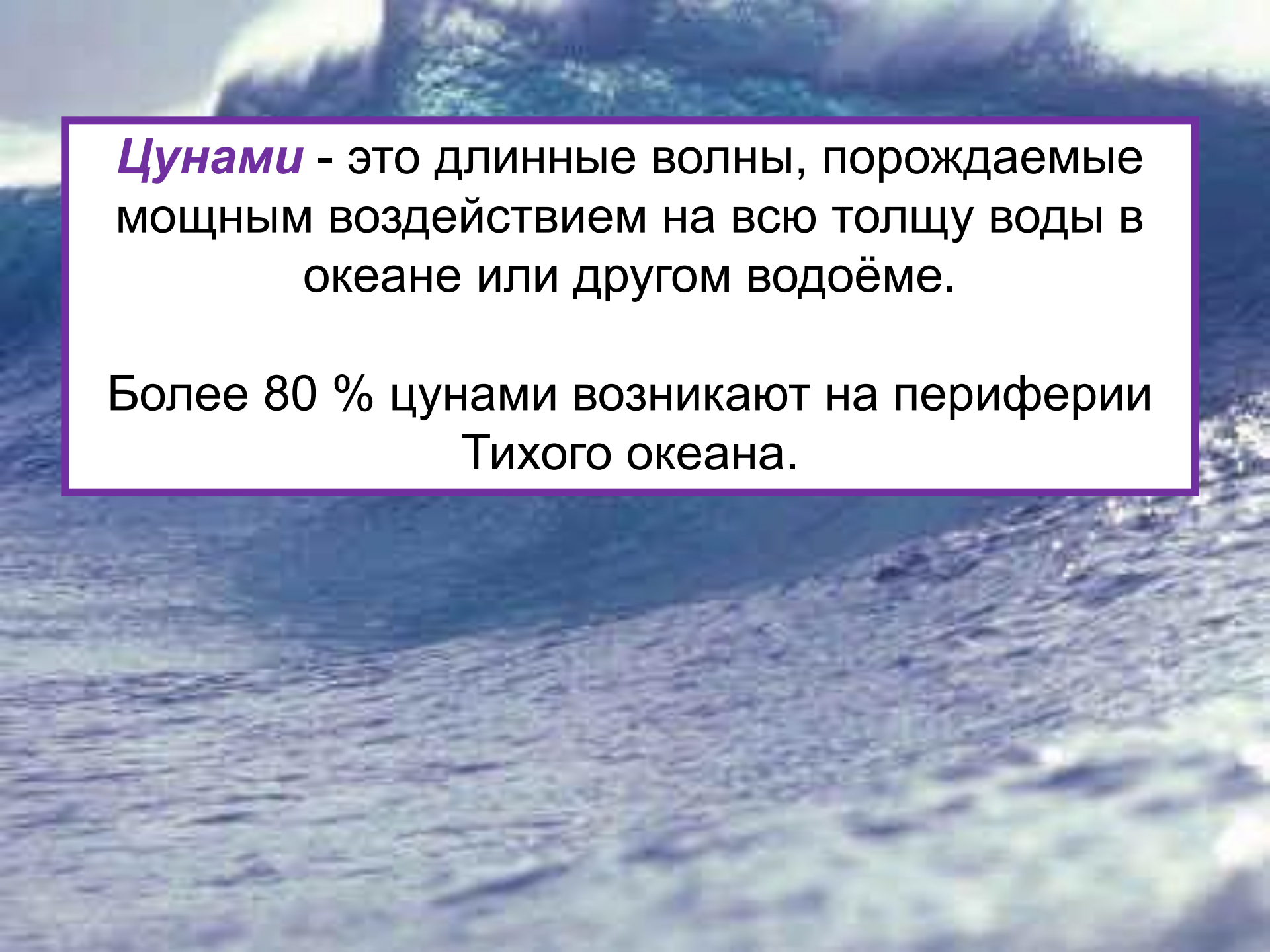




ЦУНАМИ



Цунами - это длинные волны, порождаемые мощным воздействием на всю толщу воды в океане или другом водоёме.

Более 80 % цунами возникают на периферии Тихого океана.

Первое научное описание явления дал Хосе де Акости в 1586 году, в Лиме, Перу, когда после мощного землетрясения, цунами высотой 25 метров ворвалось на сушу на расстояние 10 км.



ЧТО ТАКОЕ ЦУНАМИ

Цунами - это не одна чудовищная стена воды, которая накрывает корабли и прибрежные города, это ряд морских волн, способных пересечь весь океан со скоростями до 900 километров в час.

В море волны цунами не превышают по высоте **60 см**. Но их **длина иногда больше 250 км**, значительно больше глубины бассейна, в котором они распространяются

ЧТО ТАКОЕ ЦУНАМИ

Все цунами характеризуются огромной энергией, существенно большей, чем у самых мощных ветровых волн, от которых отличаются длиной и поверхностным характером колебания частиц воды.

Цунами "чувствует дно"

- даже в самом глубоком океане эта едва заметная последовательность волн представляет движение всего вертикального столба воды;
- когда цунами достигает мелководья на своем пути, скорость волн уменьшается, но высота их растет

ЦУНАМИ

Гравитационная волна большой длины



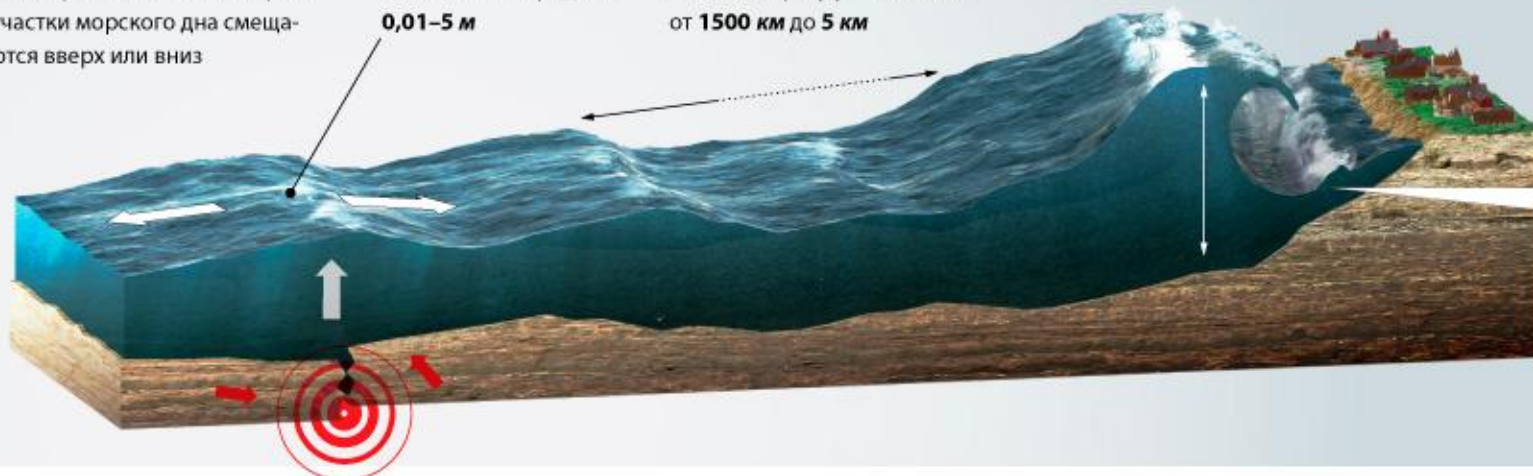
80% цунами возникают на периферии Тихого океана, включая западный склон Курило-Камчатского желоба

