

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ АДМИНИСТРАЦИИ ГОРОДА ПЕРМИ
МБОУ «Лицей№1» г. Перми

Учебно-исследовательская работа по физике
Исследование цунами при изменении различных условий.

Рубенков Валерий
Пермь/Дзержинский район
МБОУ «Лицей№ 1»
212 класс

Саввина Марина Витальевна
Научный руководитель

Пермь- 2018

Annotation

The research project focus on modeling tsunami and the dependence of its speed, height and change on certain parameters. One possible for ther practical use of the study is redesigning the coastline restruduring in order to reduce the disastrous effect of tsunami. Theory of tsunami is proved by practical tests.

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Физика цунами.....	5
1.1 Определение цунами.....	5
1.2 Причина возникновения.....	5
1.3 Основные характеристики цунами.....	9
1.4 Скорость цунами.....	9
1.5 Опрокидывание цунами.....	10
1.6 Затухание волн.....	11
1.7 Преломление волн.....	11
1.8 Энергия цунами.....	12
1.9 Интерференция цунами.....	12
1.10 Дифракция цунами.....	13
1.11 Классификация цунами	13
1.12 Поражающие факторы цунами.....	14
1.13 Экономический ущерб.....	14
1.14 Прогнозирование цунами.....	14
Глава 2. Эксперимент	
2.1 Опыт №1.....	16
2.2 Опыт №2.....	18
2.3 Опыт №3.....	20
2.3 Опыт №4.....	22
Заключение.....	25
Список литературы.....	26

Введение

Цунами с японского языка переводится как волна в заливе, данное явление известно еще с древних времен, всерьез его начали изучать относительно недавно. В конце декабря 2004 года недалеко от острова Суматра, расположенного в Индийском океане, произошло одно из самых сильных землетрясений за последние полстолетия. Последствия его оказались катастрофическими: из-за смещения литосферных плит образовался огромный разлом, а с океанического дна поднялось большое количество воды, которая со скоростью, достигающей один километр в час, начала стремительное движение по всему Индийскому океану. В результате пострадало тринадцать стран, около миллиона человек осталось без «крыши над головой», а более двухсот тысяч — погибли или пропали без вести. Это бедствие оказалось самым страшным в истории человечества. Учитывая специфический характер поражающих факторов цунами, это стихийное бедствие можно отнести к одному из наиболее неотвратимых природных явлений.

Причина этого явления очень интересна, цунами изучены мало, поэтому я выбрал данную тему.

Цель моей работы: исследование влияния различных факторов на физические характеристики цунами.

Задачи исследовательской работы:

- 1) Наглядно показать процесс образования цунами.
- 2) Выявить некие зависимости.
- 3) Проанализировать результаты эксперимента.

Методы исследования: наблюдение; анализ интернет ресурсов; аргументирование; формулирование выводов.

Глава 1

1) Определение цунами

Цунами – это длинные и высокие волны, появляющиеся в результате резкого смещения литосферных плит океанического дна во время подводных или прибрежных землетрясений (длина вала составляет от 150 до 300 км). В отличие от обыкновенных волн, появляющихся в результате воздействия на водную поверхность сильного ветра (например, шторма), волна цунами затрагивает воду от дна до поверхности океана, из-за чего даже невысоко поднятая вода нередко может привести к катастрофам.

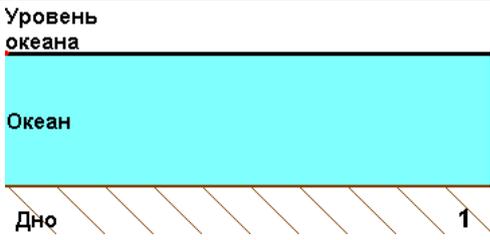
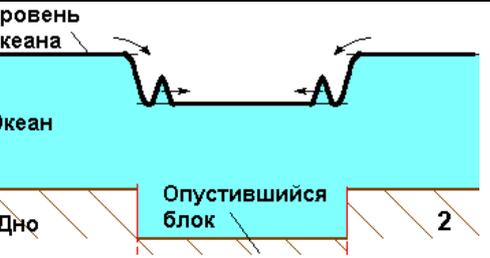
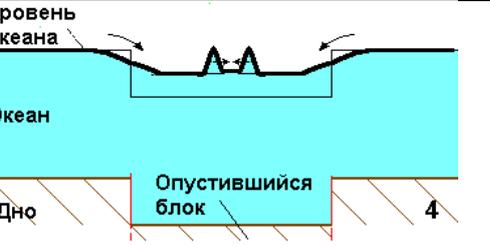
В результате пострадало тринадцать стран, около миллиона человек осталось без «крыши над головой», а более двухсот тысяч — погибли или пропали без вести. Это бедствие оказалось самым страшным в истории человечества.

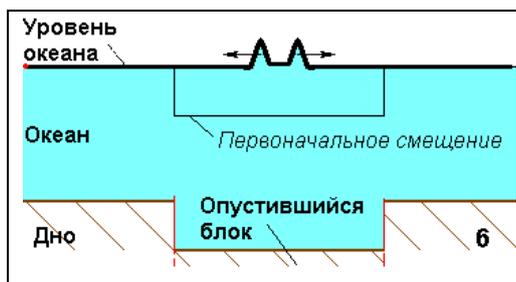
Учитывая специфический характер поражающих факторов цунами, это стихийное бедствие можно отнести к одному из наиболее неотвратимых природных явлений. Чудовищные объёмы морской воды, накатывающие на берег, в большинстве случаев не могут быть остановлены искусственными защитными сооружениями. Высота наводнения порой превышает 10 м, а в некоторых зонах побережья (в области мелководного шельфа, в устьях рек и др.) волна приобретает форму бора (бурлящего водяного вала, водной стены). Двигаясь с огромной скоростью в глубь берега, этот вал воды аккумулирует колоссальную динамическую энергию, уничтожая на своём пути суда и строения. Следует учитывать, что наибольшую скорость надвигающийся вал развивает в Тихом океане (она составляет от 650 до 800 км/ч). Что касается средней скорости большинства волн, то она колеблется от 400 до 500 км/ч, но были зафиксированы случаи, когда они разгонялись до скорости в тысячу километров (скорость обычно увеличивается после прохождения волны над глубоководным желобом).

