

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОДИНОЧНЫХ ГИГАНТСКИХ ВОЛН И ПАССИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ НИХ

А.А.Гришаев

*Государственный эталон времени-частоты, ФГУП «ВНИИФТРИ»
141570 Московская обл., Менделеево*

Издавна моряки рассказывают о страшных одиночных волнах в океане, высотой до 20-30 м. Такая волна, случается, внезапно возникает даже при штиле и обрушивается на корабль – повреждая его или отправляя на дно. До последнего времени академическая наука не верила рассказам выживших очевидцев – ввиду отсутствия научных объяснений происходящего. Но теперь, когда на изучение феномена гигантских волн стали выделяться средства, научный подход к проблеме кардинально изменился. «Океаны бороздят волны-убийцы!» - кричат сообщения в средствах массовой информации.

Между тем, следует уточнить: моряки-очевидцы гигантских волн рассказывают отнюдь не о том, что будто бы видели эти волны гуляющими по океану. Свидетельства очевидцев сходятся в одном: гигантская волна вздымается в непосредственной близости от корабля и обрушивается на него, а затем сразу пропадает. «Непонятно, откуда она взялась, и непонятно, куда она делась» - вот что говорят про неё те, кто имели с ней встречу.

Будем считать, что всё происходит именно так – поскольку у нас нет оснований не доверять рассказам многочисленных очевидцев, разделённых во времени и в пространстве. Тогда для объяснения феномена нам не потребуются модели, в которых происхождение одиночных гигантских волн связывается, например, с интерференцией ветровых волн или со столкновением течений – эти модели, на наш взгляд, неправдоподобны. Напротив, возникновение одиночных гигантских волн естественно объясняется на основе наших представлений [1] о цунами.

Согласно этим представлениям, порождающая цунами волна является не поверхностной волной, а волной перепада давления (см. также [2]), распространяющейся в водной толще. Источником такой волны является достаточно сильное локальное повышение давления – например, в результате подводного взрыва, или подводного землетрясения, или резкого повышения уровня воды, в частности, при обрушении скалы в узком фьорде или при образовании кумулятивного

выброса океанской воды [1]. Как отмечалось в [1], фронт волны перепада давления движется с так называемой Ньютоновой скоростью звука [3]:

$$c = (P/\rho)^{1/2} = [(P_{\text{атм}} + \rho g d)/\rho]^{1/2}, \quad (1)$$

где P - невозмущённое давление в воде, ρ - плотность воды, $P_{\text{атм}}$ - атмосферное давление, g - ускорение свободного падения, d - глубина, для которой определяется скорость. Как можно видеть, скорость c зависит от глубины: быстрее всего движется придонный участок фронта. Для океанских глубин можно пренебречь вкладом атмосферного давления в формуле (1). При глубине океана D , придонный участок фронта движется со скоростью $(gD)^{1/2}$. Это значение находится в хорошем согласии с многочисленными измерениями промежутков времени между событием, порождающим цунами, и первым ударом волны по берегу. Кстати, имеется множество свидетельств о том, что первый удар обусловлен именно придонной волной. Так, аквалангисты, которые погружаются в хорошо знакомых им местах после прохождения цунами, обращают внимание на «погром» на дне – непонятно, каким образом поверхностная волна могла бы такое натворить. Ещё пример: на ряде береговых участков Юго-Восточной Азии, пострадавших от цунами 26 декабря 2004 г., первая волна выбросила на берег невиданных глубоководных существ [4] – никакой волне, кроме придонной, такое не под силу.

Теперь обратим внимание: волна перепада давления, о которой идёт речь, не только пробегает по дну – она в итоге проходит по всей водной толще, и сейчас нас интересуют эффекты, которыми может сопровождаться прохождение кромки этой волны по поверхности океана. Скорость c вблизи поверхности, как следует из (1), довольно-таки мала: на поверхности давление равно атмосферному, что даёт значение $c \approx 10$ м/с. По мере увеличения глубины эта скорость возрастает, и если волна перепада давления распространялась бы над достаточно ровным дном, то, на значительных удалениях от источника, фронт выходил бы на поверхность, будучи ей практически параллелен. Наличие же подводного рельефа может сильно исказить эту картину. Так, добегая до подводных гор, придонная волна поднимается по ним, и в результате фронт повышения давления может достигать поверхности самым причудливым образом – в том числе, в виде бегущих приповерхностных участков фронта, которые могут образовывать различные углы с поверхностью (углы подкоса). Пусть бегущий приповерхностный участок плоского фронта, имеющий угол подкоса 45° , доходит до препятствия в виде подводной части борта океанского корабля. При этом фронт зажимает воду в клине между

собой и бортом и, продолжая своё движение, выталкивает эту воду наверх – отчего и образуется выплеск в непосредственной близости от корабля.