Чаще всего цунами возникают в результате подводных землетрясений, из-за которых участки морского дна смещаются вверх или вниз

Высота волн в области их возникновения колеблется в пределах **0,01–5 м**

Расстояние между соседними гребнями волн по мере приближения к берегу уменьшается от **1500 км до 5 км**

У побережья высота волн может достигать **10 м**, а в участках со сложным рельефом (клинообразных бухтах, долинах рек и т.д.) — **свыше 50 м**



Во время цунами в движение приходит вся толща воды. «Упираясь» в прибрежное дно, обладающая большой кинетической энергией волна закручивается и высоко поднимается

Самые разрушительные цунами за последние 50 лет

Источник: Национальное управление океанических и атмосферных исследований США

Магнитуда землетрясения	9,5	6,9	8,1	7,7	7,8	7	9	7,7	8
	22.05.1960	23.02.1969	16.08.1976	12.12.1979	12.12.1992	17.07.1998	26.12.2004	17.07.2006	27.02.2010
	Чили	Индонезия, Макассарский пролив	Филиппины	Колумбия	Индонезия, море Флорес	Папуа-Новая Гвинея	Индонезия, о. Суматра	Индонезия, о. Ява	Чили
Количество погибших	1263	600	4456	600	2500	2183	227 898	664	528
Макс. высота волны, м	25	4	8,5	6	26,2	15	50,9	10	11,2

Цунами 26 декабря 2004 года



ЧЕМ ВЫЗЫВАЕТСЯ ЦУНАМИ

- ◎ Подводное землетрясение (свыше 90 % всех цунами).
- ◎ Вулканические извержения.
- ◎ Оползни (довольно редко).
- ◎ Человеческая деятельность.
- ◎ Падение метеорита может вызвать огромное цунами.

Начальное поднятие поверхности океана



РАЗЛИЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВОЛН ЦУНАМИ

СЕЙСМИЧЕСКИЕ

85%
Начальное поднятие
поверхности океана



ВУЛКАНИЧЕСКИЕ

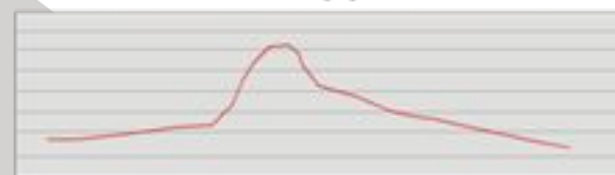
5%



МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ

Изменение атмосферного давления

4%



Быстро движущийся грозовой фронт

Аномалия уровня моря



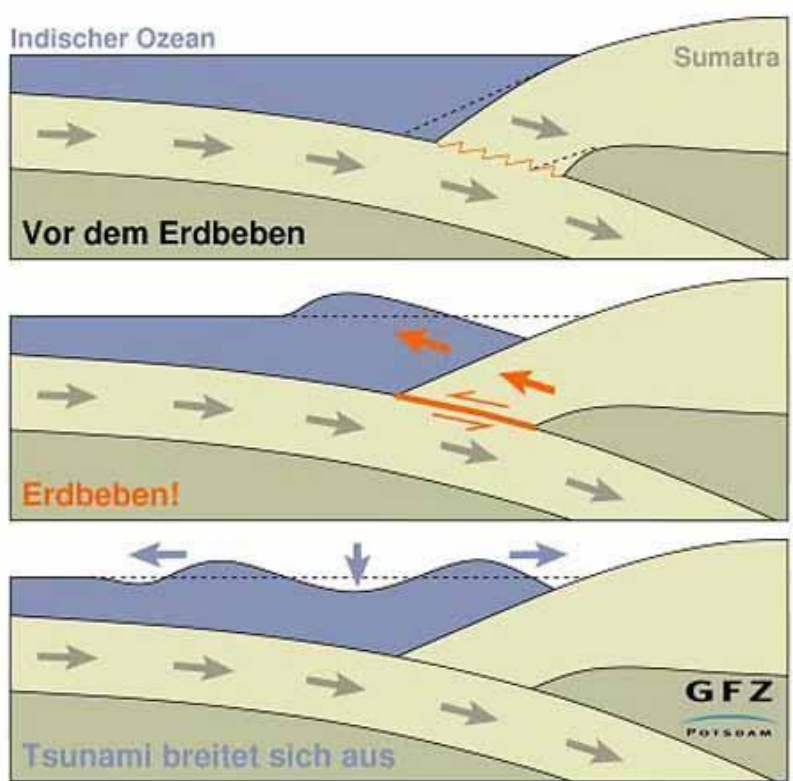
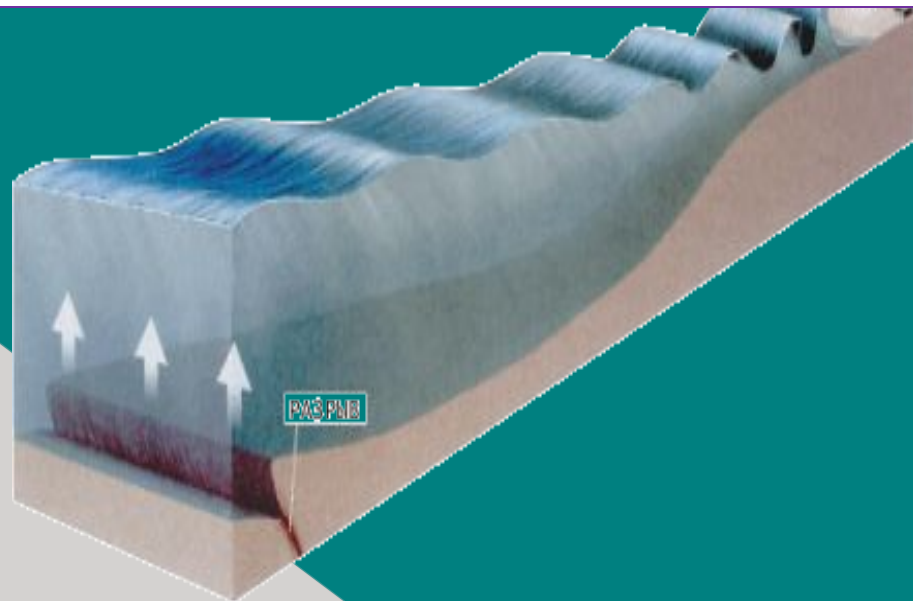
ОПОЛЗНЕВЫЕ

