

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ВОЛН В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ МОРЯ

Дюбкин С.А.

МГУ им. М.В.Ломоносова, физический факультет

E-mail: Tylersd@mail.ru

Введение. Волны, возникающие в виде отдельных пиков на поверхности первоначальной волны, называются вторичными волнами. Существуют два основных физических явления связанные с распространением волн в береговой зоне с переменной глубиной:

- генерация высших гармоник в процессе приближения волны к берегу
- распад волны в более глубоких областях (за препятствием) в виде свободных вторичных волн.

Генерация высших гармоник и распределение энергии между близкими гармониками происходит за счет нелинейности. По мере увеличения амплитуды волны ее нелинейные свойства проявляются в большей степени.

Распад длинных волн на более короткие волны происходит при их вхождении в более глубокую область за подводным препятствием. Причиной этому служит увеличение дисперсии среды в данной области (например, Masselink, 1998). Если дисперсия велика, то фазовые скорости компонент волны, имеющих разные частоты, будут различными, в результате чего произойдет распад основной волны. Экспериментальные исследования показали, что в случае высоких волн, значительное их разложение может происходить даже тогда, когда подводное препятствие глубоко погружено (Ohyama, Nadaoke, 1994). Такими препятствиями в береговой зоне могут быть прибрежные бары, рифы, или волноломы, подводные траншеи и пр. Появление вторичных волн играет главную роль в перераспределении общей энергии между основной волной и ее нелинейными гармониками и, таким образом, может существенно менять вид спектра волн в береговой зоне.

Несмотря на то, что дисперсионный механизм образования вторичных волн описан, точные условия их возникновения остаются невыясненными. Какие именно волновые режимы над одним и тем же рельефом дна будут образовывать вторичные волны, и при каком соотношении между нелинейностью и дисперсией это происходит неясно. Целью данной работы является изучение условий формирования вторичных волн для волн разных режимов, распространяющихся над одним и тем же рельефом дна с подводным валом.

Эксперимент. Данные для исследований были получены в лабораторных экспериментах, проведенных в г. Сочи в НИЦ «Морские берега», в 2004 году. Эксперименты были проведены Я.В.Сапрыкиной и С.Ю.Кузнецовым (ИО РАН).. Изучалась трансформация монохроматических волн на промежуточной и мелкой глубине, над различными рельефами дна. Глубина лотка составляла 97 см, длина – 23 м. Волнопродуктор находился на расстоянии 22.97 м от начала лотка. Во всех записях частота опроса 200 Гц, длина записи 60 сек. Схема лотка, расположение датчиков и профиль дна приведены на рисунке 1.

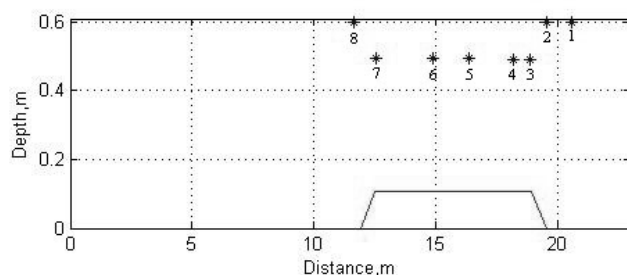


Рис. 1 Схема расстановки датчиков и рельеф дна. 1,2...8 – номера датчиков измерения волнения

Трансформация монохроматических волн над подводным валом. Были взяты первые серии измерений (wave 02-04), в которых период первоначальных волн и рельеф дна одинаковы, а отличны лишь начальные амплитуды волн, что позволило нам также проверить влияние нелинейности на формирование вторичных волн. Таблицы с начальными значениями параметров волн представлены ниже:

Серия измерений	(T), с	(a), см	$\epsilon=a/h$	$\mu=kh$
W 02	1.92	0.0668	0.1352	0.8
W 03	1.92	0.0819	0.1657	0.8
W 04	2	0.0994	0.2012	0.77

