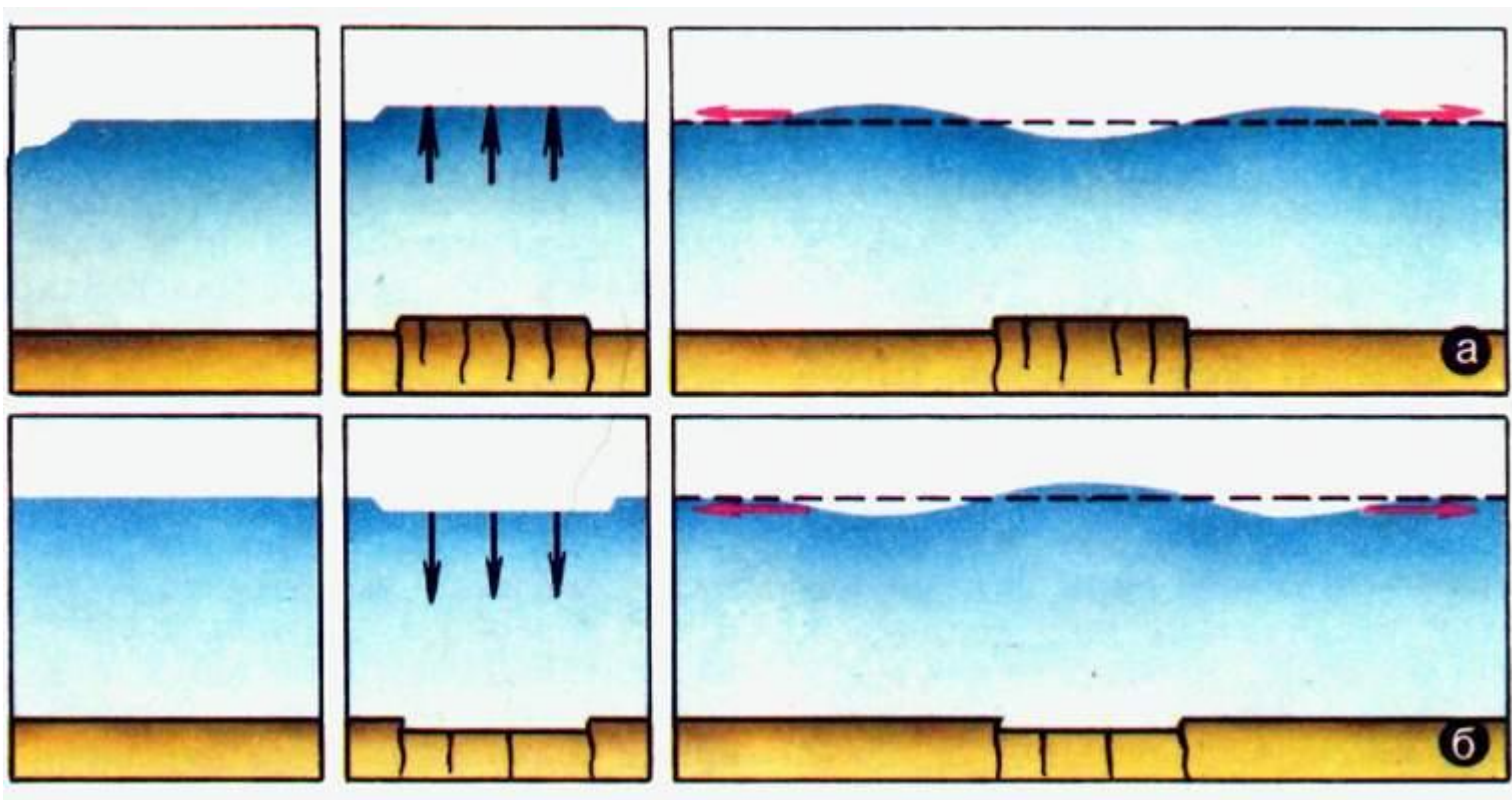


Физика цунами.