6%

Возмущение поверхности океана

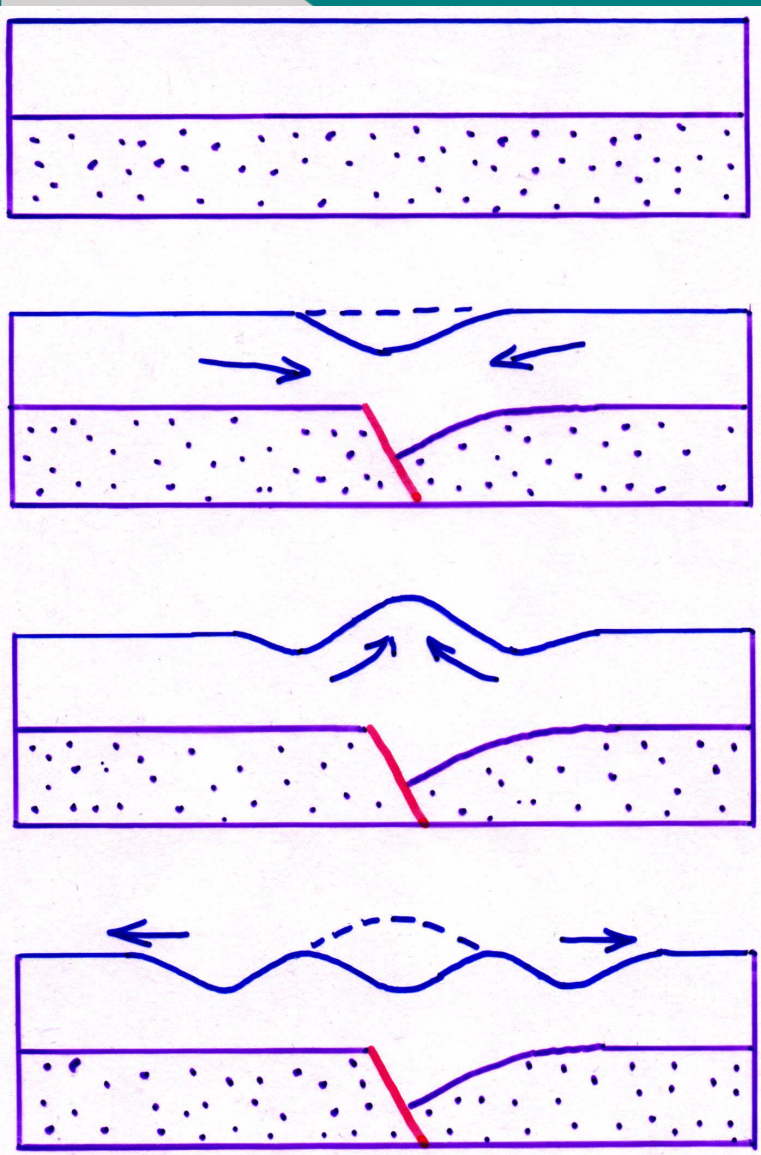


1. Землетрясения



Цунами образуются при землетрясении любой силы, но большой силы достигают те, которые возникают из-за сильных землетрясений (более 7 баллов). Наиболее значительные цунами образуются при субвертикальном движении океанического дна

Схема образования



Статистика

Тихий океан – за последние 10 лет более 70 цунами.

Россия (Тихоокеанское побережье) за 300 лет – 70 цунами. Самое разрушительное 4 ноября 1952 года (волна высотой 10-14 м). Разрушен г. Северо-Курильск (о. Парамушир).

Индийский океан за последние 125 лет - 2 разрушительных. 26 августа 1883 г. (Кракатау), 26 декабря 2004 г. (Суматранское землетрясение)

Суматринское землетрясение 2004 года



Суматринское землетрясение 26.12.2004

Причины землетрясения и цунами



Причиной цунами стало подводное землетрясение, которое произошло в 00 часов 58 минут 26 декабря 2004 года.

Характеристики землетрясения

Эпицентр землетрясения находился в Индийском океане, к северу от острова Симёлуэ, расположенного возле северо-западного берега острова Суматры (Индонезия);

Глубина гипоцентра – 30 км (неглубокий, малофокусный);