2) Причина возникновения

Волны цунами относятся к так называемым длинным волнам – расстояние от гребня к гребню (длина волны) значительно превосходит глубину океана. С точки зрения гидродинамики волны цунами близки по своей природе к приливам. Цунами и приливы отличаются от обычных ветровых (штормовых) волн и морской зыби. Ветровое волнение затрагивает лишь верхний слой океана, на глубине 50 м волнение уже не ощущается. А приливы и течения, вызванные волной цунами, вовлекают в движение всю водную массу – от дна до поверхности

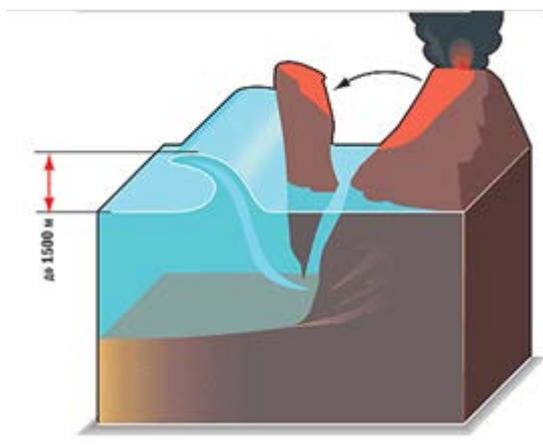
Одной из основных причин смещения литосферных плит (в 85% случаев) являются подводные землетрясения, во время которых одна часть дна поднимается, а другая – опускается. Вследствие этого океаническая поверхность начинает колебаться по вертикали, пытаясь вернуться к начальному уровню, формируя волны. Стоит заметить, что подводные землетрясения далеко не всегда приводят к образованию цунами: лишь те, где очаг расположен на небольшом расстоянии от океанического дна, а сотрясение было не менее семи баллов.

 <p>Уровень океана</p> <p>Океан</p> <p>Дно 1</p> <p>Состояние океана до землетрясения.</p>	
 <p>Уровень океана</p> <p>Океан</p> <p>Дно</p> <p>Опустившийся блок 2</p>	<p>Момент землетрясения. Опустился блок на дне, колонна воды потеряла опору. По краям блока образуются две волны, бегущие навстречу.</p>
 <p>Уровень океана</p> <p>Океан</p> <p>Дно</p> <p>Опустившийся блок 3</p>	<p>Волны продолжают движение навстречу друг другу. Опустившийся уровень воды над блоком начал подниматься.</p>
 <p>Уровень океана</p> <p>Океан</p> <p>Дно</p> <p>Опустившийся блок 4</p>	<p>Уровень воды над блоком приближается к уровню океана.</p>
 <p>Уровень океана</p> <p>Океан</p> <p>Дно</p> <p>Опустившийся блок 5</p> <p>$2h$</p>	<p>Столкновение встречных волн, точка отражения. Образовавшаяся волна в месте столкновения имеет двойную высоту.</p>

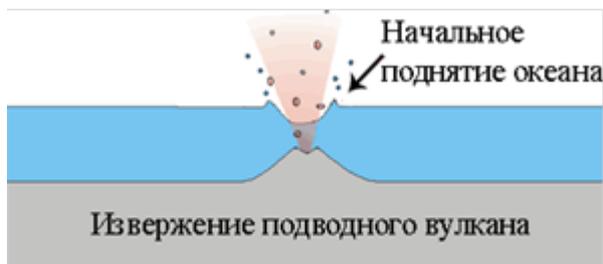


Отразившиеся друг от друга волны начинают разбегаться (меняют направление движения на противоположное).

Причины образования цунами довольно разные. К основным относятся подводные оползни, которые в зависимости от крутизны материкового склона способны преодолевать огромные расстояния – от 4 до 11 км строго по вертикали (зависит от глубины океана или ущелья) и до 2,5 км – если поверхность незначительно наклонена. Большие волны могут вызвать упавшие в воду огромные предметы – горные породы или глыбы льда. Так, самое большое цунами в мире, высота которого превысила пятьсот метров, было зафиксировано на Аляске, в штате Литуйя, когда в результате сильного землетрясения с гор сошёл оползень – и в залив обрушилось 30 миллионов кубических метров камней и льда.

