальном уровнях, с тем чтобы обеспечить единообразие в процессе оценки.
  - Карта воздействия и база данных содержат информацию о том, в какой степени сообщество и его активы будут непосредственно затронуты физическими силами наводнения – опасностью.

Что касается оценки уязвимости, то решение о том, какой подход следует использовать и какой уровень детализации требуется, принимается разработчиком политики или менеджером по чрезвычайным ситуациям. Они должны будут определить свои приоритеты для оценки – те, которые имеют особую актуальность или важность для сообщества. Этот подход может быть ограничен наличием данных или определяться определенным масштабом – будь то для целей местного, районного или национального обзора.

Многомерные оценки уязвимости могут помочь директивным органам в выявлении критических областей или слабых мест в отношении, например,

безопасности человека и зданий, промышленной и коммунальной инфраструктуры и хрупкости экосистем. Другой подход заключается в оценке уязвимости путем рассмотрения секторов развития. С точки зрения политики этот последний подход, основанный на межсекторальных пространственных границах, учитывает тот факт, что учреждения, отвечающие за эти секторы, несут ответственность за снижение уязвимости в своих соответствующих секторах.

#### *Анализ первого порядка*

Самый простой подход заключается в предположении, что все активы прибрежного района, подвергшиеся воздействию цунами, являются уязвимыми. Геопространственно привязанные позиции (включая топографические уровни) людей и их активов, таких как здания и инфраструктура, будут сопоставляться с определенными уровнями воздействия цунами, что достигается за счет использования технологии ГИС. Это наименее надежный из описанных здесь подходов к оценке. Однако она может оказаться подходящей для первоначальной оценки относительно крупных прибрежных районов. Как правило, именно такой подход используется для определения маршрутов эвакуации.

#### *Анализ второго порядка-измерения уязвимости*

Сложность прибрежных районов и их систем поддержки привела к тому, что эксперты признали различные аспекты уязвимости – социальную, физическую, экономическую и экологическую. Каждое измерение характеризуется множеством параметров. При проведении такого анализа следует признать, что границы между измерениями, как правило, не являются четкими. Таким образом, потери, скажем, в физическом измерении (в частности, в зданиях) могут иметь явные последствия для потерь в социальном и экономическом измерениях.

#### *Совершенствование анализа*

Оценка каждого аспекта уязвимости может проводиться с учетом результатов более детального анализа. Степень потенциального ущерба или

потери активов может значительно отличаться в пределах определенной прибрежной зоны. Это может быть связано с различными уровнями воздействия (связанными с определенным сценарием цунами). Например, физический ущерб, связанный с затоплением, как правило, наиболее велик в тех частях района, которые находятся ближе всего к берегу и подвержены наибольшему воздействию воды. Социальная уязвимость в случае цунами может быть наибольшей среди младенцев и маленьких детей, стариков и инвалидов – таких людей, которые имеют высокую восприимчивость к вреду в случае удара. Такие соображения позволяют уточнить подход к "измерениям уязвимости" и могут быть уместны при детальной оценке относительно небольших районов.

#### *Секторальный подход*

В качестве альтернативы подходу "измерения уязвимости" и признания (часто) нечетких границ между измерениями может быть рассмотрен подход, основанный на понятиях секторов развития. С точки зрения управления рисками, особенно при распределении обязанностей по смягчению существующих уязвимостей, такой подход может быть весьма привлекательным. Логика диктует, что ответственность за снижение уязвимости в каждом секторе развития (например, здравоохранение, транспорт или образование) лежит на агентстве, отвечающем за этот сектор, независимо от соответствующих аспектов.

Также важной частью является оценка готовности населения к преодолению последствий цунами. Это включает в себя уровень его осведомленности о характере и последствиях воздействия цунами, доступ к раннему предупреждению, реагирование аварийных служб до, во время и после наводнения, а также степень, в которой был перенесен его риск ущерба и потерь. В частности, подчеркивается необходимость выявления слабых мест в существующих системах, с тем чтобы их можно было устранить в рамках кампании по снижению рисков.

В дополнение к оценке внутренней уязвимости района в отношении опасности цунами, важно также оценить на национальном и местном уровнях вашу готовность к прогнозированию, реагированию и восстановлению после чрезвычайной ситуации, вызванной цунами. В зависимости от местоположения источника цунами ключевой особенностью этой опасности является то, что может быть очень мало времени для предупреждения и эвакуации людей, находящихся в опасности. Хотя готовность общины может обеспечить незначительную защиту от ущерба, наносимого ее постройкам и природной среде, свидетельства недавних цунами, затронувших этот регион, свидетельствуют о важности готовности к спасению человеческих жизней.

Готовность необходимо рассматривать отдельно от уязвимости. Однако вполне справедливо полагать, что любые меры, принимаемые для повышения готовности, например участие в эффективной системе раннего предупреждения или укрепление потенциала на всех уровнях управления и управления, приведут к снижению уязвимости (повышению устойчивости) сообщества. Оценка готовности сосредоточена на выявлении недостатков, которые могут проявляться в виде слабых мест учреждений, организаций и общин для эффективного решения проблем, связанных с ожиданием событий цунами, реагированием на них и восстановлением после них. Например, люди могут не знать о риске, с которым они сталкиваются, и не знать, как реагировать на предупреждение о цунами; в системе раннего предупреждения могут быть недостатки, включая ее стандартные операционные процедуры и соответствующие планы эвакуации для обеспечения эффективного и своевременного реагирования. Организация по управлению чрезвычайными ситуациями может не иметь возможности реагировать во всех открытых местах; или же может отсутствовать наличие центров чрезвычайных операций и планов действий в чрезвычайных ситуациях, что приводит к плохой координации усилий по реагированию и пробелам или дублированию усилий. Еще одним возможным недостатком может быть недостаточное

использование механизмов, позволяющих противостоять воздействию и облегчающих восстановление.

Ключевые задачи в процедурах оценки готовности:

- Оценить степень осведомленности о риске цунами от имени ключевых заинтересованных сторон (общин, находящихся в зоне риска, органов власти и тех, кто проводит мероприятия по реагированию на чрезвычайные ситуации).
- Выявлять и оценивать слабые места в вашей системе раннего предупреждения и в ваших ответах на предупреждение.
- Определение и оценка состояния вертикальных эвакуационных укрытий и путей эвакуации.
- Оцените время, необходимое населению для того, чтобы добраться до убежищ и безопасных районов.
- Оценить применение механизмов передачи рисков, которые облегчили бы восстановление после воздействия.

Наличие хорошего институционального потенциала, эффективных организаций и эффективного управления может рассматриваться как уменьшение уязвимости вашего сообщества. Однако с точки зрения политики ответственность за обеспечение готовности должна возлагаться на те учреждения, которые отвечают за обеспечение готовности (национальные или местные комитеты по чрезвычайным ситуациям), а за уязвимость должны отвечать те, кто ее создает. По этой последней причине в настоящих руководящих принципах оценка готовности рассматривается отдельно от оценки уязвимости.

Удобным и эффективным способом представления уровней риска (или оценки риска) является геопространственное представление с помощью карт рисков. Эти карты показывают протяженность районов с определенными категориями риска (например, высокий, средний, низкий) для требуемого измерения уязвимости в отношении конкретного сценария цунами.

Возможные критерии определения категорий риска для конкретных сценариев включают следующее:

- Отсутствие воздействия (или риска) = прямой ущерб от затопления цунами не ожидается. Может быть пригоден для проведения восстановительных операций, таких как эвакуационные укрытия и другие аварийные службы.
- Низкий удар (или риск) = вероятен ущерб, нанесенный старым зданиям или неинженерным зданиям или сооружениям. Особенно опасно для жизни молодых, пожилых и немощных людей. Некоторые потенциальные возможности для обнаружения или идентификации сооружений, пригодных для целей временной эвакуации. Требуется планирование аварийного реагирования, включая план эвакуации в случае возникновения цунами.
- Среднее воздействие (или риск) = значительный ущерб неинженерным зданиям и вероятный некоторый ущерб инженерным сооружениям. Очень опасно для жизни для всех. Эвакуация необходима для смягчения последствий гибели людей.
- Высокая степень воздействия (или риска) = здания и человеческие жизни вряд ли выживут. Эвакуация - это единственная действенная мера реагирования. Карты рисков могут быть получены с помощью технологии ГИС путем наложения карт опасности и уязвимости.

Карты рисков часто определяются применительно к конкретному сценарию опасности и, возможно, являются самым простым и эффективным инструментом на уровне сообщества для внесения вклада в широкий круг решений, принимаемых с целью снижения риска. Подобно картам уязвимости, они могут быть составлены в различных масштабах, от местных до национальных, и могут быть сосредоточены на конкретных аспектах, например, социальном (человеческий фактор) или физическом (инфраструктура), или показывать совокупный риск.

Оценка риска должна быть чем-то большим, чем просто моментальный снимок риска в нынешних условиях. Эта оценка должна учитывать, как риск может измениться со временем. Это может быть вызвано изменением социально-экономических и экологических сценариев, а также результатами существующих и планируемых мер по смягчению последствий.

Успешное смягчение последствий может снизить риск путем ограничения опасности (например, путем установления барьеров для затопления) и / или снижения уязвимости (например, путем введения строительных норм). Однако экологические изменения, такие как повышение уровня моря, увеличат риск, поскольку такие изменения изменяют подверженность прибрежных районов этой опасности. Важно также признать, что риск может увеличиваться в течение длительных периодов времени из-за непреднамеренных последствий смягчения последствий с течением времени. Последствия этих долгосрочных тенденций необходимо учитывать в рамках процесса оценки рисков.

Временные рамки для оценки рисков, которые власти стран могут пожелать рассмотреть, будут варьироваться от одной страны к другой. В глобальном масштабе наблюдается переход к более длительным периодам оценки в связи с долгосрочными последствиями многих мер по смягчению последствий и признанием динамичного характера риска. Некоторые страны прямо рассматривают вопрос о 100-летней временной шкале или даже более длительной шкале для оценки рисков.