Магнитуда – 9,1 по шкале Рихтера

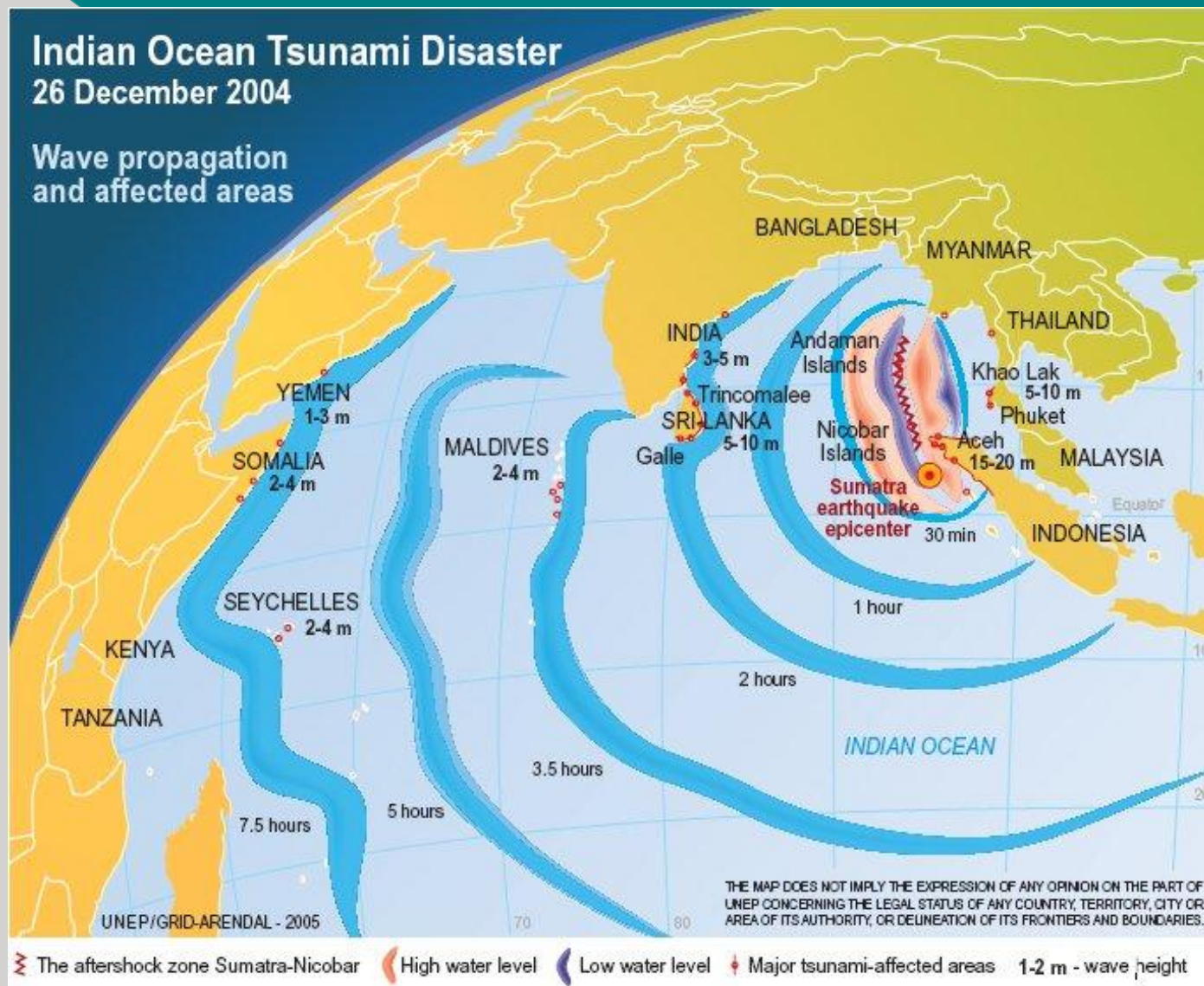
Нанесен урон большому количеству стран Юго-Восточной Азии, таких как Индонезия, Шри-Ланка, Таиланд, Мальдивы, Сомали, Мьянма, Малазия и так далее

Сообщаемое количество жертв от землетрясения, цунами и последующего наводнения оценивается примерно **в 235 тыс. чел.,** десятки тысяч пропали без вести, более чем миллион человек остались без крыши над головой.

Погибло **свыше 9000 иностранных туристов,** особенно это коснулось туристов из стран Скандинавии.

Социально-экономическое состояние региона мгновенно ухудшилось. Страны охватил голод и болезни (холера, тиф и дизентерия). **Не лишено оснований предположение о том, что еще 300 000 человек погибли в последующий год после цунами.**

Время распространения волны цунами



Последствия цунами



January 10, 2003



Aceh, Sumatra, Indonesia

December 29, 2004



AP



Последствия цунами 2004 г., Тайланд

Память о жертвах цунами 2004 г.



Последствие цунами в Японии 2011г.



2. Цунами, вызываемое вулканами

- В 1883 году в результате серии вулканических извержений вулкана Кракатау в Индонезии образовались мощные волны цунами.
- Налетев на острова Ява и Суматра, эти волны смыли более 5000 лодок и просто смели много мелких островов.
- Волны высотой с 12-этажный дом снесли с лица земли около 300 деревень и вызвали гибель более 36 000 людей.
- Оценено, что сейсмические волны обошли два или три раза вокруг Земли.

Извержение вулканов



Взрыв вулкана Кракатау
и последующие за этим
цунами
26 августа 1883г. унесли
жизни 36 тыс. человек