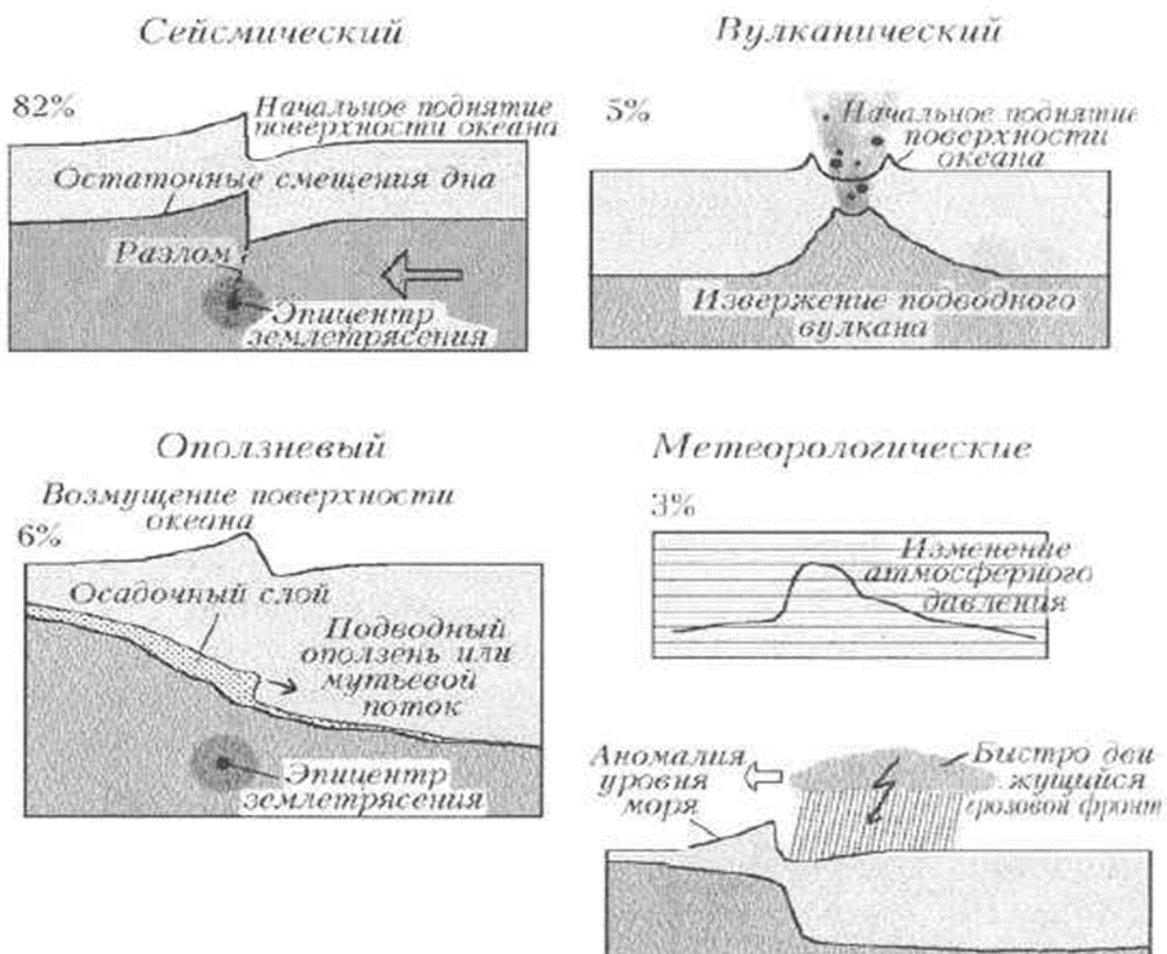


К основным причинам возникновения цунами также можно отнести извержения вулканов (около 5%). Во время сильных вулканических взрывов образуются волны, и вода мгновенно заполняет освободившееся пространство внутри вулкана, в результате чего формируется и начинает свой путь огромный вал. Классический пример - цунами, образовавшееся после извержения Кракатау в 1883 году. Огромные цунами от вулкана Кракатау наблюдались в гаванях всего мира и уничтожили в общей сложности 5000 кораблей, погибло 36 тысяч человек.



Кроме вышеназванных, специалисты выделяют ещё две возможные причины возникновения цунами. Прежде всего это человеческая деятельность. Так, например, американцы в середине прошлого века на глубине шестидесяти метров произвели подводный атомный взрыв, вызвав волну высотой около 29 метров, правда, прордержалась она недолго и упала, максимально преодолев 300 метров.

Ещё одной причиной образования цунами является падение в океан метеоритов диаметром более 1 км (удар которого обладает достаточной силой, чтобы вызвать стихийное бедствие). По одной из версий учёных, несколько тысяч лет назад именно метеориты вызвали сильнейшие волны, ставшие причинами крупнейших климатических катастроф в истории нашей планеты.



3) Основные характеристики цунами

К ним относятся: магнитуда, интенсивность на конкретном побережье и скорость движения волны, длина волны.

Цунами классифицируют по **магнитуде** (магнитудная шкала для цунами предложена японскими учеными). Магнитуда цунами (m) определяется, по аналогии с магнитудой землетрясений, как логарифм амплитуды колебаний уровня воды (h), измеренных стандартным мареографом у береговой линии на расстоянии от 10 до 3 км от источника цунами.

Магнитуда цунами		
Магнитуда и высота головной волны цунами (по Болту Б. А. и др., 1978)		
Магнитуда землетрясения	Магнитуда цунами	Максимальная высота головной волны цунами, м
6.0	Незначительная	—
6.5	- 1	0.5—0.75
7.0	0	1.0—1.5
7.5	1	2.0—3.0
8.0	2	4.0—6.0
8.5	3	8.0—12.0

Интенсивность цунами зависит от длины, высоты и фазовой скорости движения волны набега. Энергия цунами обычно составляет от 1 до 10% от энергии вызвавшего его землетрясения.

Длина морской волны - расстояние по горизонтали между двумя вершинами или подошвами смежных волн. Длина волны может составлять от 150 до 300 м. Она сокращается по мере уменьшения глубины океана, так как скорость перемещения цунами становится меньше при подходе к берегу.

4) Скорость цунами

Вообще, цунами движется за счет перетекания воды в поле тяжести. Поэтому скорость цунами определяется ускорением свободного падения g и локальной глубины океана:

$$v = \sqrt{gh} \text{ (Формула Лагранжа)}$$

Длина волны тут не важна, по крайней мере до тех пор, пока она много больше глубины. Если в эту формулу подставить числа, то для глубины 4 км получится 200 м/сек! Однако как только волна выходит на мелководье, скорость резко

падает: при глубине 10 м скорость составляет всего 10 м/сек.

Это очень важная формула. Она показывает, что цунами не надо представлять себе "баллистически" - т.е. так, словно большая масса воды "по инерции" разлетается во все стороны от очага с постоянной скоростью. Цунами - это "коллективный эффект", зависящий не столько от самой среды, сколько от «граничных условий» т.е. от формы водоема.

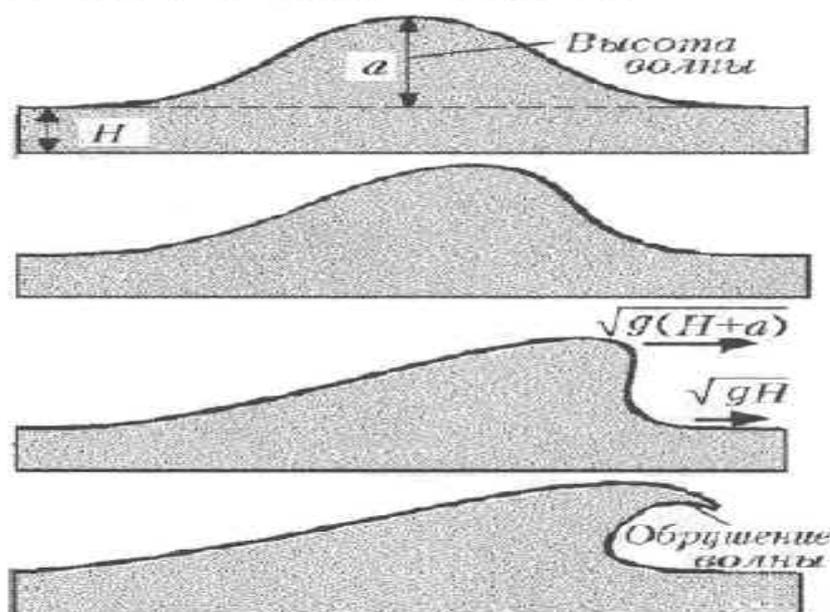
Ну и конечно не надо смешивать скорость перемещения волны и скорость течения воды. Сама вода движется довольно медленно: ее скорость примерно в x/h раз меньше скорости волны, где x -- это амплитуда волны, h -- глубина океана; т.е. в открытом океане примерно на 4 порядка меньше скорости волны.

5) Опрокидывание волн

Из данной формулы вытекают два следствия. Первое-при выходе на мелководье высота волн растет. Картинка простая: передняя часть колебания, выйдя на мелководье, резко притормаживается, задняя ее догоняет, вода поднимается. Можно еще сказать так: в пренебрежении потерями энергии на трение о дно и вязкость, продольное сжатие волны означает повышение плотности энергии, а значит, рост высоты волны. Второе следствие - опрокидывание. Это уже нелинейный аспект волн на мелкой воде. Упрощенно, картинка такая. В той формуле под h следует понимать **локальную** глубину, которая различная на гребне и во впадине волны. Это значит, что гребень будет стараться опередить впадину при своем движении вперед. Ясно, что чем мельче водоем, тем сильнее этот эффект (глубина уменьшается, а высота волны растет). Поэтому при подходе к берегу верх волны не только поднимается, но и стремится опрокинуться вперед.