Эффективное доведение результатов оценки рисков до всех уровней, участвующих в процессах управления прибрежными районами и управления чрезвычайными ситуациями, имеет первостепенное значение. Эти оценки являются жизненно важным вкладом в разработку политики, определяя характер и уровень реагирования для смягчения риска цунами.

При составлении карт рисков, воздействие или потери могут быть описаны в терминах широкого спектра последствий, включая физический ущерб, человеческие жертвы или смертельные случаи, экономические потери,

потерю социальных и экологических услуг и инфраструктуры. Все они представляют собой элементы воздействия или потери. Потери от конкретного события будут зависеть от тех аспектов уязвимости, которые представляют интерес.

Цунами в различных частях мира показали, что не все люди в прибрежных районах знали о возможности воздействия на них цунами и об уровне риска, связанного с опасностью этого явления. Действие системы раннего предупреждения о цунами может быть неправильно принята людьми, что может привести к неадекватному реагированию. В некоторых случаях люди могут не знать о безопасных местах для эвакуации. Недостаточная осведомленность вкупе с отсутствием указателей маршрута эвакуации могут усугубить потери.

Знание и осведомленность людей о риске цунами и его последствиях являются важными составляющими их подготовки и готовности этому опасному явлению. Оценка уровня осведомленности дает представление о том, в какой степени такие знания существуют не только на местном, но и на национальном уровнях.

В целом, слабые места в осознании могут быть связаны с:

- риски, с которыми сталкивается прибрежный район в связи с цунами;
- система раннего предупреждения, включая реагирование на предупреждение или когда проявляются признаки приближающегося цунами, до затопления;
- реакция после наводнения; и
- механизмы передачи рисков, способствующие восстановлению после воздействия.

Оценка степени осведомленности сообщества о цунами и о том, как лучше всего реагировать на них, должна проводиться с помощью опроса.

Для участия в опросе должны быть вовлечены:

- люди, которые непосредственно подвергаются воздействию цунами, поскольку они проживают, работают или играют вблизи морского побережья (см. карты наводнений и опасности, В. 5);
- местные власти;
- люди, ответственные за реагирование в случае стихийных бедствий, включая членов пожарной бригады, Красного Креста и аналогичных волонтерских организаций по оказанию первой помощи, специальные группы, такие как поисково-спасательные команды, а также ваш местный комитет по чрезвычайным ситуациям или ликвидации последствий стихийных бедствий.

Кроме того, в ходе обследования уровня осведомленности следует выяснить, насколько люди понимают безопасные районы в случае цунами и какие пути эвакуации следует использовать для достижения таких безопасных районов. В ходе обследования следует также оценить, имеется ли доступ к информационным материалам о риске цунами, раннем предупреждении цунами, реагировании и усилиях по восстановлению в общине, а также регулярно ли проводятся информационно-просветительские кампании в общине, подверженной риску. Результаты такого опроса дадут вам рекомендации относительно того, как лучше всего планировать и проводить кампанию по повышению осведомленности о цунами, ориентируясь на людей в прибрежном сообществе и соответствующие заинтересованные стороны.

[19]

## **2.7 Принципиальная структура системы раннего предупреждения о цунами и предложения по ее дополнению процедурой оценки и анализа рисков.**

Наличие системы предупреждения о цунами не означает, что эта система безупречна, что она может своевременно справляться со всеми типами цунами и что все люди, подвергающиеся риску, знают о том, как она работает и как они должны реагировать в случае вынесения предупреждения. Землетрясение 2010 года в Чили, которое привело к цунами, выявило слабые места в

стандартных оперативных процедурах (СОП) в отношении прогнозирования цунами на основе сейсмических данных и пробелов в коммуникациях, которые привели к отмене предупреждения о цунами, когда волны цунами все еще воздействовали на береговую линию.

Система раннего предупреждения о цунами должна регулярно тестироваться, чтобы обеспечить не только ее техническую работоспособность, но и осведомленность людей, подвергающихся риску, о том, как она работает и как они должны реагировать на предупреждение.

Например, землетрясение Тохоку в Восточной Японии в 2011 году, вызвавшее катастрофическое цунами, выявило слабые места в автоматической системе, используемой японским метеорологическим агентством (JMA) для обработки данных сейсмических станций и датчиков уровня моря. В случае этого очень большого землетрясения первоначальные сейсмические сигналы, полученные системой, привели к первоначальному показанию небольшого цунами. Впоследствии насыщение сейсмометров в Японии позволило JMA обновлять предупреждения о цунами, используя данные с датчиков уровня моря и буев через сети GPS, но только после прохождения пятнадцати минут.

Обзор важнейших проблем, которые препятствуют эффективному и своевременному функционированию систем раннего предупреждения, позволил выявить шесть важнейших проблем:

- внедрение технически ориентированных систем раннего предупреждения без учета понятий уязвимых групп и оценки рисков;
- недостатки в мониторинге и прогнозировании потенциально катастрофических событий;
- слабые места в понимании того, что цунами происходят в виде серии волн – последняя волна может достичь прибрежной зоны через несколько часов после первой;
- слабые места в коммуникациях между региональными поставщиками услуг, отвечающими за мониторинг и прогнозирование цунами, и Нтвц

и отделениями реагирования на чрезвычайные ситуации на национальном и местном уровнях;

- слабые стороны в распространении предупреждений и обеспечении того, чтобы предупреждения доходили до уязвимых групп населения;
- слабые места в способности сообщества реагировать на предупреждение и потенциально катастрофическое событие.

До тех пор, пока такие слабые места сохраняются, системы раннего предупреждения о цунами не будут надежными и эффективными в плане спасения человеческих жизней.

Учитывая, что цунами может произойти в любое время дня и ночи, в будние дни, выходные или праздничные дни, системы раннего предупреждения о цунами должны быть способны работать в режиме 24/7 и выдавать предупреждения в любое время, когда это необходимо. С конца 1990-х годов предпринимаются усилия по перестройке систем раннего предупреждения, с тем чтобы сделать их более "ориентированными на людей". Это означает, что системы должны быть нацелены на людей, подвергающихся особому риску-на тех, кто подвержен опасности цунами, и на тех, кто уязвим.

Ключевые вопросы, которые необходимо учитывать при оценке эффективности систем раннего предупреждения при выдаче предупреждений, включают:

- Имеется ли в вашей стране круглосуточная служба и персонал для получения сообщений о предупреждении о цунами от региональных провайдеров?
- Могут ли прибрежные районы, подвергающиеся риску, получать предупреждения в любое время дня и ночи?
- Существуют ли в системе раннего предупреждения конкретные процедуры, обеспечивающие, чтобы предупреждения достигали групп с

более высокой степенью уязвимости – детей, пожилых людей, женщин, инвалидов?

- Есть ли в системе раннего предупреждения процедуры, обеспечивающие, чтобы предупреждения достигали тех мест, где собирается большое количество людей – коммерческих районов, автобусных и железнодорожных вокзалов, общественных рынков и т.д.?
- Существуют ли в системе раннего предупреждения процедуры, обеспечивающие, чтобы предупреждения достигали групп коренного населения?
- Выдаются ли предупреждения на языках, которые легко понятны тем, кто находится в группе риска?

Еще один компонент готовности связан с устойчивостью прибрежного района. Оценка устойчивости представляет собой меру того, в какой степени район способен приспособиться к воздействию цунами и его разрушительным последствиям и легко оправиться от них. Оценка устойчивости включает в себя такие вопросы, как:

- Есть ли у сообщества организация и координация для понимания и снижения риска цунами на основе участия групп граждан и гражданского общества?
- Существуют ли стимулы для того, чтобы общины инвестировали средства в снижение риска цунами, с которым они сталкиваются?
- Ведет ли ваше сообщество базу данных инвентаризации активов и рисков, подготавливает ли оно оценки риска цунами и использует ли их в качестве основы для планирования развития и принятия решений?
- Поддерживает ли сообщество критическую инфраструктуру, которая снижает риск цунами, и есть ли у него непредвиденные расходы на ущерб коммунальным службам?
- Располагает ли сообщество экспертными знаниями и ресурсами, необходимыми для планирования и осуществления мер по снижению подверженности опасности цунами и передаче ей риска?

- Обеспечивает ли ваша община соблюдение строительных норм и принципов планирования землепользования, учитывающих последствия цунами?
- Выделяет ли ваша община безопасные земли для малоимущих граждан за пределами зоны затопления цунами?

Результаты, связанные с этой оценкой, могут включать:

- оценка степени осведомленности о риске цунами от имени ключевых заинтересованных сторон (сообщества, подверженного риску, органов власти и тех, кто осуществляет усилия по реагированию на чрезвычайные ситуации);
- предварительная оценка состояния практики раннего предупреждения, с тем чтобы местные органы власти и учреждения по уменьшению опасности бедствий и предотвращению их последствий могли оценить важность разработки плана укрепления таких аспектов раннего предупреждения в соответствующем прибрежном сообществе.;
- углубленная оценка усилий по реагированию, включая выявление недостатков в планах действий в чрезвычайных ситуациях и в отношении ключевых мероприятий, проводимых на этапе реагирования;;
- оценка страхового покрытия с точки зрения схем страхования и микрострахования для передачи рисков;
- оценка функционального потенциала на национальном и особенно местном уровнях управления, который может определять общую устойчивость общины к стихийным бедствиям, включая наводнения, вызванные цунами.

Эти вопросы касаются действий и мероприятий, которые могут повлиять на устойчивость вашего сообщества в случае возможного воздействия цунами.