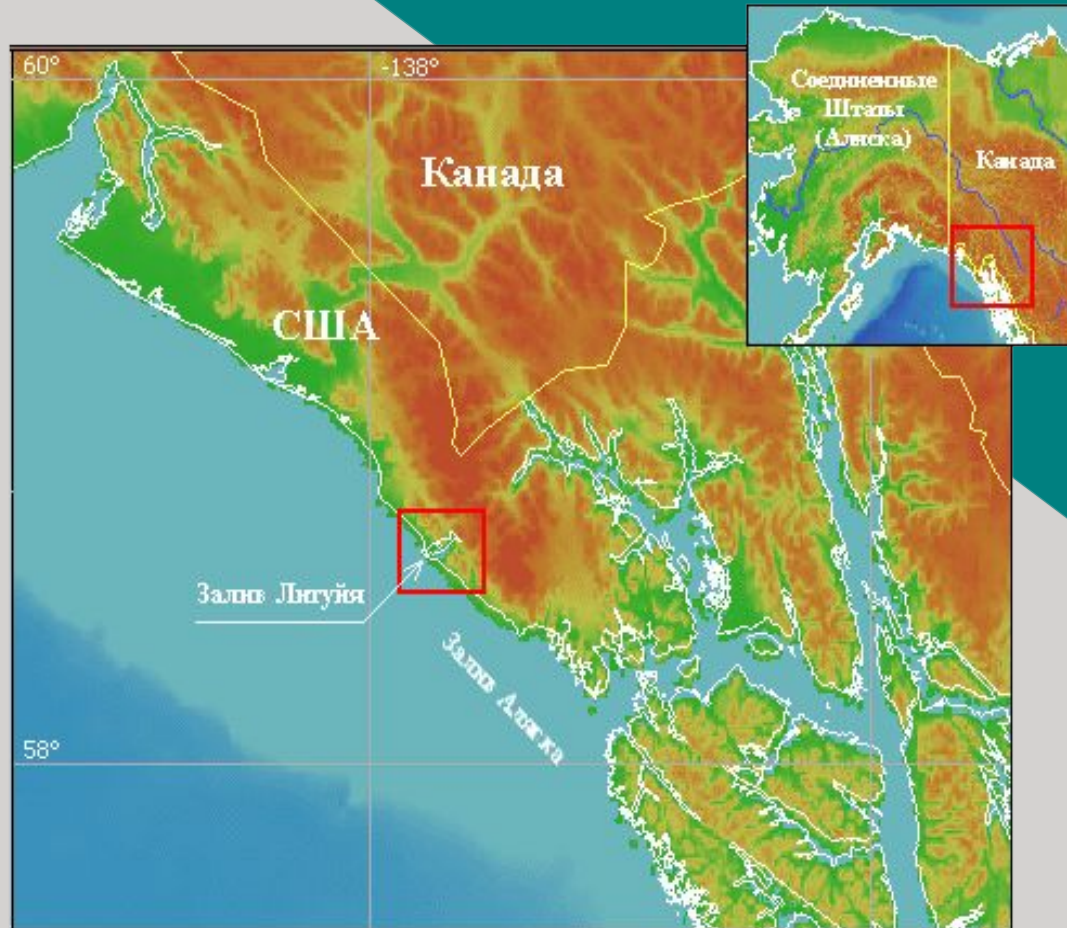
3. Цунами, вызываемое оползнем/обвалом

- В 1958 году в заливе Литуйя на Аляске произошел обвал, и около 81 миллиона тонн льда и твердой породы обрушилось в море. После обвала образовалось цунами, которое с большой скоростью распространилось по заливу.
- Волны достигали поразительной высоты 35 - 50 метров (это самая большая высота волн из всех зарегистрированных в истории цунами на побережье Аляски).
- Эти волны вырвали с корнем все деревья и кустарники на склонах.



Последствия цунами на
Аляске, 1958 год

Оползни и обвалы



Положение залива
Литуйя.
Аляска. 09.07. 1958 г.
Оползень горы
Фэйруэзер в 81 млн.
куб.м.
Высота волны 52 м.

4. Антропогенные причины цунами

- В 1946 году США произвели в морской лагуне глубиной 60 м подводный атомный взрыв с тротиловым 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.
- Для более дальнего распространения волны нужно вытеснить или поглотить значительный объём воды, поэтому цунами от подводных оползней и взрывов всегда несут локальный характер.
- В настоящее время любые подводные испытания атомного оружия запрещены серией международных договоров.



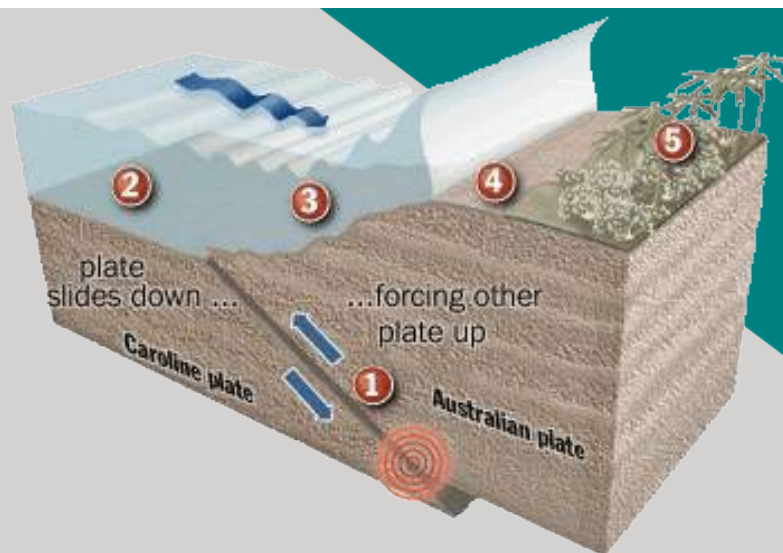
**5. Падение
метеорита
может также
вызвать
цунами**

Признаки появления цунами

- ❑ **Внезапный быстрый отход** воды от берега на значительное расстояние и осушение дна.
- ❑ Чем дальше отступило море, тем выше могут быть волны цунами. В случае **телецунами** (глобальных цунами) волна обычно подходит без отступления воды.
- ❑ **Землетрясение**. Эпицентр землетрясения находится, как правило, в океане. На берегу землетрясение обычно гораздо слабее, а часто его нет вообще. Если ощущается землетрясение, то лучше уйти дальше от берега и при этом забраться на холм.
- ❑ **Необычный дрейф льда и других плавающих предметов.**
- ❑ Громадные взбросы у кромок неподвижного льда и рифов, образование толчеи, течений.

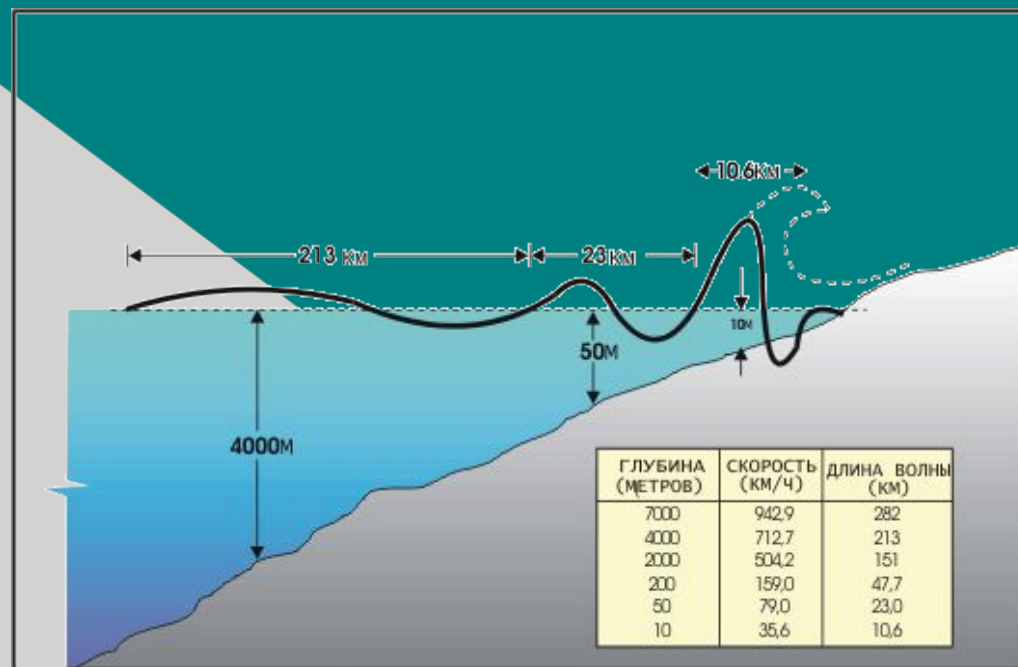
ГЕНЕРАЦИЯ ЦУНАМИ

Наиболее часто и наиболее сильные цунами образуются во время резкого вертикального движения горных пород вдоль разлома при сильном землетрясении (*свыше 7 баллов*)