Отражение волны от крутого берега приводит к удвоению её амплитуды на берегу. Если амплитуда набегающей волны 5 м, то при отражении на линии берега высота составит 10 м. Коэффициент отражения от берега-стенки близок к 1. Однако, если берег покатый, при выходе волны на мелководье происходит обрушение гребня. Оказывается, когда высота волны a сравнима с глубиной воды H , разница между скоростями движения «подошвы» волны и её гребня становится существенной. Вершина волны, скорость движения которой равна $\sqrt{g(H+a)}$, догоняет подошву, движущуюся со скоростью \sqrt{gH} , что и вызывает обрушение.

Выход волны на мелководье



В океане, вдали от берегов, высота цунами невелика (до двух метров с периодом от пяти до 90 минут), длина достигает сотен километров, поэтому они очень пологи и почти неощутимы для судов, находящихся в открытом море. Около берега на мелководье кинетическая энергия воды превращается в потенциальную, поэтому высота волн может достигать 10 м, а в неблагоприятных по рельефу участках (клинообразных бухтах, долинах рек и т.д.) - свыше 50 м.

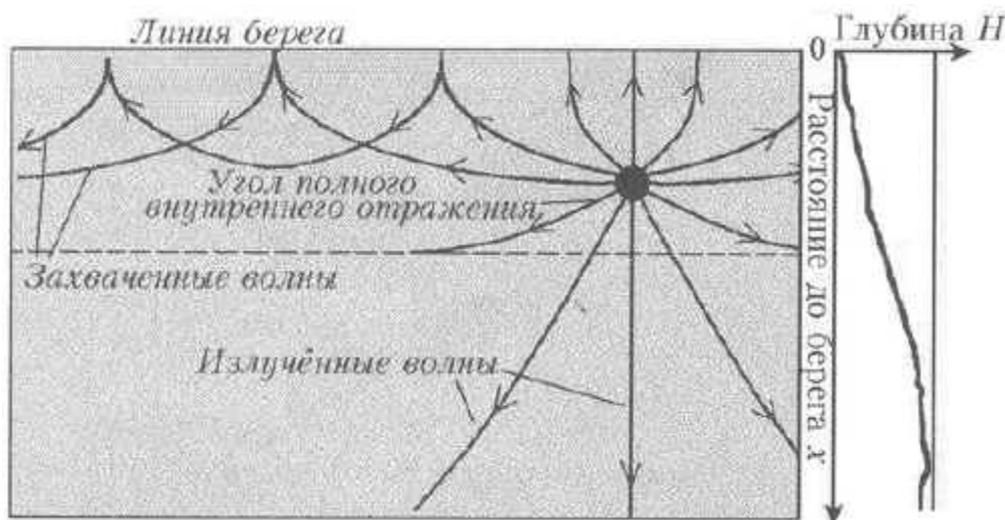
6) Затухание волн

В открытом океане с ровным дном энергия волны затухает как $1/r$, где r – расстояние от источника. Соответственно амплитуда (высота) волны уменьшается как $1/\sqrt{r}$. Такое затухание иногда называют геометрическим расхождением. Кроме эффекта геометрического расхождения волна испытывает затухание за счёт рассеяния на неоднородностях рельефа дна.

7) Преломление цунами

В роли коэффициента преломления для волн цунами выступает скорость \sqrt{gH} . Чем меньше глубина воды, тем скорость распространения меньше. Соответственно «луч» цунами всегда загибается в сторону мелководья. Особенности топографии дна могут создавать дополнительные эффекты. На шельфе, глубина которого в среднем 200 м, могут образовываться так называемые

«захваченные» волны. Если источник цунами находится в пределах протяжённого шельфа, часть лучей цунами не может покинуть мелководную часть и уйти в глубокий океан из-за эффекта полного внутреннего отражения.



8) Энергия цунами

Во время землетрясения над очагом формируется начальное смещение поверхности океана. Мы можем считать, что вся энергия цунами в этот момент представлена в виде потенциальной энергии поднятия столба жидкости над очагом. Обозначим среднюю высоту смещения поверхности океана через a . Тогда потенциальная энергия выразится формулой $E = \frac{1}{2} \rho g a^2 \cdot S$, где ρ – плотность воды, а S – площадь очага. Размеры источника возьмём $100 \cdot 1000$ км . км – это типично для мощных землетрясений. Для источника со средней высотой смещения поверхности $a = 0,5$ м получается примерно 10^{21} эрг (10^{14} Дж), что равняется энергии бомбы, взорванной в Хиросиме.

9) Интерференция цунами

Цунами, как и любая волна, может интерферировать. Если волна пришла в какое-то место сразу по нескольким путям (за счет преломления и отражения), то она накладывается сама на себя. В результате локально может наблюдаться как очень слабый, так и очень сильный всплеск. "Узор" из больших всплесков на глобусе из-за интерференции как правильно очень сложный и сильно зависит от профиля океанического дна. Поскольку волна сильнее отражается от резких перепадов глубин, то даже относительно небольшие (высотой несколько сот метров), но крутые подводные горы или трещины, могут повлиять на картину интерференции и дальнейшее распространение волн.

Это наверно самая главная трудность в надежном предсказании времени прихода и высоты волны в тот или иной пункт. Профиль океанического дна известен всё еще довольно плохо. В принципе в некоторых районах океана специальные суда всё промеряли довольно хорошо, но весь океан они пока не покрыли. Оценивается, что для покрытия всего океана нужно время 100-200 корабле-лет и вложения порядка 1 млрд. долларов.

Однако есть и другой выход - спутниковые измерения из космоса. Это вообще довольно нетривиальная вещь. Всё основано на гравитации: подземные горы слегка притягивают к себе воду, из-за чего непосредственно над горой на поверхности океана будет небольшое вспучивание, высотой порядка сантиметров. Это вспучивание океана надо заметить со спутников (а точнее, измерить отклонение от вертикали), причем для этого приходится вычитать намного более сильные эффекты от волн.

10) Дифракция

Это хорошо известное явление, особенно в оптике и акустике. Это явление огибания волнами препятствий. Именно такое движение позволяет волнам проходить через препятствия в гавани, так как энергия переносится поперечно по отношению к гребню волны, как показано на схеме.