Все знают сказку о Садко. Вспомним, как попал Садко в подводный дворец морского царя и как пришлось ему, по требованию хозяина дворца, играть на гуслях. «Заиграл Садко задорно, весело. Гости за столом усидеть не могли, выскочили из-за столов да и в пляс пустились. И так расплясались, что на море-океане великая буря началась. И много в ту ночь кораблей сгинуло. Страсть сколько людей потонуло!» Как говорится, «сказка ложь, да в ней намек». Помня об этом, попробуем оценить с позиции физики, что верно и что неверно в описанной сцене из сказки. Пляску гостей в подводном царстве можно сопоставить с подводным землетрясением. Согласно сказке, сотрясения на дне передались на поверхность моря и вызвали там сильное волнение.

- Передача сотрясения от дна к поверхности моря действительно происходит; именно так и зарождается волна цунами. Неправильно, однако, то, что эта передача вызвала сильное волнение в открытом море. Мы уже знаем, что в открытом море волна цунами совершенно безобидна; ее крутой нрав обнаружится лишь тогда, когда она добежит до берега.
- Итак, предположим, что вследствие землетрясения, взрыва подводного вулкана или сильного обвала некоторый участок морского дна быстро сместился, например, вверх. Поскольку вода практически несжимаема, то почти тотчас сместится вверх и соответствующий участок поверхности моря — на водной поверхности возникнет небольшой по высоте холм. Это и есть очаг цунами; от него, как от брошенного в воду камня, побежит во все стороны волна (Рисунок1).

На рисунке схематически показано, как зарождается цунами в двух случаях: а) участок дна сместился вверх, б) участок дна сместился вниз. В первом случае цунами распространился *приливной волной вперед*, а во втором случае — *отливной волной вперед*. Именно во втором случае наблюдается кратковременное отступление моря от берега непосредственно перед появлением гребня волны цунами.



Вся жизнь волны цунами может быть разделена на четыре последовательных этапа.

Первый этап — зарождение волны.

Второй этап — движение волны по просторам океана.

Третий — взаимодействие волны с *прибрежной зоной*.

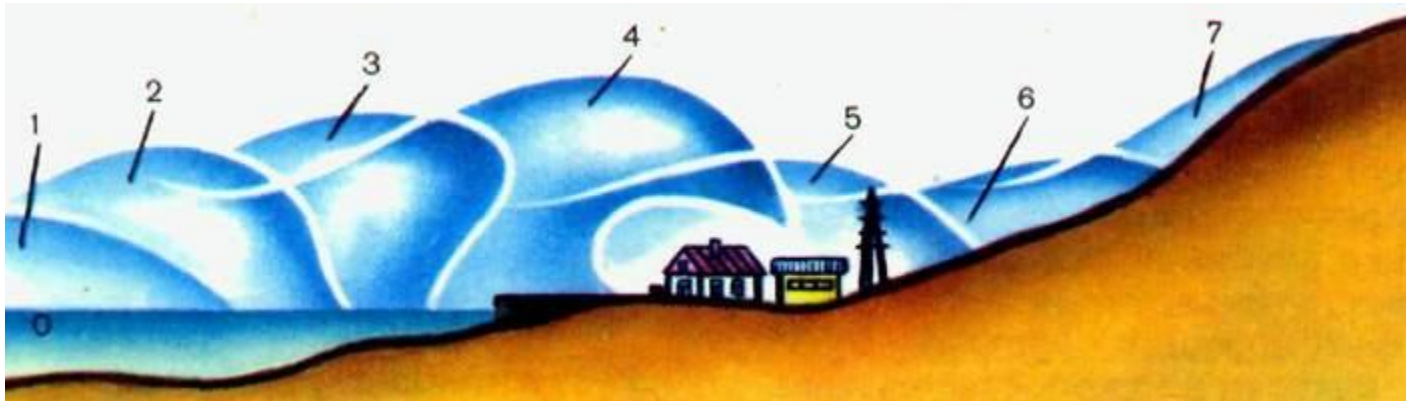
Четвертый — обрушивание гребня волны на береговую полосу, перемещение водных масс над сушей.