Несколько иные вопросы, которые вы могли бы задать при оценке устойчивости к стихийным бедствиям, содержатся в контрольном перечне, представленном UNISDR (2010). Они стремятся проверить, является ли район:

- это место, где стихийные бедствия сводятся к минимуму, потому что население живет в домах и районах с организованными службами и инфраструктурой, которые придерживаются разумных строительных норм; без неформальных поселений, построенных на пойменных равнинах или крутых склонах, потому что нет другой земли;
- имеет инклюзивное, компетентное и подотчетное местное правительство, которое заботится об устойчивой урбанизации и выделяет необходимые ресурсы для развития потенциала управления и самоорганизации до, во время и после стихийных бедствий;;
- это тот случай, когда местные органы власти и население понимают свои риски и разрабатывают общую местную информационную базу о потерях, опасностях и рисках в результате стихийных бедствий, включая информацию о том, кто подвергается воздействию и кто уязвим.;
- это место, где люди имеют право участвовать, принимать решения и планировать свой город вместе с местными властями и ценить местные и коренные знания, потенциал и ресурсы.;
- принимает меры по прогнозированию и смягчению последствий стихийных бедствий, включая технологии мониторинга и раннего предупреждения для защиты инфраструктуры, общинных активов и отдельных лиц, включая их дома и имущество, культурное наследие, экологический и экономический капитал, и способен свести к минимуму физические и социальные потери, возникающие в результате экстремальных погодных явлений, землетрясений или других природных или антропогенных опасностей.;
- способен реагировать, осуществлять немедленные стратегии восстановления и быстро восстанавливать основные услуги для

возобновления социальной, институциональной и экономической деятельности после такого события;

- понимает, что большая часть вышеперечисленного также играет центральную роль в создании устойчивости к неблагоприятным изменениям окружающей среды, включая изменение климата, в дополнение к сокращению выбросов парниковых газов.

Эти параметры применимы ко всем городам, независимо от их настроек, и не в последнюю очередь к прибрежным городам, подверженным опасности затопления моря. Следует отметить, что в этих критериях устойчивости особое внимание уделяется роли местного самоуправления и местных органов власти.

Результаты оценки готовности, как правило, представлены в докладах и могут включать целый ряд карт. Карты отражают состояние сообщества в плане охвата ранним предупреждением, расположения центров чрезвычайных операций, убежищ и других критических объектов. Они являются мощным инструментом для управления чрезвычайными ситуациями. В докладах освещаются важнейшие вопросы в четырех областях: осведомленность, раннее предупреждение, реагирование и структура механизмов передачи рисков. Список переменных и источников информации, которые могут быть использованы для оценки вашего состояния готовности.

Цель системы раннего предупреждения о цунами, например в Тихом океане (PTWS) или в Индийском океане (IOTWS), состоит в том, чтобы люди в прибрежных районах знали о местных и отдаленных цунами, которые могут затронуть их или не затронуть. Системы раннего предупреждения спасут жизни людей. Эффективная, ориентированная на людей система раннего предупреждения о цунами достигается тогда, когда все люди в подверженных воздействию прибрежных общинах готовы и своевременно реагируют на получение предупреждения о цунами или признание того, что потенциально разрушительное цунами может приближаться.

Эффективная система предупреждения достигается тогда, когда все люди в подверженных воздействию прибрежных общинах готовы и оперативно реагируют на предупреждение о цунами или их осознание того, что потенциально разрушительное цунами может приближаться.

Для достижения этой цели IOTWS представляет собой комплексную систему, которая включает в себя национальные и региональные системы предупреждения о местных, региональных и общемировых цунами и способствует обеспечению готовности в рамках снижения риска возникновения опасностей цунами в рамках многоцелевого подхода.

Во время цунами сообщения и информация от TSPs (поставщиков услуг по цунами) доступны каждому государству-члену через официально назначенный Национальный координационный центр предупреждения о цунами (НКЦПЦ), который обычно связан с Национальным центром предупреждения о цунами (НЦПЦ) и/или Национальным Управлением по борьбе со стихийными бедствиями (НУБСБ). НЦПЦ является контактным пунктом 24/7, который несет ответственность за уведомление национального органа по чрезвычайным ситуациям о событии и его характеристиках. Поддержание актуальной контактной информации для TSP и ТКЦ (национальные контакты цунами) является важнейшим элементом функционирования НЦПЦ, и в интересах каждого государства-члена обеспечить оперативное обновление его контактной информации в случае возникновения каких-либо изменений.

Создание системы раннего предупреждения о цунами требует прогресса в нескольких взаимозависимых компонентах. К ним относятся::

- оценка опасности цунами и выявление уязвимости сообщества;
- создание системы обнаружения, оповещения и национальной системы предупреждения, отвечающей международным, национальным и местным требованиям;;
- разработка и внедрение стандартных оперативных процедур (СОП) для обеспечения того, чтобы все решения могли приниматься по мере

необходимости и как можно быстрее, а также для обеспечения своевременного реагирования при вынесении предупреждения.;

- определение и демаркация убежищ для эвакуации или безопасных районов и путей эвакуации для их достижения;
- обеспечение того, чтобы уязвимые группы были осведомлены о предупреждениях, издаваемых центром предупреждения о цунами, а также об эвакуационных убежищах или безопасных районах, которые будут использоваться, и о путях их получения;
- выполнение конкретных задач, в том числе эвакуация в безопасные районы, с целью снижения воздействия и гибели людей;
- проведение моделирования и учений для проверки СОП и различных компонентов системы, а также для обеспечения того, чтобы все заинтересованные стороны и лица, подверженные риску, были осведомлены о том, как работает система. На рисунке 2.3 показана схема действия системы раннего оповещения.

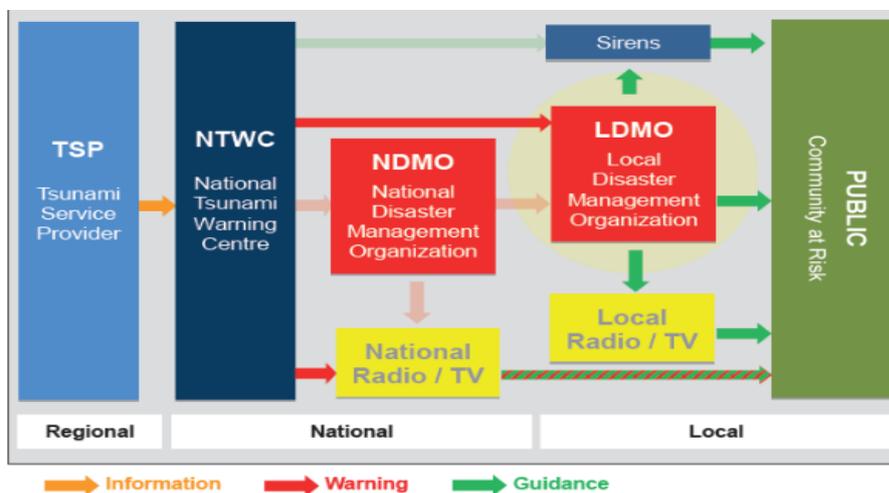


Рисунок 2.3 Схема действия системы раннего оповещения [16].

Национальный центр предупреждения о цунами (НЦПЦ) несет ответственность за предоставление предупреждений, Дозоров и рекомендаций вашим гражданам и учреждениям.

При получении предупреждений о цунами от НЦПЦ, TSP в свою очередь, должны предоставлять понятные предупреждающие сообщения, местным

юрисдикциям и/или общественности, чтобы обеспечить эвакуацию людей, подвергающихся риску, в безопасные районы. В качестве одного из ключевых компонентов системы предупреждения следует проводить постоянные кампании по информированию общественности, просвещению и разъяснительной работе. Важно отметить, что TSP не выдают предупреждений; они предоставляют НЦПЦ консультативную информацию и данные об угрозах цунами.

Эффективная система раннего предупреждения использует информацию, собранную в рамках процедуры оценки рисков, для выявления наиболее уязвимых групп и их местонахождения. Цель состоит в том, чтобы обеспечить своевременное поступление предупреждений для успешной эвакуации в безопасные районы. Это предполагает разработку путей и процедур эвакуации с учетом местонахождения таких уязвимых групп населения.

Информация об оценке рисков также используется для определения ключевых активов, которые должны быть мобилизованы до затопления цунами, чтобы обеспечить их безопасность и свести к минимуму воздействие затопления на оставшиеся активы. Использование приложений для смартфонов для облегчения такой идентификации и передачи предупреждений людям или активам, находящимся под угрозой, может оказаться особенно полезным.

В рамках повышения готовности сообщества к действиям посредством раннего предупреждения особое внимание следует уделять критическим вопросам, которые препятствуют функционированию существующих систем раннего предупреждения, включая слабые места в коммуникациях между поставщиками услуг, НЦПЦ и аварийными службами реагирования, слабые места в СОП, когда лица, принимающие решения, не могут быть достигнуты, а также слабые места в выдаче и доставке предупреждений и реагировании на эти предупреждения со стороны сообщества, находящегося в опасности.

Другой проблемой является слабость способности сообщества реагировать на предупреждение и потенциально катастрофическое событие.

Локальные (близкие) цунами могут воздействовать на берега в течение 10 минут после возникновения землетрясения, поэтому предупреждения должны доходить до общественности хорошо в течение этого времени, если они должны быть хоть немного эффективны. Далекие цунами (far-field) могут занять много часов, чтобы пересечь океан. В этих случаях НЦПЦ и КМО могут располагать достаточным временем для организации эвакуации, чтобы не допустить гибели людей в результате наводнения. Ключом к успеху являются местная готовность и приверженность на всех уровнях сообщества. В конечном счете системы предупреждения будут оцениваться по их способности охватить людей на пляжах и в низменных прибрежных районах и эвакуировать их в безопасные убежища до того, как первая волна достигнет побережья.

Системы предупреждения будут оцениваться по их способности охватить людей на пляжах и в низменных районах и эвакуировать их в безопасные убежища до первого удара цунами.

Достижение успеха в области раннего предупреждения требует твердой и устойчивой приверженности всех заинтересованных сторон, включая национальные правительства и прибрежные общины. Национальные правительства должны сотрудничать и работать вместе в рамках региональной структуры для обмена данными, и они должны совместно нести расходы на региональные элементы сети. Основные компоненты успешной системы раннего оповещения показаны на рисунке 2.4.