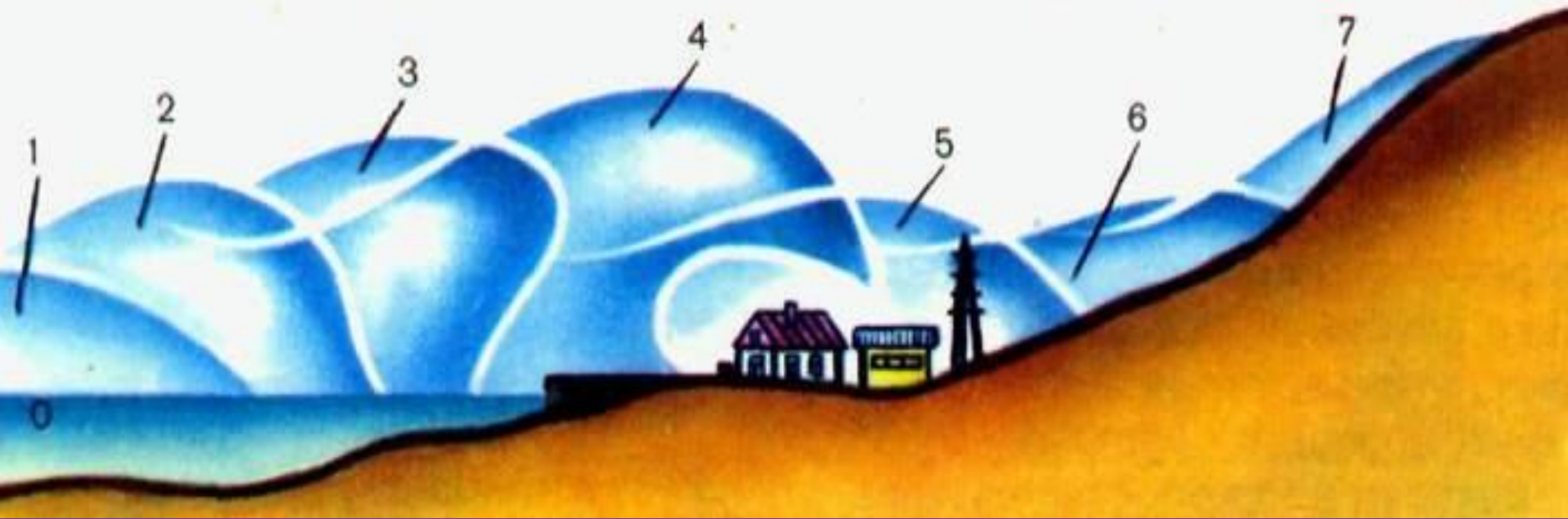


Образование цунами при вертикальном движении океанического дна

Трансформация волны цунами



Появлению волн цунами часто предшествует постепенное отступление воды от берега в случае, когда перед первым гребнем волны идет впадина или подошва волны, или повышение уровня воды примерно до половины амплитуды последующего отступления. Это является своеобразным предупреждением о приближении цунами.



Изменение профиля волны цунами на последнем этапе.

0 - уровень спокойного моря, 1- 7 последовательные профили волны, обрушивающиеся на берег и выбрасывающей на него огромные массы воды.

Параметры волны:

Высота морской волны - расстояние по вертикали между гребнем и подошвой волны. Непосредственно над очагом возникновения цунами высота волны составляет от 0,1 до 5 м.

Конечная высота волны зависит от:

- ▣ рельефа дна океана;
- ▣ контура и рельефа берега.

Длина морской волны - расстояние по горизонтали между двумя вершинами или подошвами смежных волн. Длина волны может составлять от 150 до 300 м.

Параметры волны:

- **Скорость волны** увеличивается глубиной океана возрастает. Пересекая Тихий океан, где средняя глубина около 4 км цунами движется со **скоростью 650-800 км/ч**;
- При прохождении глубоководных желобов скорость увеличивается **до 1000 км/ч**;
- При подходе к берегам быстро падает и составляет на глубине 100 м около **100 км/ч**.



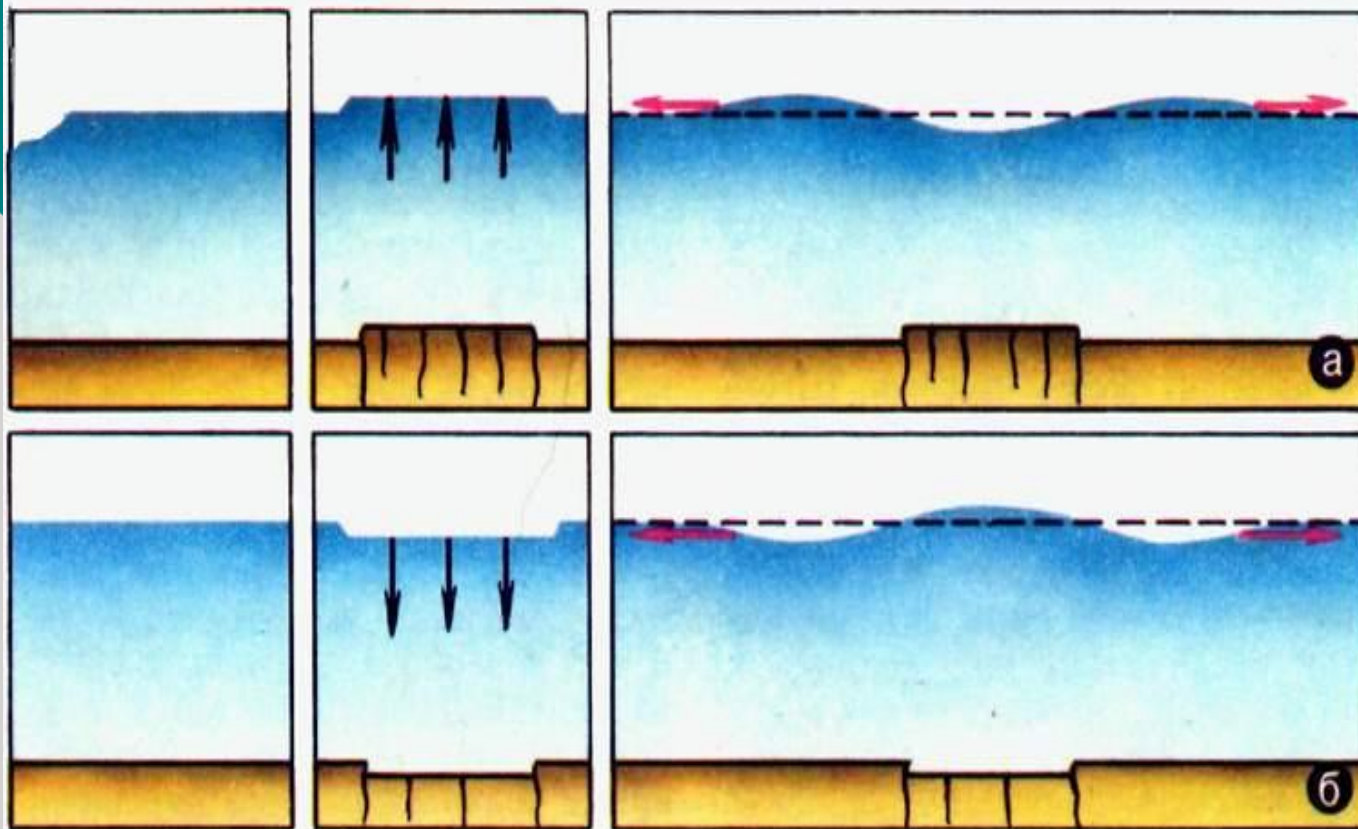
Этапы жизни волны:

Первый этап — зарождение волны.