- Причины образования цунами:
- *Подводное землетрясение* (около 85 % всех цунами) *Оползни* (около 7 % всех цунами). *Вулканические извержения* (около 5 % всех цунами). . О зарождении цунами мы говорили (рисунок1).
- Рассматривая движение цунами по океанским просторам, необходимо принять во внимание огромную длину этих волн, во много раз превышающую глубины океанов. Для волн цунами все моря и океаны являются мелкой водой. Скорость распространения цунами описывается формулой: $V = \sqrt{g \cdot H}$. Допустим, что глубина океана равна 4 км. Подставляя в упомянутую формулу значения $g = 10 \text{ м/с}^2$ и $H = 4000 \text{ м}$, получаем и $V = 200 \text{ м/с} = 720 \text{ км/ч}$.

- Высота и длина волны цунами (а значит, и ее энергия) зависят от силы подземных толчков, от того, насколько близко к поверхности дна находится эпицентр землетрясения, от глубины моря в данном районе. Очевидно, что волна цунами будет тем мощнее, чем крупнее масштабы смещения дна и чем быстрее совершаются эти смещения. Все это, однако, не влияет на скорость волны, цунами, которая определяется фактически только глубиной океана. В разных точках океана глубина различна; соответствующим образом будет изменяться и скорость цунами. Зная рельеф океанского дна и место зарождения цунами, можно рассчитать, через какое время волна добежит до того или иного побережья.

- Когда цунами приближается к побережью, начинается третий этап ее жизни — существенно уменьшаются скорость и длина волны, начинает расти ее высота. Скорость волны уменьшится, а длина волны сократится.
- Когда волна обрушивается на берег - начинается последний (четвертый) этап в ее жизни.

На рисунке показано в общих чертах, как изменяется профиль волны цунами на последнем этапе.
0 - уровень спокойного моря, 1- 7 последовательные профили волны, обрушивающиеся на берег и выбрасывающей на него огромные массы воды.



- Полезно провести сравнение волн цунами с сильными ветровыми (штормовыми) волнами. Прежде всего они различаются по скорости распространения и притом довольно существенно. Скорость штормовых волн составляет 60...90 км/ч. Скорость цунами на порядок выше (700...1000 км/ч). Длина штормовых волн не превышает 100...500 м, длина же цунами в 100...1000 раз больше. В то же время высота штормовых волн в открытом океане достигает до 10...20 м, а высота цунами не превышает 1...3 м. Следовательно, крутизна штормовых волн оказывается в тысячи и десятки тысяч раз больше крутизны волн цунами. Поэтому опасны для судов в открытом океане именно штормовые волны.

- Совсем иное дело — волны в прибрежной полосе. Теперь по степени опасности на первое место выходят волны цунами. Штормовые волны в прибрежной полосе производят куда меньше разрушений, нежели цунами. Было бы неправильно объяснять это только тем, что высота волн цунами может увеличиться при подходе к берегу до 40 - 50 м, тогда как высота штормовых волн в прибрежной полосе редко превышает 20...30 м. Волна цунами высотой всего 10 м во много раз более опасна, чем штормовая волна высотой 20 м. Дело в том, что штормовые волны имеют существенно меньшую длину и скорость по сравнению с цунами; кроме того, они наносят по берегу разрозненные удары, каждый из которых приходится на маленький участок береговой линии. Волна же цунами стремительно подходит к берегу единым водяным валом (водяной стеной) протяженностью в десятки километров и более, в результате на берег сразу обрушиваются огромные массы воды. Вот эта монолитность прибрежной волны цунами в сочетании с ее высотой, огромной длиной, а также большой скоростью движения и делает ее удар столь катастрофическим для береговых построек, судов, стоящих на рейде, и, разумеется, людей, оказавшихся в пределах досягаемости волны.

- Предсказать появление цунами помогают другие волны - сейсмические, которые рождаются одновременно со страшной волной, но бегут в земной коре, причем гораздо быстрее цунами.
- С помощью сейсмических волн ученые научились определять направление опасности.
- Благодаря этому удастся выделить те места на побережье, где «большая волна» наиболее опасна.