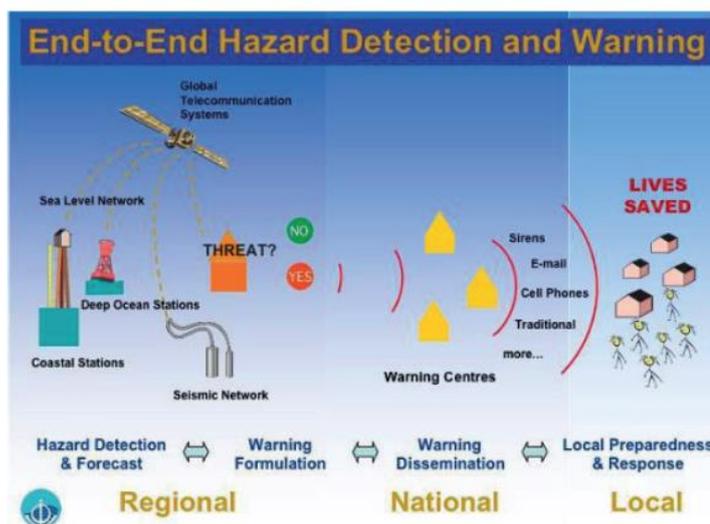


Рисунок 2.4 Основные компоненты успешной системы раннего оповещения (согласно [16]).

Необходимость регионального сотрудничества обусловлена природой цунами: местные (ближние) цунами могут быть обработаны НЦПЦ; но поскольку региональные или океанические цунами распространяются со скоростью почти 1000 км в час по всему океану, для точной характеристики их цунамигенного потенциала требуются данные наблюдений за землетрясениями из многих стран региона.

Наиболее важным направлением деятельности по созданию эффективной сквозной системы раннего предупреждения является координация действий заинтересованных сторон. Для того чтобы сделать эту систему устойчивой, необходимы также информационно-пропагандистская деятельность и приверженность правительства на высоком уровне. Успешные системы требуют сотрудничества на всех уровнях, приверженности всех заинтересованных сторон совместной работе во время реальной чрезвычайной ситуации предупреждения о цунами и, в долгосрочной перспективе, постоянных усилий на высоком уровне по поддержанию осведомленности и готовности. Для обеспечения организационной поддержки и долгосрочной приверженности Координационный комитет по цунами является механизмом, который может объединить заинтересованные стороны из правительственных и неправительственных учреждений, научных исследователей и частного

сектора. Такой комитет, возможно, может обеспечивать и пропагандировать политику, инициировать необходимые программы, выделять необходимые ресурсы и координировать чрезвычайные процедуры до, во время и после стихийного бедствия.

Успешные системы раннего предупреждения требуют сотрудничества на всех уровнях, приверженности всех заинтересованных сторон совместной работе во время чрезвычайной ситуации и постоянных усилий по поддержанию осведомленности и готовности к реагированию в долгосрочной перспективе.

Предупреждать людей о надвигающемся цунами, не подготовив их к такому событию, может оказаться неэффективным. Подготовка их посредством предоставления ясного, краткого и понятного каждому человеку сообщения об общественной безопасности с указанием того, что делать и куда идти, имеет важное значение. Предупреждения о цунами от TSPs являются техническим триггером для раннего предупреждения. Но любая система в конечном счете будет оцениваться по ее способности спасти жизни и просто по тому, успеют ли люди уйти от опасности до того, как на них обрушится большое цунами. Для этого необходима бесперебойная коммуникация.

Стандартные операционные процедуры (СОП) представляют собой набор письменных инструкций, описывающих шаги, которые выполняются в ходе рутинной работы системы раннего предупреждения. СОП должны разрабатываться на основе сотрудничества между всеми заинтересованными сторонами и отражать договоренности между заинтересованными сторонами и то, что необходимо сделать (кто, что, где и как). СОП описывают функции, роли, обязанности и юрисдикцию правительственных, неправительственных и частных учреждений. Сегменты СОП могут быть представлены в виде блок-схем, описывающих последовательные и параллельные задачи, и могут включать контрольные списки.

СОП должны способствовать процессу принятия решений путем подробного описания действий, которые будут осуществляться различными

заинтересованными сторонами, и должны способствовать делегированию полномочий тем, кто должен принимать конкретные решения или предпринимать конкретные действия, если лица, принимающие решения, или те, кто командует ими, могут быть недоступны немедленно.

СОП охватывают целый ряд задач, включая обработку данных, каналы связи для различных целей, мониторинг опасности, аналитические процедуры, используемые для прогнозирования потенциального масштаба конкретных событий, управление неопределенностями, когда доступ к критическим данным или информации ограничен, шаги по выдаче предупреждений (дерево решений, например, кто должен быть предупрежден первым); эвакуация в безопасные районы, вопросы безопасности, управление информацией о событиях, управление всеми заинтересованными сторонами, координация между заинтересованными сторонами, а также то, как и когда выдавать всем четкий сигнал.

Не забывайте проводить моделирование для тестирования СОП при внедрении новых процедур или изменений и держать все заинтересованные стороны в курсе их роли в контексте СОП. Это особенно полезно в государственных учреждениях, где кадровые изменения могут происходить, например, после проведения избирательных процессов.

Настольное моделирование и учения или учения в прибрежных общинах используются для проверки и совершенствования СОП, а также для проверки других элементов системы предупреждения, а также для проверки предлагаемых процедур эвакуации. Периодическое проведение таких учений и симуляций гарантирует, что все заинтересованные стороны и те, кто подвержен риску, знают о том, как работает система на всех ее этапах.

Внимание к планированию эвакуации имеет решающее значение в стремлении сообщества улучшить готовность и тем самым свести к минимуму потери человеческих жизней. Это деятельность, которая требует информации о физических параметрах наводнения и базы данных о воздействии, чтобы планировщики могли предсказать целесообразность предлагаемых ими

маршрутов эвакуации с точки зрения потенциального наводнения или засорения мусором, заторов на дорогах и т. д.

С учетом оцененного уровня риска в связи с цунами руководители чрезвычайных ситуаций должны уделять приоритетное внимание разработке и осуществлению политики эффективной и упорядоченной эвакуации подвергшегося воздействию населения. Карты уязвимости, полученные на основе карт затопления и оценки уязвимости, дают ключевую информацию для планирования эвакуации. Успешная эвакуация в укрытия и безопасные районы учитывает, как наличие, так и географическое положение уязвимых групп населения. Последовательный подход к идентификации и картографированию зон эвакуации поддерживает общее понимание общественностью всех сообществ зон эвакуации от цунами, карт, вывесок эвакуации от цунами и мер реагирования на цунами.

Ключевым соображением при планировании цунами и требованиях к информации является количество зон, которые должны использоваться для управления эвакуацией, а также то, каким образом эта информация может быть представлена общественности. Количество и тип используемых зон зависит от таких вопросов, как географическое положение уязвимых групп, наличие вертикальных эвакуационных структур и их потенциал. Использование единой зоны эвакуации от цунами имеет преимущество простоты как для планирования чрезвычайных ситуаций, так и для понимания общественностью. Однако из-за того, что одна зона эвакуации должна учитывать очень широкий спектр местных сценариев риска, может возникнуть регулярная "чрезмерная эвакуация" всей зоны для общих мелкомасштабных событий. Использование более чем трех-четырех зон эвакуации может лучше отражать диапазон локальных сценариев риска цунами. Однако такая дифференциация требует гораздо больших ресурсов и более высокой степени координации для планирования и принятия ответных мер, а сложность информации может вызвать непонимание со стороны общественности.

Высоты и методы, используемые для создания этих зон, разрабатываются на местном уровне на основе анализа местных опасностей и оценки рисков. Границы зоны эвакуации могут быть нарисованы на основе различных моделей опасности. В идеале зоны должны представлять собой огибающую вокруг всех возможных наводнений из всех известных источников цунами, принимая во внимание все способы, которыми каждый из этих источников может вызвать цунами. Высокая степень неопределенности в моделях источников цунами, а также трудоемкий и ресурсоемкий характер моделирования делают такой комплексный подход к оценке риска цунами маловероятным в краткосрочной перспективе.

Рекомендуемый подход к определению зон эвакуации от цунами заключается в том, чтобы нанести их на карту сейчас и постепенно уточнять точность их границ по мере совершенствования науки с течением времени. Рекомендуется, чтобы органы власти приступили к составлению карт на основе имеющейся в настоящее время информации и знаний, не дожидаясь получения предполагаемых необходимых знаний. Затем определение границ зон может быть уточнено по мере совершенствования знаний. Часто власти оправдывают свою нерешительность в определении границ тем, что у них нет достаточной информации.

Временные зоны эвакуации должны быть нанесены на карту с любой доступной информацией, а затем уточнены по мере того, как вспомогательная наука совершенствуется со временем.

Первый и самый простой способ определения границ зоны эвакуации называется моделью "ванны", в которой затопление определяется на основе равномерной максимальной высоты вглубь от побережья. Этот подход обеспечивает самую грубую, но простейшую модель пределов затопления. Вторым шагом вверх было бы "приближение по правилу", которое предусматривает измерение основанного на правилах ослабления волны вглубь от побережья. ГИС можно использовать для применения этого правила, и оно дает более реалистичный результат, чем модель "ванны". Кроме того,

необходимо использовать местные знания, если таковые имеются. Третий уровень - это компьютерная имитационная модель, которая теоретически допускает сложности, недоступные более простому правилу, такие как различные шероховатости поверхности, повороты воды и т. д. Наконец, наиболее полное моделирование будет основано на оболочке вокруг всех наводнений из нескольких хорошо проверенных компьютерных моделей. Для этого потребуется всестороннее научное понимание всех возможных источников цунами, распространения волн и поведения наводнений в широком диапазоне величин.

Карты с изображением зон эвакуации цунами, маршрутов эвакуации и времени эвакуации, а также безопасные для цунами районы должны быть предоставлены в соответствии с требованиями сообщества. Рекомендуется, чтобы карты отображались в домах, домах отдыха, туристических объектах, рабочих местах и общественных зданиях в районах, подверженных риску цунами. Прибрежные районы с высоким уровнем загрязнения должны иметь видное место на картах эвакуации как часть информационных щитов о цунами. Карты должны быть подготовлены и доставлены в сочетании с планируемым размещением указателей цунами, изображающих зоны эвакуации и маршруты движения на местах.