11) Классификация цунами

По числу смертельных случаев выделяют пять групп этого опасного явления. К первой относятся ситуации, когда смертельные исходы зафиксированы не были. Ко второй – волны, повлёкшие за собой гибель до пятидесяти человек. Валы, относящиеся к третьей категории, вызывают смерть от пятидесяти до ста человек. К четвёртой категории принадлежат «волны-убийцы», погубившие от ста до тысячи человек.

Последствия цунами, относящиеся к пятой категории — катастрофичны, поскольку влекут за собой смерть более тысячи человек. Обычно такие катастрофы характерны для акватории самого глубокого в мире океана, Тихого, но нередко происходят и в других точках планеты. Это относится к катастрофам 2004 года возле Индонезии и 2011 года в Японии (25 тыс. погибших). Были в истории зафиксированы «волны-убийцы» и на территории Европы, например, в середине XVIII столетия тридцатиметровый вал обрушился на побережье Португалии (во время этой катастрофы погибло от 30 до 60 тысяч человек).

12) Поражающие факторы цунами

К поражающим факторам цунами относятся: ударная волна, размытие, затопление. Колоссальная кинетическая энергия волны позволяет цунами рушить практически все, что встречается на пути. Разрушения, вызываемые цунами, происходят в основном из-за удара волн, в результате затопления, размыва фундаментов зданий, мостов и дорог. Разрушения увеличиваются из-за плавающих обломков, лодок, машин, которые с силой ударяют в здания. Сильные течения, которые иногда наблюдаются во время цунами, вызывают дополнительные разрушения из-за того, что обрывают боны, срывают с якорей лодки и баржи. Дополнительные разрушения могут произвести пожары из-за разлива нефтепродуктов в результате цунами; могут также иметь место загрязнения в результате нарушений системы канализации и смыва химических веществ.

13) Экономический ущерб

Что касается экономического ущерба, то его измеряют в американских долларах и подсчитывают, учитывая затраты, которые надо выделить на восстановление разрушенной инфраструктуры (утраченное имущество и разрушенные дома не учитываются, потому как относятся к социальным расходам страны).

По размерам убытков экономисты выделяют пять групп. К первой категории относят волны, не причинившие особого вреда, ко второй – с потерями до 1 миллиона долларов, к третьей – до 5 миллионов долларов, к четвертой – до 25 миллионов долларов.

Ущерб от волн, относящийся к пятой группе, превышает 25 миллионов. Например, убытки от двух сильнейших стихийных бедствий, произошедших в 2004 году возле Индонезии и в 2011 – в Японии, составили около 250 миллиардов долларов. Стоит учитывать и экологический фактор, поскольку волны, повлекшие за собой гибель 25 тысяч человек, повредили в Японии атомную станцию, вызвав аварию.

14) Прогнозирование цунами

Прогноз цунами бывает долгосрочный и краткосрочный. Под долгосрочным прогнозом подразумевается оценка риска. То есть, например, вероятность цунами в Балтике очень низкая, хотя все-таки не нулевая. Но там можно спокойно строить здания на берегу, купаться, в специальной службе цунами необходимости нет. На берегу Северного Сахалина вероятность цунами тоже довольно низкая. А вот на Курильских островах, на Южном Сахалине и в области Японского моря

уровень риска гораздо выше. Это называется долгосрочным прогнозом: мы оцениваем вероятную высоту волны цунами, ее повторяемость. Понятие «повторяемость» подразумевает, что, например, цунами с высотой 3 метра будет возникать в данном районе раз в 10 лет, а для цунами с высотой 20 метров повторяемость может составлять 100 лет. Самые высокие волны и самая частая повторяемость приходятся на Курильские острова и Камчатку. Большие цунами со значимой высотой происходят там раз в пять лет.

Другой вид прогноза — оперативный. То есть это прогноз события, которое фактически уже произошло. Случилось землетрясение, образовалось цунами, но у жителей побережий еще есть время, и мы можем оценить проблему, принять решение об эвакуации и выводе судов в открытое море. Одним словом, есть масса мероприятий, которые зависят от этого прогноза. Когда служба цунами только появилась, такие решения принимались только исходя из силы землетрясений: при помощи сейсмических приборов оценивали магнитуду. Если землетрясение больше 6 баллов, то может произойти цунами, хотя при 6 баллах незначительное. Для Курильских островов тревожной магнитудой является 7 или 7,5 балла. Такое землетрясение может вызвать серьезное цунами. И, как уже было сказано, эта характеристика долгое время была единственным основанием для принятия решения об эвакуации на Сахалине, Камчатке и Курильских островах.

Однако далеко не все землетрясения порождают цунами. А людям, встревоженным извещением об эвакуации, как правило, не нравится по ночам убегать в сопки, когда тревога в конце концов оказывалась ложной. Из-за этого некоторые стали отказываться от эвакуации, что приводило к жертвам среди населения побережья, флота. Очень важно знать наверняка, будет цунами или нет.

Сейчас наука очень сильно продвинулась в предсказании цунами. Появились современные способы наблюдения за уровнем моря, например американские глубоководные приборы DART, российские разработки. Ведутся постоянные наблюдения. Как только происходит землетрясение, через спутник передается информация, оценивается, есть волна или нет.

В глубоководной части океана волна, как правило, не очень большая — обычно не более 10–20 сантиметров. Из этой величины можно рассчитать, какая волна будет на берегу. В современном мире система работает именно так, она должна давать прогноз волны цунами для разных частных случаев. Но небольшие ошибки все же бывают. В случае с нашим Дальним Востоком нас спасает то, что плотность населения небольшая, жертв поэтому немного. Последнее землетрясение в населенном районе Южных Курильских островов было в 1994 году. Тогда никто не погиб, но ущерб был нанесен значительный: на берег выбросило несколько рыболовецких судов, были затоплены прибрежные сооружения, один из домов унесло вверх по руслу реки.

Глава 2

Оборудование:

- Специальный аквариум.
- Линейка
- Брусочек для создания цунами
- Брусочек для деления цун
- Секундомер