Второй этап — движение волны по океану.

Третий — взаимодействие волны с прибрежной зоной.

Четвертый — обрушивание гребня волны на береговую полосу, перемещение водных масс над сушей.



Первый этап

а) участок дна сместился вверх, цунами распространяется *приливной* волной вперед; б) участок дна сместился вниз, цунами распространяется *отливной* волной вперед. Именно во втором случае наблюдается отступление моря от берега перед появлением гребня цунами.

Поражающие факторы цунами:

- Ударная волна (гидравлический удар);
- Размывани и абразия;
- Затопление;
- Аккумулятивные наносы



Интенсивность цунами

Существует специальная шкала магнитуд цунами, которые определяются подобно магнитудам землетрясений.

С увеличением глубины очага землетрясений величина цунами убывает. При этом предел магнитуды землетрясения, вызывающей катастрофическое цунами, можно определить по формуле

$$M = 7,7 + 0,008 h,$$

где h — глубина очага землетрясения, км.

Наиболее сильные цунами вызываются мелкофокусные землетрясения с глубиной очага около 30 км

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.

Интенсивность цунами - характеристика энергетического воздействия цунами на берег, оцениваемая по условной шестибальной шкале:

1 балл - очень слабое цунами. Волна отмечается (регистрируется) только мореографами

2 балла - слабое цунами. Может затопить плоское побережье. Его замечают лишь специалисты.

3 балла - среднее цунами. Отмечается всеми. Плоское побережье затоплено, легкие суда могут быть выброшены на берег. Портовые сооружения подвергаются слабым разрушениям.



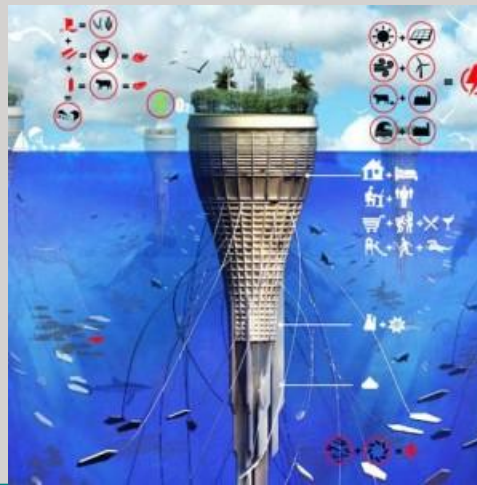
4 балла - сильное цунами. Побережье затоплено. Жертвы. Прибрежные постройки повреждены. Крупные парусные и небольшие моторные суда выброшены на сушу, а затем снова смыты в море.

5 баллов - очень сильное цунами. Приморские территории затоплены. Волноломы и молы сильно повреждены. Крупные суда выброшены на берег. Ущерб велик и во внутренних частях побережья. Здания и сооружения имеют разрушения разной степени сложности в зависимости от удаленности от берега. Все кругом усеяно обломками. Имеются человеческие жертвы.

6 баллов - катастрофическое цунами. Полное опустошение побережья и приморских территорий. Суша затоплена на значительное расстояние вглубь от берега моря.

ЗАЩИТА ОТ ЦУНАМИ

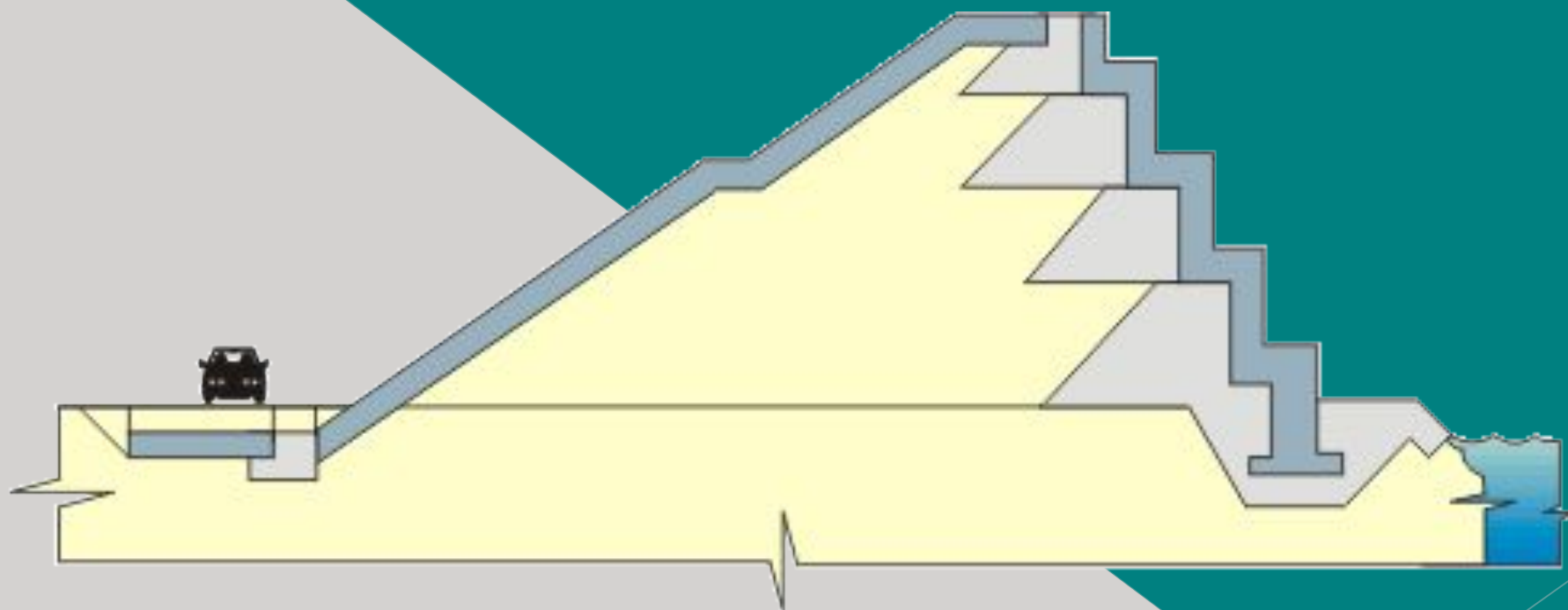
- Невозможно полностью защитить какой-либо берег от разрушительной силы цунами. Во многих странах пытались строить молы и волноломы, дамбы и другие сооружения с целью ослабить силу воздействия цунами и уменьшить высоту волн.
- В Японии инженеры построили широкие набережные для защиты портов и волноломы перед входами в гавани, чтобы сузить эти входы и отвести или уменьшить энергию мощных волн.