Помимо количества и внешнего вида зон эвакуации на картах, основные условные обозначения, инструкции и вспомогательная информация на картах должны быть согласованы на национальном уровне. Чтобы обеспечить общее понимание между общинами, на картах должны использоваться одинаковые или близкие цвета, одинаковые названия зон эвакуации и общие символы.

Планирование эвакуации - это длительный процесс, который должен быть встроен в СОП и рассматриваться как непрерывное усилие, которое продолжает совершенствоваться в последовательных итерациях. Возможно, будет рассмотрен вопрос о включении такого планирования в процесс ICAM. Время, затраченное на планирование мероприятий, будет непосредственно связано с:

- географический размер района управления;
- региональная топография;
- региональные опасности и уязвимости;
- демография;
- численность и плотность населения;
- число учреждений, участвующих в процессе планирования; и
- имеющиеся ресурсы.

Эвакуация в ответ на цунами, как правило, предполагает добровольную и / или обязательную эвакуацию, что может существенно сказаться на ресурсах руководителей чрезвычайных ситуаций в плане ухода за перемещенными лицами. Требования к менеджерам по чрезвычайным ситуациям будут меняться по мере продвижения эвакуации, хотя каждая из ее фаз. Важно признать, что сам процесс планирования эвакуации так же важен, как и окончательный письменный план. Помимо формирования рабочих знаний об общем плане, этот процесс также способствует развитию отношений между заинтересованными сторонами, что способствует повышению оперативного потенциала. Аспекты, которые должны быть рассмотрены в плане эвакуации от цунами, некоторые из которых являются частью СОП, включают:

- условия, при которых может потребоваться эвакуация;
- условия, при которых можно поддерживать укрытие людей на месте, включая вертикальную эвакуацию;
- выявленные "подверженные риску" люди/сообщества, которым может потребоваться эвакуация;
- инструкции по командованию, контролю и координации (включая указание лиц, уполномоченных отдавать приказ об эвакуации);
- предупреждающие инструкции, которые будут выпущены для средств массовой информации, общественности и бизнеса.;
- процедуры оказания помощи специальным категориям эвакуированных лиц, например уязвимым общинам;

- конкретные планы и процедуры, касающиеся:
  - обстоятельства возникновения чрезвычайной ситуации;
  - транспортировка (например, организация перевозок для тех, кто не имеет транспортных средств);
  - решение проблемы игнорирования сообществом обязательной эвакуации;
  - эвакуация из определенных мест;
  - пути эвакуации.
- средства учета эвакуированных лиц;
- социальная поддержка эвакуированных лиц; специально отведенные зоны приема;
- безопасность эвакуированных территорий;
- процедуры возвращения эвакуированных лиц;
- поддержание плана, учения и упражнения.

В интересах практической реализации и разработки производственного регламента выполнения работ по разработке системы раннего предупреждения цунами, рассмотренные процедуры по анализу и оценке рисков должны быть объединены в рамках единого технологического процесса. Состав и структура этого процесса представлена в виде блок - схемы на рисунке 2.5.

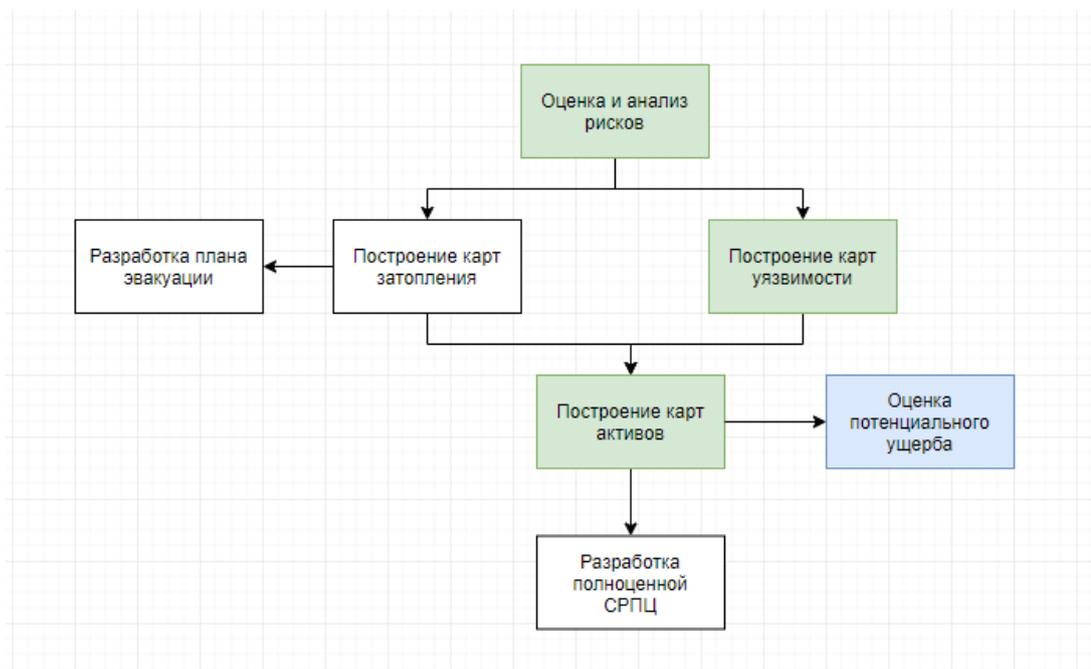


Рис 2.5 Общая блок-схема технологического процесса управления рисками от воздействия волн цунами

Предлагаемая схема определяет порядок выполнения работ по анализу и оценке рисков. Схема составлена с учетом представленного в данной главе обсуждения и анализа методов оценки негативных последствий цунами на береговые сообщества. По нашему мнению, включение в состав мероприятий по разработке системы раннего предупреждения цунами блока оценки и анализа рисков негативного воздействия не только расширит возможности СРПЦ, но и повысит ее эффективность. В частности, позволит разработать эффективную схему эвакуации населения, направленной на спасение жизни населения прибрежных зон, что является одной из основных задач системы раннего предупреждения о цунами. Возникающие дополнительные возможности, связанные с более точным учетом опасности воздействия цунами в локальных планах территориального развития, градостроительных документах, также будет способствовать повышению эффективности СРПЦ.

### **Глава 3 Проведение анализа территории выбранного района с последующей оценкой потенциального ущерба от цунами.**

Объектом исследования является поселок городского типа Южно-Курильск, который располагается на острове Кунашир (на юге Курильских островов). Южно-Курильский городской округ относится к районам Крайнего Севера. Муниципальное образование расположено на острове Кунашир Большой Курильской гряды и островах Малой Курильской гряды. В районе сохранилась нетронутая природа с уникальными представителями флоры и фауны, однако развитию туризма мешают плохая инфраструктура и отдалённость района от цивилизации. Южно-Курильский городской округ имеет, на севере, морские границы с Курильским городским округом, а на юге по морю граничит с Японией. Посёлок расположен в сейсмоопасном районе. Достаточно высока вероятность сильных землетрясений и цунами. В данном населенном пункте проживает около 8 тысяч человек. Основной промышленной деятельностью поселка, является добыча и переработка рыбы. Пример спутникового снимка пгт. Южно-Курильск показан на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 Спутниковое изображение пгт. Южно-Курильск

Анализ существующей ситуации на территории МО «Южно-Курильский район» выявил острую проблему в отношении технического состояния жилищного фонда. Доля ветхого и аварийного жилищного фонда - 35,9%, что составляет 46,1 тыс.кв.м. Таким образом, данный район является подходящим объектом для апробации процедуры оценки возможного ущерба

от воздействия цунами в рамках предлагаемой общей схемы оценки и анализа риска, состав и структура которой была представлена в предыдущей главе 2.

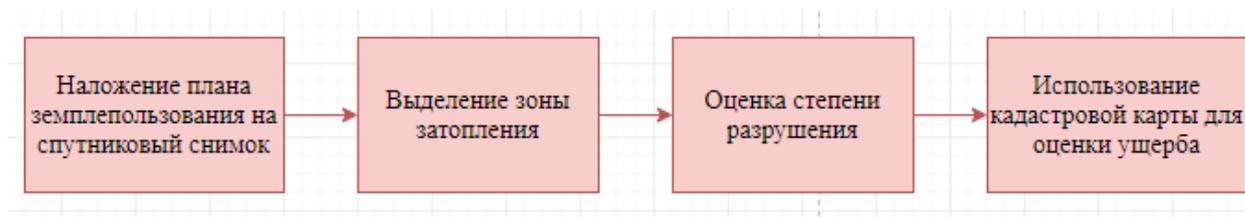


Рисунок 3.2 Блок-схема технологического процесса реализации процедуры оценки потенциального ущерба от воздействия волн цунами в рамках общей оценки и анализа рисков

Для реализации проекта, связанного с оценкой ущерба воздействия цунами, прибрежной зоны для МО «Южно-Курильский район» необходимо использовать специальное ПО (программное обеспечение), такое как QGIS – свободная кроссплатформенная геоинформационная система.

Данная программа работает на Windows, Linux, Mac OSX и Android, обладает широкими возможностями и поддерживает множество векторных и растровых форматов, баз данных. Целью создания QGIS было сделать использование геоинформационных систем легким и понятным для пользователя. Программа имеет крайне простой в использовании интерфейс, а также бесплатный доступ к большинству функций, в отличие от аналогов (например ArcGis).

Основные возможности системы:

1. Поддержка таблиц PostGIS с пространственными данными;
2. Поддержка форматов shapefiles (шейпфайлы), покрытий ArcInfo, файлов Mapinfo, и других форматов, доступных через OGR;
3. Поддержка растров;
4. Идентификация объектов;
5. Отображение атрибутивных таблиц;
6. Возможности выбора объектов;

## 7. Экспорт в map-файл Mapserver.

В программе есть возможность просматривать и накладывать друг на друга векторные и растровые данные в различных форматах и проекциях без преобразования во внутренний или общий формат. С помощью данной функции мы можем добавлять чертежи каждого этажа, обрабатывать их, а затем накладывать друг на друга. После обработки данных есть возможность привязать чертежи к геопозиции. Программа поддерживает множество форматов для сохранения, в том числе .geojson, что позволяет в дальнейшем добавлять эти данные на карту.чего?