Опыт №1

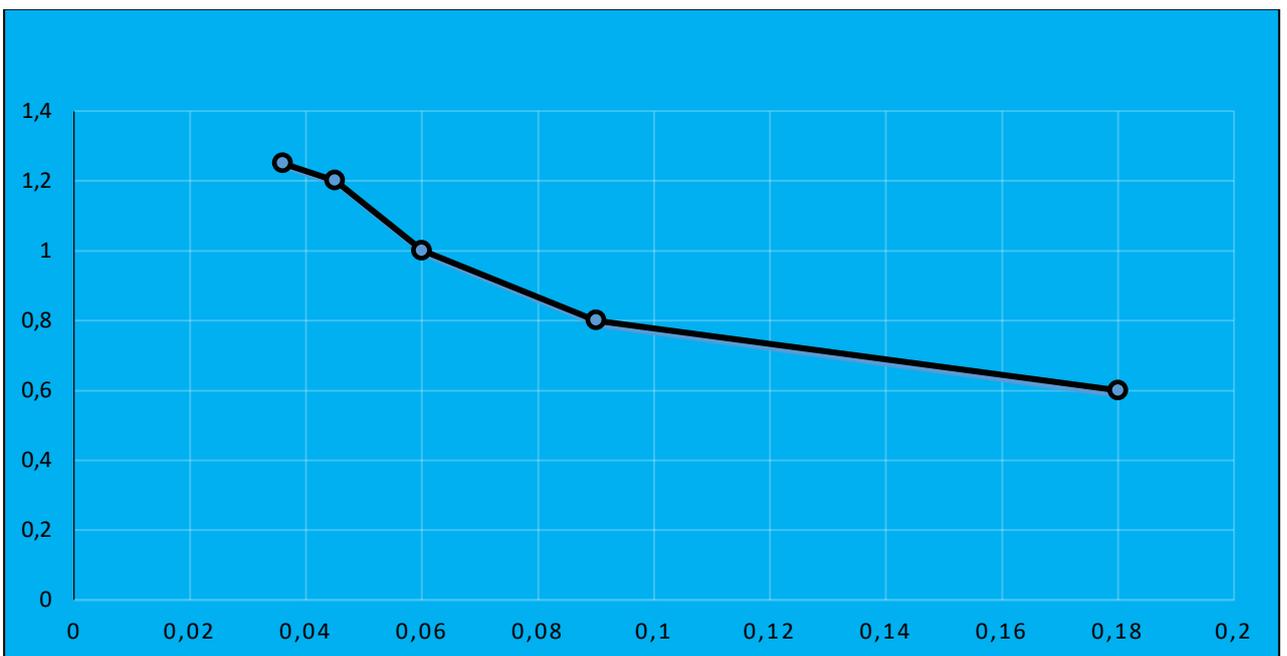
Исследование зависимости H гребня волны от ширины берега.

Цель: проверить теорию цунами связанную с более интенсивным возрастанием волн на узком берегу.

H -высота гребня, V -скорость с которой проходит цунами, d -ширина аквариума у берега

H=0,12 L=1,15					
D(м)	0,18	0,09	0,06	0,045	0,036
V(м/с)	0,94	0,88	0,88	0,88	0,88
H(м)	0,6	0,8	1	1,2	1,25

1. Можно заметить прямую зависимость высоты волны от ширины берега. Скорость не меняется.
2. Данный опыт подтверждает, что при более узком заливе, высота цунами выше



Опыт №2

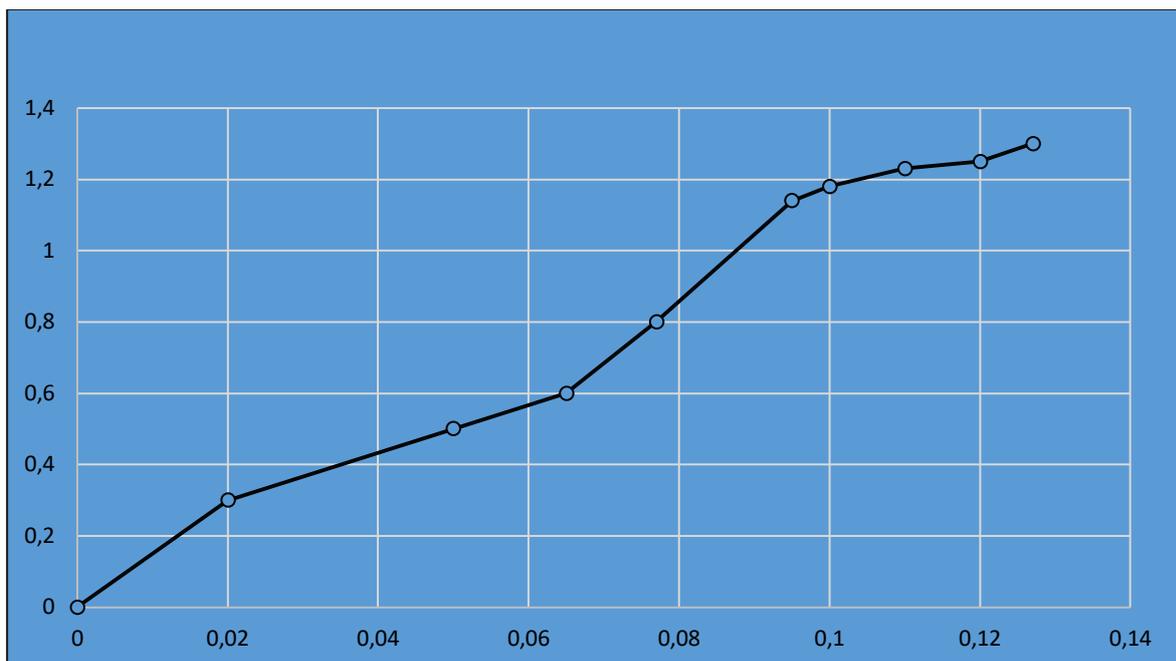
Цель: проверить и подтвердить или опровергнуть формулу $v = \sqrt{gh}$