ЗАЩИТА ОТ ЦУНАМИ

- Но ни один тип защитных сооружений не смог предоставить стопроцентную защиту низко расположенных побережий. Фактически барьеры иногда могут только усилить разрушения, если волны цунами пробьют брешь в них, с силой бросая на дома и другие сооружения куски бетона, как снаряды.
- В некоторых случаях деревья могут предоставить защиту от волн цунами. Рощи деревьев сами по себе или в дополнение к береговым защитным сооружениям могут гасить энергию цунами и уменьшить высоту волн цунами.

ЗАЩИТА ПОБЕРЕЖИЙ



Волнолом для защиты низко
расположенных побережий

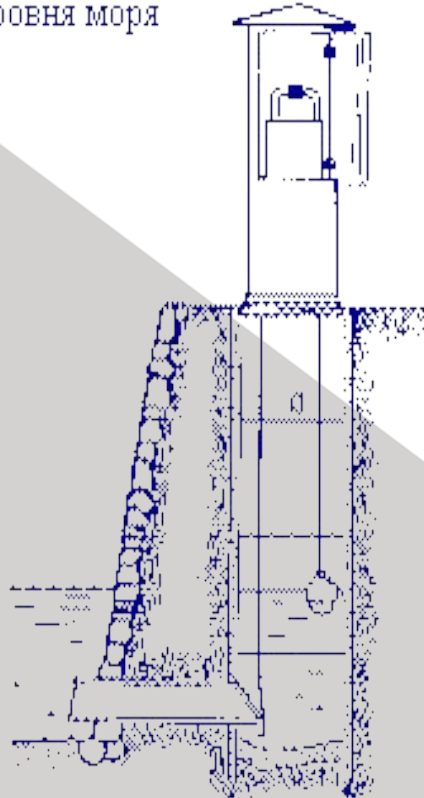
Система предупреждения о цунами

- ◎ Основной целью **Системы предупреждения о цунами в Тихоокеанском регионе** является обнаружение и привязка зон сильных землетрясений в регионе, определение их связи с образованием цунами в прошлом, предоставление своевременной информации и предупреждение населения с целью уменьшения опасности, особенно с точки зрения угрозы человеческой жизни.
- ◎ **Система предупреждения о цунами** - это международная программа, требующая участия многих служб, которые занимаются вопросами сейсмичности, приливных явлений, связи и распространения информации в различных странах Тихоокеанского региона.

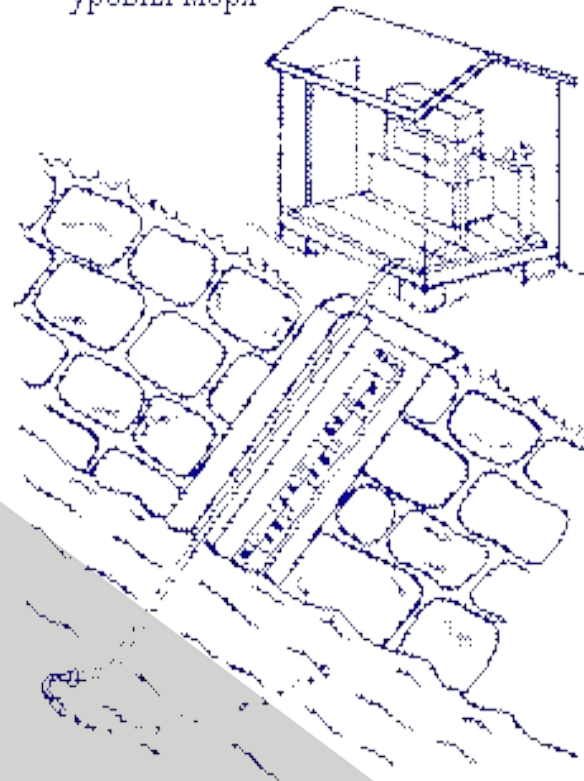
Система предупреждения о цунами

- Административно **25 стран-участниц**, включая Россию, объединены в рамках Международной океанографической комиссии как члены Международной координационной группы по Системе предупреждения о цунами в Тихоокеанском регионе (ICG/ITSU).
- **Центр предупреждения о цунами в Тихоокеанском регионе (PTWC = ТЦПЦ)** собирает и производит оценку данных, предоставляемых странами-участницами, и издает соответствующие информационные бюллетени для всех участников о сильных землетрясениях и возможной или подтвержденной вероятности образования цунами

Поплавковый самописец
уровня моря



Пневматический самописец
уровня моря



Самописцы уровня моря (мареографы)



Сейсмические станции и станции наблюдения за приливами. Системы предупреждения о цунами в Тихоокеанском регионе

Вопросы по теме «Землетрясения»

1. Что такое землетрясение?
2. Что такое очаг землетрясения? Что такое эпицентр и гипоцентр?
3. Какими параметрами характеризуется землетрясения?
4. Что может быть предвестником землетрясения?
5. Механизмы землетрясений. Основные модели.
6. Виды сейсмических волн.
7. Шкала интенсивности землетрясений. Изосейсты.
8. Что такое магнитуда землетрясения. Шкала Рихтера.
9. Географическое распределение и причины землетрясений.
10. Особенности тектонических землетрясений.
11. Поражающие факторы при землетрясении.

Вопросы по теме «Цунами»

1. Что такое цунами?
2. Признаки появления цунами.
3. Чем может быть вызвано цунами?
4. Цунами, вызванные землетрясением.
5. Цунами, вызванные вулканической деятельностью.
6. Цунами, вызванные оползнями, обвалами, антропогенными причинами.
7. Параметры волны цунами.
8. Этапы жизни волны цунами.
9. Поражающие факторы при цунами.
10. Интенсивность и магнитуда цунами.
11. Защита от цунами. Система предупреждения при цунами.