Процесс оцифровки каждого этажа в программе QGIS включает в себя несколько основных этапов.

Для начала необходимо установить дополнительные модули: QuickMapServices (расширение, позволяющее удобно и быстро работать с подложками, полученными из разных интернет-сервисов) и Advanced Digitizing Tool (расширенный инструмент оцифровки). С помощью первого загружаем карту мира и находим нужный город (Рисунок 3.3, 3.4), второй необходим для точной оцифровки.

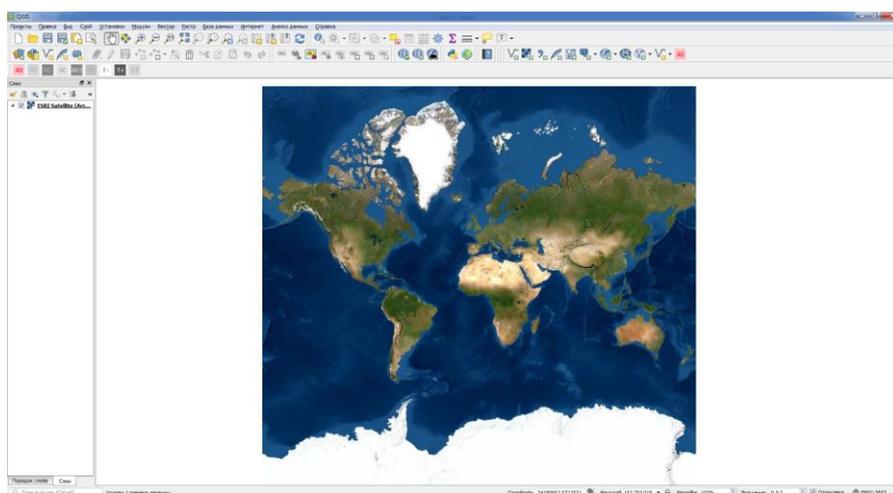


Рисунок 3.3 Карта мира

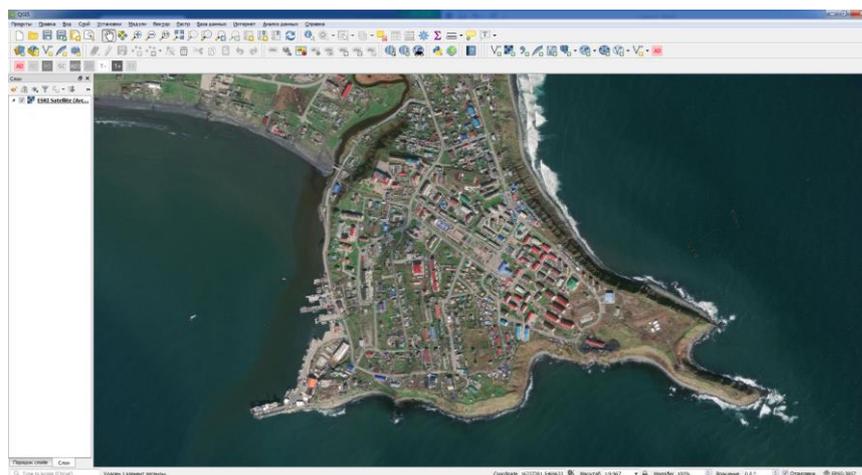


Рисунок 3.4 Выбранный район

Плюсы использования QuickMapServices:

1. имеет готовый список адресов сервисов;
2. умеет добавлять подложки в один клик;
3. не испытывает проблем с масштабированием надписей на нестандартных масштабах;
4. при необходимости, решает проблему отображения подписей на нестандартных масштабах;
5. дает возможность легко расширить список сервисов путем добавления простых ini файлов.

Далее нам необходимо нанести на эту карту зоны с различными категориями землепользования. Для этого существует два варианта реализации. Первый вариант заключается в скачивании с официального сайта ПГТ Южно-Курильск файла «Правила землепользования и застройки муниципального образования «Южно-Курильский городской округ»». Этот файл показан на рисунках 3.5 и 3.6

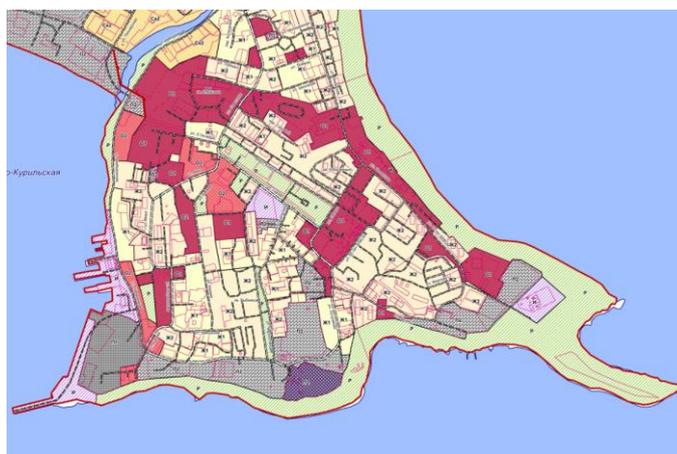


Рисунок 3.5 Правила землепользования и застройки муниципального образования «Южно-Курильский городской округ»

**Территориальные зоны**

	зона застройки индивидуальными жилыми домами (Ж1)
	зона застройки малоэтажными жилыми домами (Ж2)
	зона делового, общественного и коммерческого назначения (О1)
	зона размещения объектов социального и коммунально-бытового назначения (О2)
	зона инженерной инфраструктуры (И)
	зона транспортной инфраструктуры (Т)
	ритуального назначения (Сп1-1)
	складирования и захоронения отходов (Сп1-2)
	зона специального назначения, связанная с государственными объектами (Сп2)
	зона рекреационного назначения (Р)
	производственная зона (П1)
	коммунально-складская зона (П2)
	зона сельскохозяйственных угодий (Сх1)
	зона, занятая объектами сельскохозяйственного назначения (Сх2)

Рисунок 3.6 Условные обозначения различных территориальных зон

С помощью функции привязки растра добавляем точки с координатами (координаты берем с самой карты), получаем наложение плана здания на карту мира. Это показано на рисунке 3.6. Благодаря данной функции мы можем подключать к нашему проекту любые растровые данные.

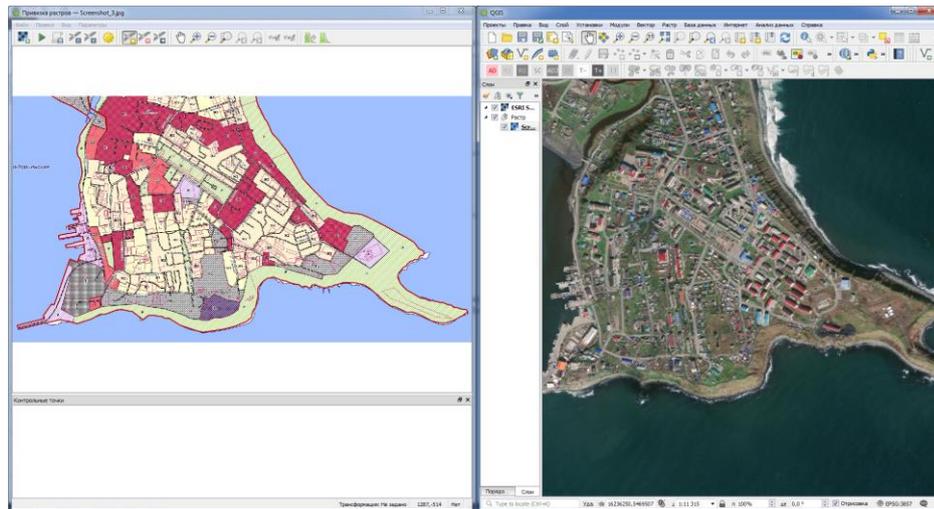


Рисунок 3.7 Привязывание растра к карте по точкам

После привязки растра, мы получаем результат показанный на рисунке 3.8

Если повысить прозрачность слоя, то мы увидим, что границы изображения практически полностью совпали с картой

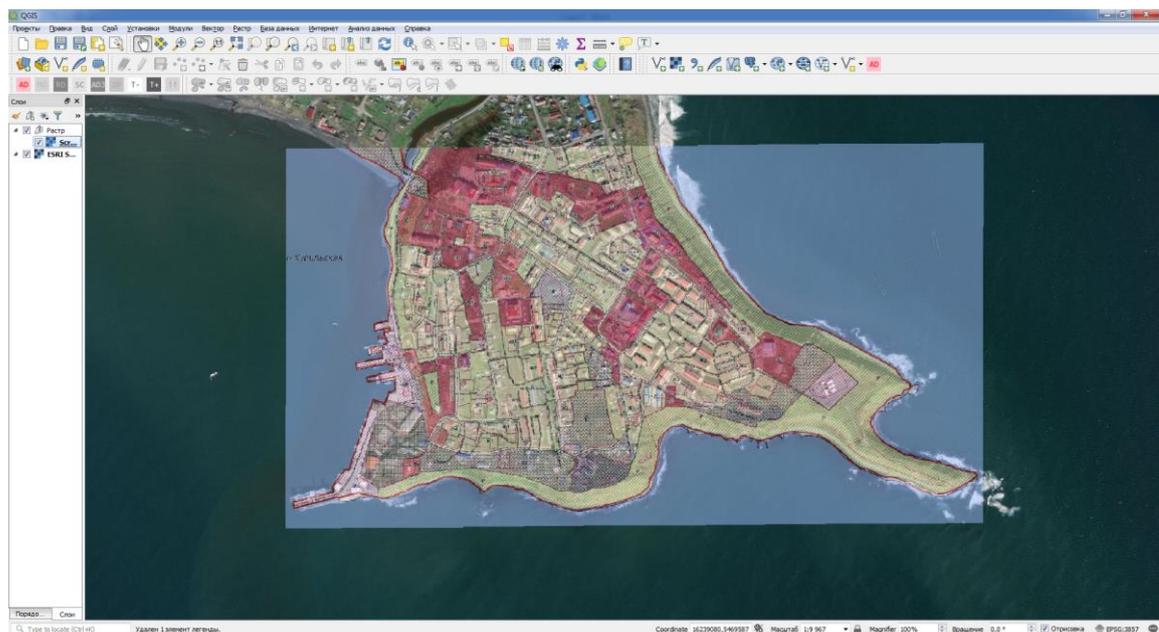


Рисунок 3.8 Привязанный растр

Добавляем растровый слой полигон. Используя кнопки “Создать shape-файл”, задаем параметры: Имя файла - {‘name’}; Тип геометрии - полигон; Список полей для атрибутивной таблицы - тип поля и количество символов.