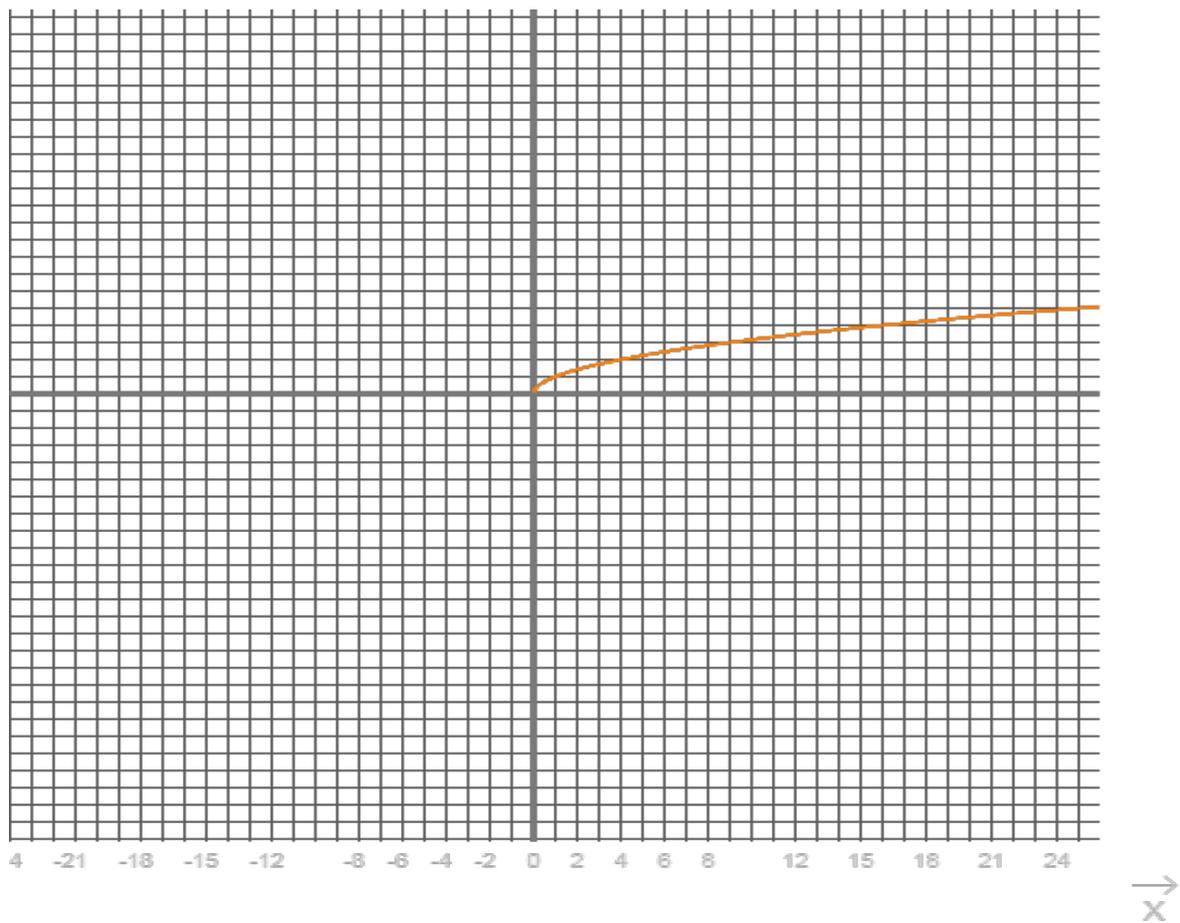
Исследование зависимости h от V цунами

L -длина пути, которое проходит цунами, H - высота гребня цунами, h - высота воды от дна, V -скорость цунами

L=0,4(м)								
h(м)	0,05	0,065	0,077	0,095	0,1	0,11	0,12	0,127
H	0,011	0,007	0,006	0,004	0,008	0,003	0,2	0,002
V	0,5	0,6	0,8	1,14	1,18	1,23	1,25	1,6

Можно заметить, что при увеличении h увеличивается V .





Как можно заметить график функции данной формулы частично соответствует экспериментальному.



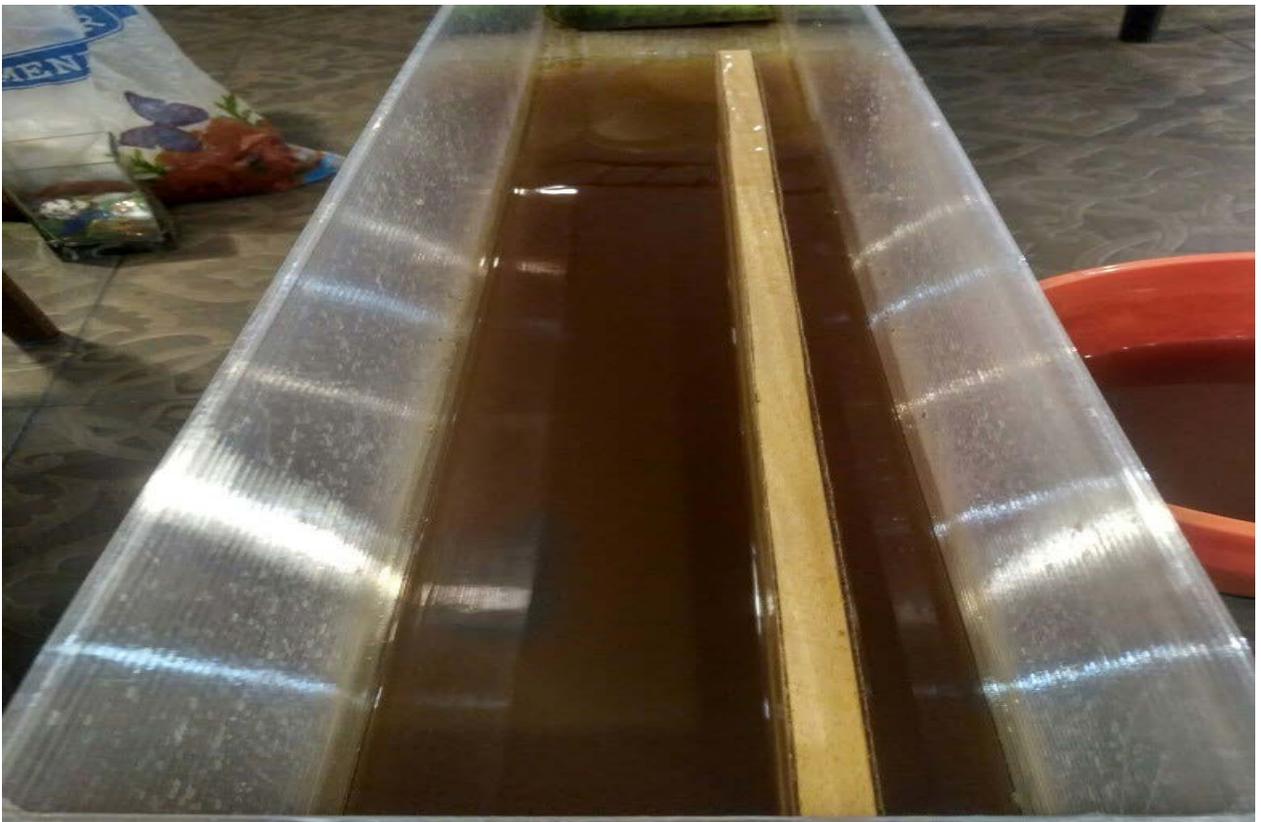
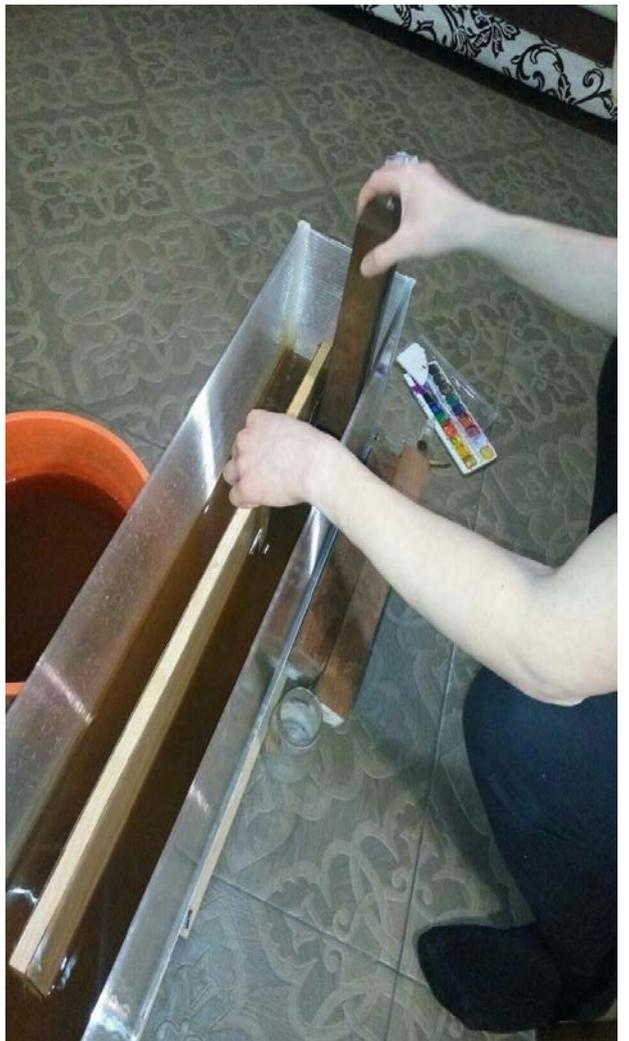
Опыт №3