Оценим высоту этого выплеска, для чего сделаем несколько упрощающих допущений. Будем считать, что бортовая обшивка корабля представляет собой прямоугольный параллелепипед, причём высота его подводной части равна Z . Пусть плоский и абсолютно твёрдый (для выталкиваемой воды) фронт, образующий с поверхностью угол подкоса 45° , подходит к кораблю точно со стороны борта; пусть этот борт строго вертикален. Будем считать, что вода несжимаема, и что отсутствует уход воды из торцов клина между бортом и бегущим фронтом (приближение бесконечно длинного борта). Тогда, при каждом элементарном продвижении фронта, уменьшение объёма водяного клина между бортом, фронтом, и уровнем невозмущённой поверхности должно вызывать такое же увеличение объёма воды, вытесненной выше этого уровня. При скорости продвижения фронта ~ 10 м/с, поверхность вытесняемой воды не будет успевать релаксировать, и, поскольку нормаль к фронту имеет направленную к борту составляющую, то вытесняемая вода будет «тяготеть» к борту. При этом можно приблизительно считать, что вода, вытесненная за элементарное продвижение фронта, имеет форму лежащего клинышка, толщина которого вблизи борта определяет элементарное приращение высоты формируемого выплеска. Клинышек воды, вытесненный при одном элементарном продвижении фронта, будет «подпирать» снизу воду, вытесненную до этого – так что, по ходу нарастания выплеска, всё большая часть его массы будет аккумулироваться вблизи борта. Для реалистичной оценки высоты, которую в итоге наберёт выплеск, учтём следующее: когда водяной клин между бегущим фронтом и бортом уменьшится настолько, что его горизонтальный размер станет меньше характерной ширины выплеска, рост выплеска прекратится из-за обратного сваливания воды. Под характерной шириной выплеска будем понимать его ширину на полувысоте. С учётом того, что, при очередном элементарном продвижении фронта на величину Δs в горизонтальном направлении, высота выплеска вблизи борта подрастает на $2\Delta s$, оговорённое выше условие прекращения роста выплеска выполнится, когда первоначальный горизонтальный размер водяного клина между фронтом и бортом уменьшится приблизительно в четыре раза. Соответственно, ширина выплеска составит одну четверть от высоты Z подводной части борта, а искомая высота выплеска составит $\approx (3/2)Z$. Поскольку этот результат получен при целом ряде идеализирующих

допущений, то надо полагать, что реальная высота выплеска будет несколько меньше: мы рекомендуем для неё значение $\approx(4/3)Z$.

Если доверять этой оценке, то, при осадке океанского корабля в 15 м, одиночная гигантская волна могла бы взметнуться рядом с бортом на высоту 20 м – что вполне согласуется с рассказами моряков-очевидцев.

С учётом вышеизложенного, получить удар одиночной гигантской волной рискуют корабли, находящиеся над подводными горами, а также над кромкой континентального шельфа. Поэтому, при приёме предупреждения о цунами или при автономном обнаружении акустического предвестника – например, гула из-за подводного землетрясения – кораблям следовало бы уходить из названных районов риска. В большинстве случаев имеется запас времени для этого ухода.

Ссылки.

1. А.А.Гришаев. Кумулятивные выбросы океанской воды. – [Доступна на данном сайте.](#)
2. А.А.Гришаев. Подводную лодку «Трешер» погубил... дракон Тац-Маки? - <http://www.submarina.ru/cp/z152.shtml>
3. М.А.Исакович. Общая акустика. М., «Наука», 1973.
4. См. в Интернете по ключевым словам: «цунами выбросило на берег чудовищ + фото».

Источник: <http://newfiz.info>

Поступило на сайт: 21 марта 2005.