Далее оцифровываем карту с помощью специальных инструментов. Результат показан на рисунке 3.9

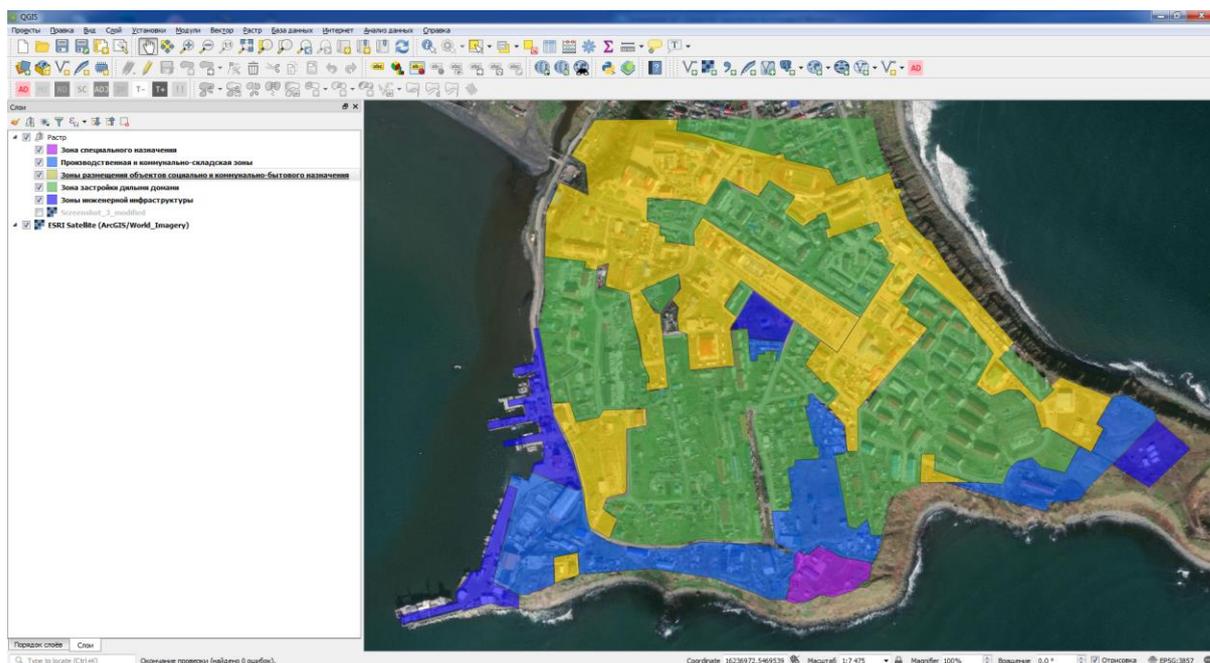


Рисунок 3.9 Оцифровка территориальных зон

Также для оценки ущерба от разрушения или повреждения береговых сооружений, нам потребуется подключение к системе еще одной карты, а именно публичной кадастровой карты. Подключение будет осуществляться с помощью того же сервиса QuickMapServices. Сначала нам требуется найти кадастровую карту в строке поиска (Рисунок 3.10)

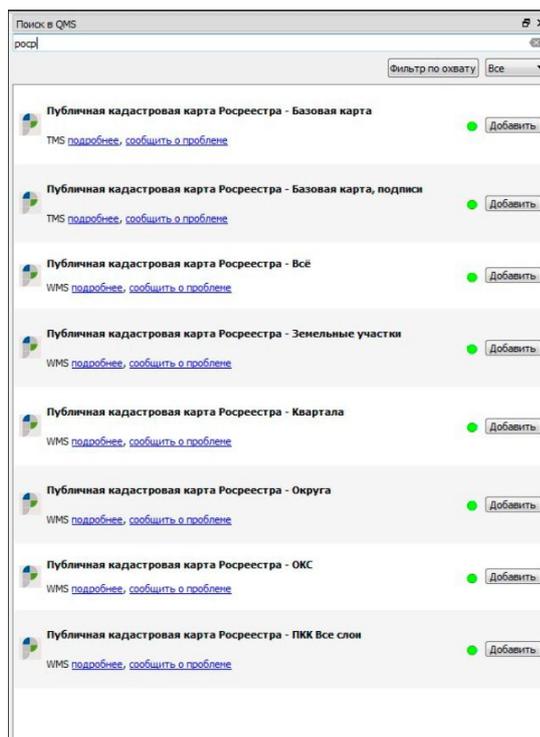


Рисунок 3.10 Добавление публичной кадастровой карты

После ее добавления, карта накладывается как отдельный слой (Рисунок 3.11). Теперь у нас есть кадастровая стоимость каждого участка пгт Южно-Курильск.

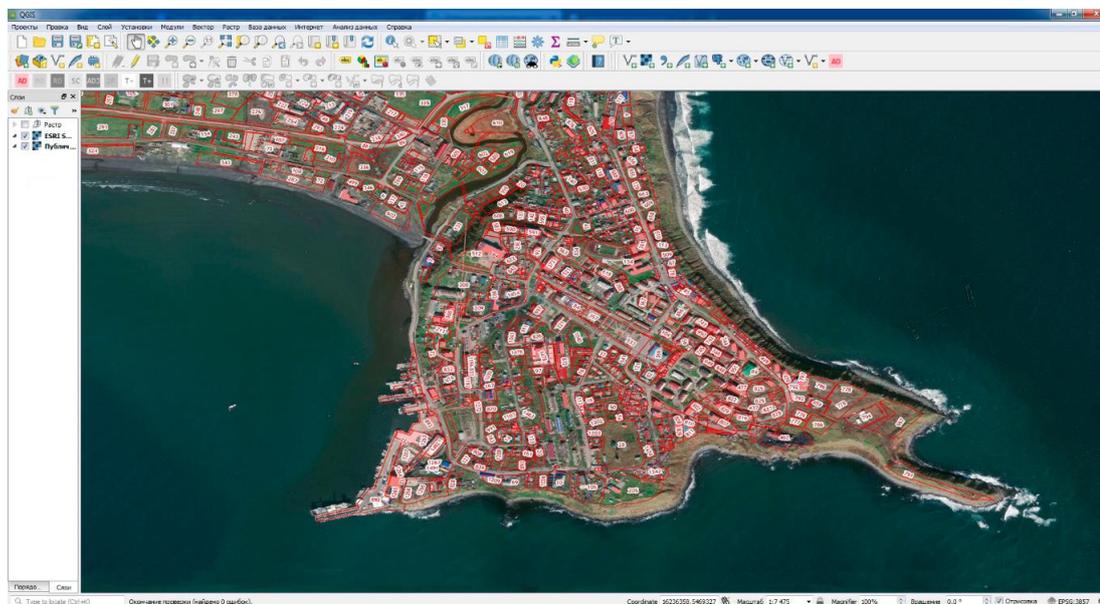


Рисунок 3.11 Наложение слоя с кадастровой картой

Следующим шагом будет обозначение зоны затопления от волны цунами со стороны бухты Южно-Курильска (Рисунок 3.12)

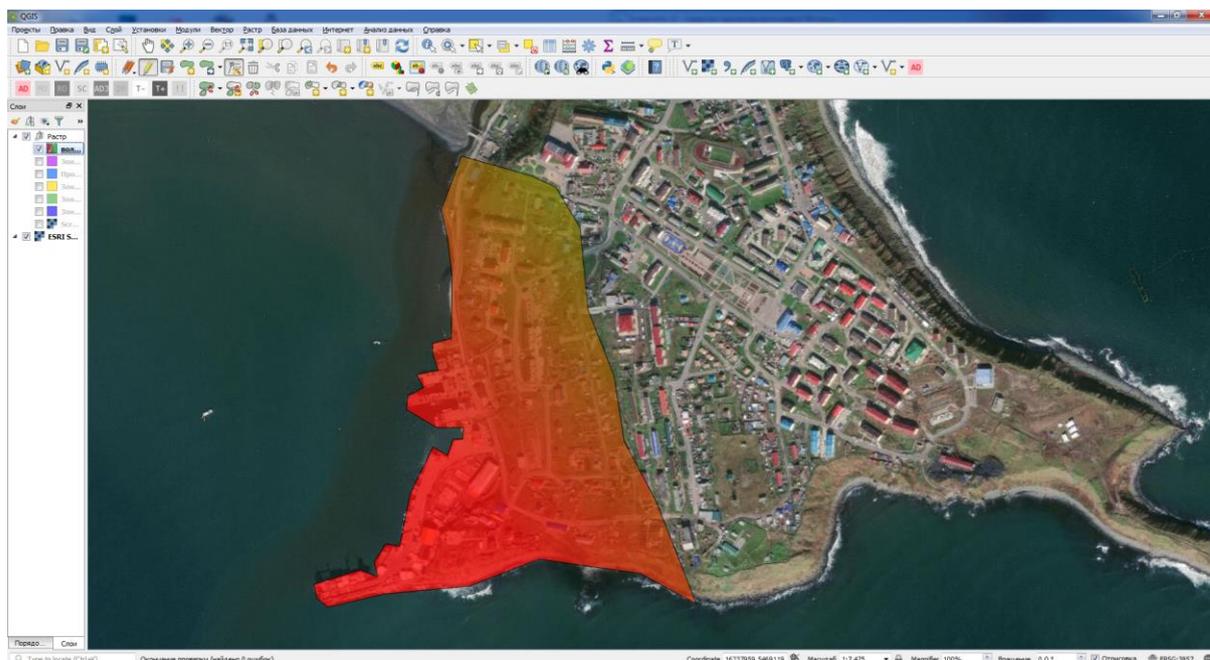


Рисунок 3.12 Зона затопления

Особенностью Южно-Курильского района является преобладание количества аварийных зданий над ветхими, что является следствием частых землетрясений. На территории пгт. Южно-Курильск преобладают дома не выше 2 этажей по причине высокой сейсмичности в регионе. Большинство жилых зданий, это легкие 1-2 этажные бескаркасные постройки и кирпичные малоэтажные здания, а также промышленные здания с легким металлическим каркасом. Пример значений параметров волны, способных вызвать разрушения для зданий этих трех типов, приведен в таблице 1.