Цель: найти зависимость ширины аквариума от высоты гребня.

Н-высота гребня, В-ширина аквариума

Н=0,12 L=0,4				
В	0,18	0,9	0,06	0,045
Н	0,003	0,003	0,006	0,008
V	0,8	0,8	0,8	0,8

В данном опыте, можно заметить, что при увеличении В увеличивается Н.



Опыт № 4

Цель: наглядно показать способы создания цунами.

V-скорость цунами, Н-высота гребня, Т-время за которое волна проходит данное расстояние, h- высота от дна до поверхности, L- расстояние которое проходит цунами.

Исследование зависимости V и Н от вида импульса.

Виды импульсов	Сейсмическое	Оползень	Метеорологические(быстро движущиеся грозовой фронт)
V	0,6	0,5	0,5
H	0,003	0,005	0,009
T	0,6	0,8	0,8
h= 0,11 L=0,4			

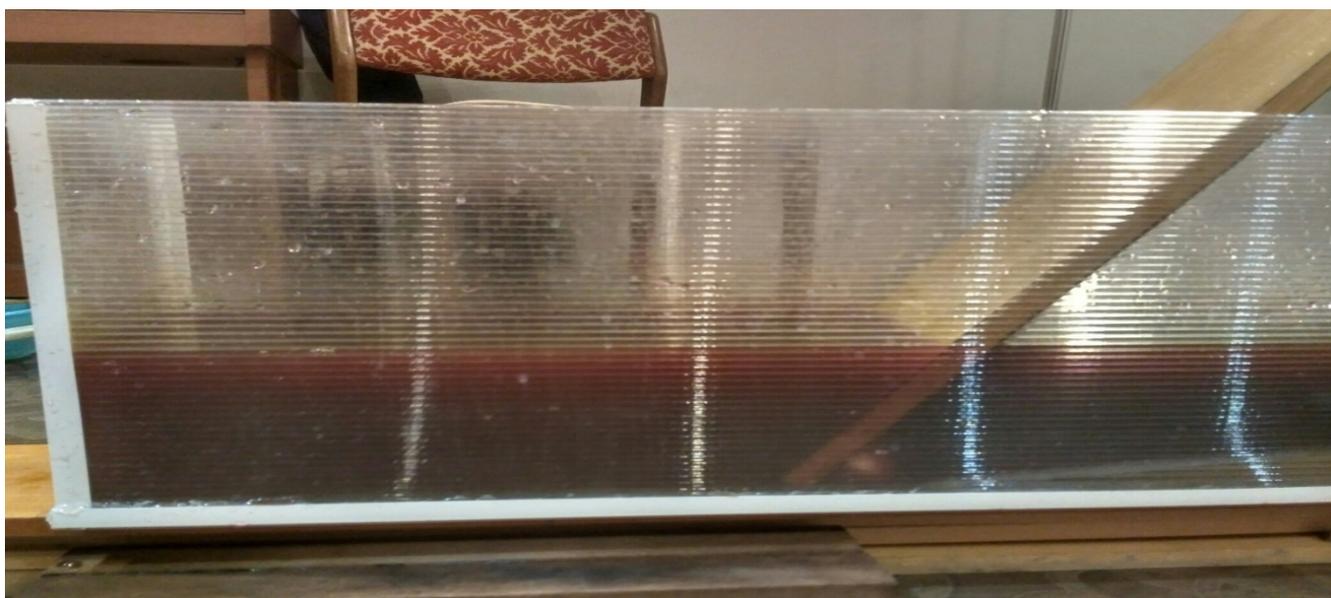
Сейсмический (сдвиг литосферных плит)



Метеорологический (быстро движущийся грозовой фронт)



Оползень (сход большого количества камней, ледяных глыб)



Вывод:

Подводя итог всей проделанной работы, можно сказать ,что я подтвердил теоретические знания о цунами.

Проведя ряд опытов, сделал вывод, что при более узком берегу, высота волны цунами выше, а так же, что при более мелком побережье, интенсивность роста волн сильнее, следовательно необходимо создать более широкие и глубокие берега, гавани для меньшего эффекта цунами.

Существуют некоторые варианты, чтобы не подвергаться цунами, один из них это переселение из сейсмоопасных зон в более безопасные, однако люди не хотят покидать свои родные дома и терять практически все. Второй вариант это предсказание цунами путем специальных устройств, находящихся в воде, что вполне осуществимо, но затратно. Третий способ- это создание специальных условий у сейсмических зон: постройка волнорезов и специальных укрепительных стен для понижения разрушительности цунами-это вполне эффективный способ, но только для уменьшения волн.

Но как показывает мировая практика, не один из способов, кроме оповещения населения перед самим цунами, не так эффективен и безопасен.

Данное явление очень опасно и происходит циклично раз в 4-10 лет. Поэтому необходимо дальнейшее изучение цунами для более глубокого понимания данного явления.

Список литературы

1. <http://mirznanii.com/a/23355/fizika-tsunami-mery-bezopasnosti>
2. <http://fiz.1september.ru/articlef.php?ID=200501107>
3. <http://igorivanov.blogspot.ru/2010/02/physics-of-tsunami.html?m=1>
4. <https://postnauka.ru/faq/75488>