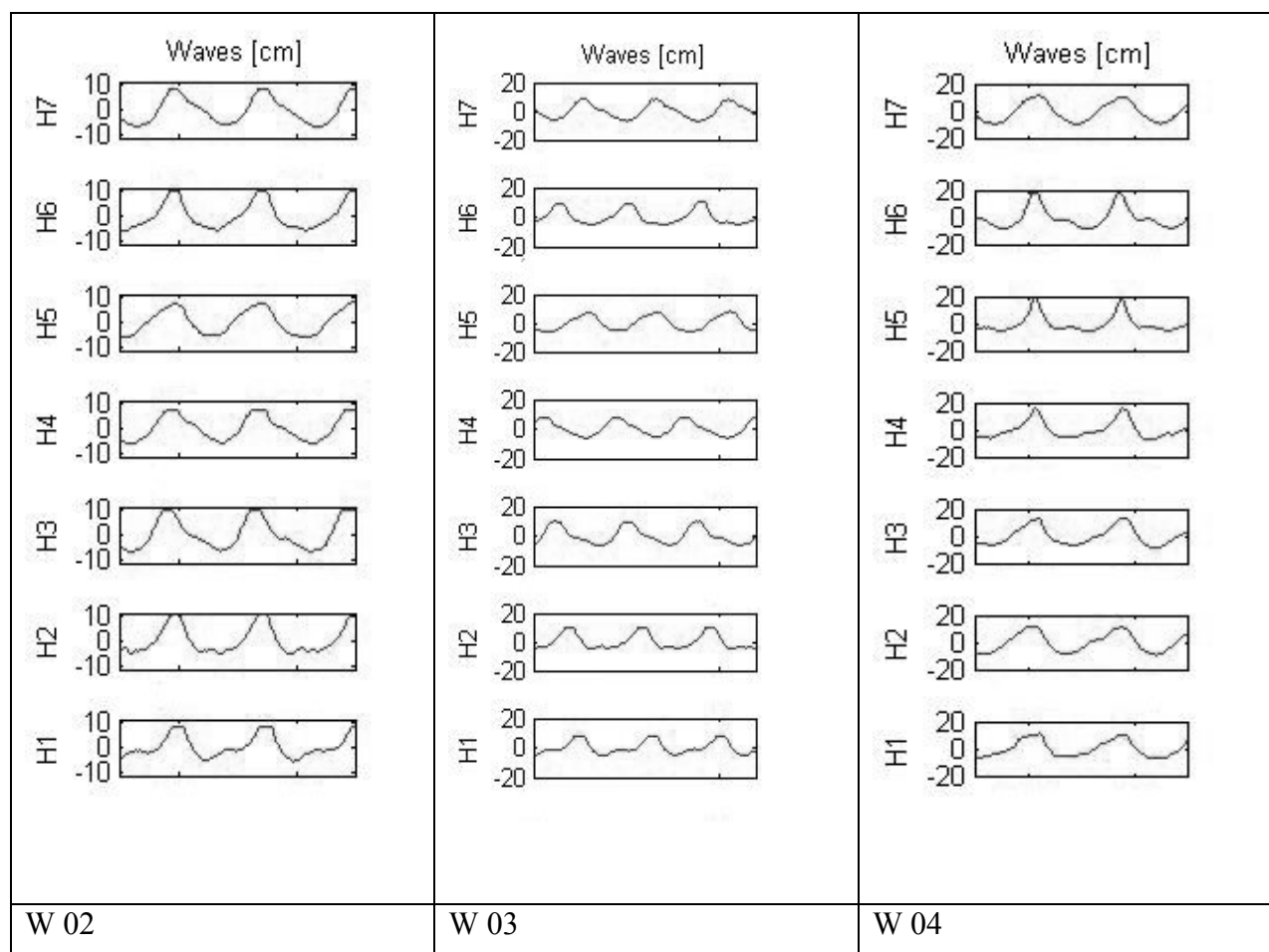


Рис.2 Трансформация изначально монохроматических волн (сверху вниз) над рельефом дна.

Процесс трансформации волн в береговой зоне является слабо нелинейно дисперсионным процессом, отличительный признак которого - околорезонансные трехволновые взаимодействия, в результате которых возможен как прямой, так и обратный периодический обмен энергией между нелинейными гармониками. Процесс околорезонансного трехволнового взаимодействия в основном присущ физическим системам с квадратичной нелинейностью. Для поверхностных гравитационных волн этот процесс происходит на малых и средних глубинах, но не в глубоких водах, где для переноса энергии необходим квартет волновых мод.