Таблица 3.1 Значения параметров волны, способных вызвать разрушения для зданий трех типов

Тип здания	Разрушение					
	Сильное (Полное)		Среднее		Слабое	
	h, м	V,	h, м	V,	h, м	V,

		м/с		м/с		м/с
Легкие бескаркасные постройки (1-2 этажа)	3,5	2	3	1,5	2	1
Кирпичные малоэтажные здания (1-3 этажа)	4	2,5	3	2	2	1
Промышленные здания с легким металлическим каркасом	5	2,5	3,5	2	2	1,5

По интенсивности воздействия волны цунами на берег различают очень слабые и слабые (с максимальной высотой волны 0,5...1 м), умеренные (2 м), сильные (3...8 м), очень сильные (8...23 м) и катастрофические (более 23 м) цунами.

Рассмотрим воздействие на берег цунами имеющее сильную интенсивность воздействия на берег, то есть с максимальной высотой от 3 до 8 метров.

Используя карту с разделением на различные зоны землепользования, мы можем увидеть, что на протяжении почти всех береговой линии находятся производственные и коммунально-складские зоны, а также зоны инженерной инфраструктуры. Большинство таких сооружений имеют легкий металлический каркас. То есть при воздействии цунами высотой до 5 метров и скоростью до 2,5 м/с, здания понесут средний ущерб и не будут полностью разрушены, при высоте волны более 5 метров, их ждет полное разрушение.

За производственными зонами, а также на берегу начинаются зоны жилой застройки и зоны социального и коммунально-бытового назначения. В этих зонах преобладают легкие бескаркасные постройки и малоэтажные кирпичные

дома. В случае воздействия на берег сильного цунами высотой более 4 метров, эти постройки будут полностью разрушены.

С помощью кадастровой карты мы оценить примерные убытки при полном уничтожении производственной зоны находящейся на берегу. Эти убытки будут составлять примерно 25 млн.руб. Также прибавляя к этому убытки от разрушения жилых и коммунально-бытовых зданий, убытки будут составлять около 50 млн.руб

В настоящее время во многих странах Тихоокеанского региона, в том числе России, США, Японии, Канаде, Филиппинах, Чили, Французской Полинезии, Австралии и других, действуют системы предупреждения о цунами. Создана система предупреждения о цунами и в Индийском океане. Тем не менее проблема цунами остается очень важной, поскольку современное состояние знаний о цунами не позволяет достоверно прогнозировать и эффективно предотвращать их негативные последствия. При этом постоянно растет риск цунами для большинства участков побережья Мирового океана, что обусловлено стремительным ростом населения прибрежной зоны, развитием береговой инфраструктуры, увеличением плотности застройки, интенсификацией хозяйственной деятельности на шельфе. Это требует решения задач оперативного и долгосрочного прогнозирования цунами на основе привлечения новых идей и технологий, в том числе разработки математических моделей этого явления, технологии прогноза и специального программного обеспечения.

## **Заключение**

Исследования, выполненные в рамках подготовки выпускной квалификационной работы, были связаны с разработкой общей структуры блока оценки и анализа рисков применительно к ее использованию в составе системы раннего предупреждения цунами и апробация блока оценки потенциального ущерба на конкретном примере прибрежной зоны пгт Южно-Курильск.

В ходе выполнения исследований был выполнен анализ существующих процедур, ориентированных на управление рисками негативных последствий в результате воздействия волн цунами, на основе которого предложен перечень процедур, которые предлагаются для включения в блок оценки и анализа рисков, оформленный в виде блок-схемы технологического процесса. Блок-схемы характеризует взаимодействие различных процедур, т.е. последовательность их выполнения в рамках общего технологического процесса. В соответствии с предложенной схемой, в качестве одной из необходимых процедур оценки и анализа рисков определена необходимость оценки потенциального ущерба, для которой в рамках исследований также была разработана технологическая схема, включающая в себя ряд операций. Предлагаемая технологическая схема по оценке потенциального ущерба от воздействия цунами основана на использовании ГИС-технологий.

Апробация технологической схемы оценки потенциального ущерба проводилась на примере пгт. Южно-Курильск (о. Кунашир). Процедура апробации процедуры оценки потенциального ущерба иллюстрируется в виде последовательности скриншотов и комментариев к ним. Последовательность скриншотов соответствует последовательности выполнения операций. Более подробно схема выполнения оценки, перечень используемой информации представлены в главе 3 данной работы.

В результате выполненной оценки получено, что в случае сильного цунами (высота 5-8 метров) при существующей в настоящее время застройке в зоне

затопления примерный материальный ущерб (без учета возможности гибели людей) составляет порядка 50 млн. Такая незначительная стоимость ущерба определяется ветхостью зданий (стоимость зданий определялась на основании их кадастровой стоимости), их низкой этажностью (1-2 этажа), незначительной площадью застройки.

Следует отметить, что в работе не ставилась задача показать возможность причинения значительного материального ущерба в результате подхода волн цунами. Наоборот, для апробации технологической схемы был выбран небольшой поселок, с «простым» типом застройки, что позволяет более легко получить необходимые данные и показать работоспособность предлагаемой методики. В данных исследованиях в соответствии с индивидуальным заданием методика ориентировалась на использование при решении проблемы цунами. Однако технология оценки ущерба с использованием ГИС-подхода может быть использована для решения аналогичной задачи, связанной с воздействием других типов стихийных бедствий (наводнений и паводков, лесных пожаров и т.п.). Более того, в ходе выполнения исследований авторов дополнительно рассматривался вопрос о возможности замены кадастровых документов спутниковой информацией в виде спутниковых снимков. Ответ, в принципе, оказался положительным, хотя требует дополнительных спутниковых экспериментов. Однако, в этом случае возникают проблемы с правовым обоснованием получаемых результатов. Поскольку в отличие от земельного кадастра, спутниковый снимок не является в полном смысле нормативным документом. Однако данная проблема может быть решена в будущем.

## Список литературы

1. Мурти Т.С. Сейсмические морские волны. Цунами. - Л.: ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, 1981. - 446 с.
2. Левин Б.В., Шевченко Г.В., Кайстренко В.М. и др. Проблема цунами: современное состояние и перспективы (дальневосточный аспект) // Экстремальные природные явления и катастрофы. Т. 2. Геология урана, геоэкология, гляциология. М.: ИФЗ РАН, 2011. С. 332–354.
3. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Цунами: предупреждение и защита. Н. Новгород: Вектор ТиС, 2006. 272 с
4. Гусяков В.К. Цунами на Дальневосточном побережье России: историческая перспектива и современная проблематика // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 9. С. 1601–1615.
5. Ларионов В.И., Попов С.Е. Обстановка в районе воздействия цунами // Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях. М.: ЗАО «Фирма «Папирус», 1998. С. 93–103.
6. Левин Б.В., Носов М.А. Физика цунами и родственных явлений в океане. М.: Янус-К, 2005. 360 с.
7. Пелиновский Е.Н. Гидродинамика волн цунами. Н. Новгород: ИПФ РАН, 1996. 276 с
8. Болт Б.А., Хорн У.Л., Макдональд Г.А., Скотт Р.Ф. Геологические стихии: землетрясения, цунами, извержения вулканов, лавины, оползни, наводнения. М.: Мир, 1978. С. 186–206.
9. Осипов В.И. Оценка природных рисков // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2004. № 6. С. 483–490.
10. Осипов В.И., Шойгу С.К., ред. Природные опасности России. Т. 2. Сейсмические опасности. М.: Крук, 2000. 295 с.
11. СП 292.1325800.2017. Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2017. 146 с.

12. Пинегина Т.К., Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Сторчеус А.В. Следы доисторических цунами на Восточном побережье Камчатки // Природа. 1997. № 4. С. 102–107.
13. Александров А.А., Ларионов В.И., Сущев С.П. Единая методология анализа риска чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2015. № 1. С. 113–131.
14. Ларионов В.И., Сущев С.П., Александров А.А. и др. Применение ГИС-технологий для повышения безопасности населения и территорий // Энциклопедия безопасности: строительство, промышленность, экология. Т. 1. Аварийный риск. Взрывные и ударные воздействия. М.: Наука, 2005. С. 119–153.
15. Осипов В.И., Ларионов В.И., Фролова Н.И., Сущев С.П. Оценка сейсмического и природного риска для населения и территорий Российской Федерации // Экстремальные природные явления и катастрофы. Т. 2. Геология урана, геоэкология, гляциология. М.: ИФЗ РАН, 2011. С. 28–48.
16. Antony Joseph Tsunamis: Detection, Monitoring, and Early-Warning Technologies. - 1 edition изд. Academic Press, 2011. - 448 с.
17. Greidanus, H., Dekker, R., Caliz, J.J. and Rodrigues, A.. 2004. Tsunami damage assessment with satellite radar.
18. Francesca Franci, Gabriele Bitelli, Emanuele Mandanici Satellite remote sensing and GIS-based multi-criteria analysis for flood hazard mapping // ORIGINAL PAPER. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2016.
19. Finn Løvholt Tsunami Hazard and Risk Assessment // ORIGINAL PAPER. - Words into Action Guidelines: National Disaster Risk Assessment: UNISDR, 2017.
20. Клячко М. А. О НОРМАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ЦУНАМИОПАСНЫХ РАЙОНАХ // ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ГИДРОФИЗИКА. - СПб.: АНО «РАДАР», 2017.