В результате проведенных исследований было установлено, что вторичные волны образуются как над баром, так и за ним. В случае, где вторичные волны образовывались только за баром (серии wave 02 и wave 03), начальная амплитуда волн была слишком мала и, как следствие, мала амплитуда второй гармоники (Рис.3 а), для того, чтобы над баром вторичные волны образовались. За баром же их формирование произошло вследствие увеличения дисперсии. В этом месте, за счет дополнительного сдвига бифазы (Рис.3 б), произошло отставание второй гармоники и как следствие выделение ее в виде вторичной.

В случае, где начальная амплитуда волны была наибольшей (серия wave04), происходило образование вторичных волн над баром в начальной стадии обратной перекачки энергии. За счет того, что эта волна более нелинейная и ее длина волны больше, интенсивность перекачки энергии значительно больше, чем в двух других случаях и, как следствие, расстояние, на протяжении которого происходит обмен энергией между гармониками больше, поэтому вторичные волны наблюдались над баром, в то время как за баром их не наблюдалось. Амплитуда второй гармоники в серии wave04 больше. Поэтому ее и больше видно, чем в первых случаях. А за баром ее нет, так как она в стадии роста (Рис.3 в) и нет сдвига фаз (Рис.3 г).

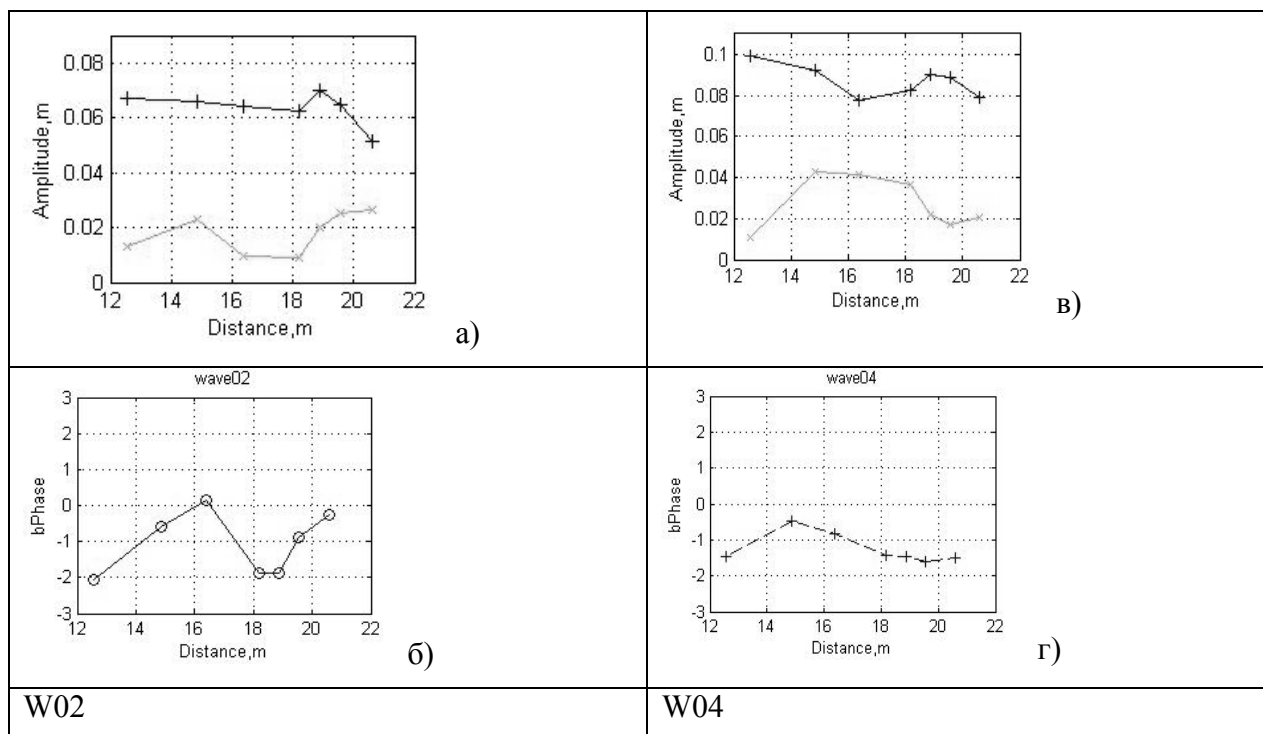


Рис.3 Изменения амплитуд первой и второй гармоники (вверху) и разницы фаз между ними (внизу) по мере трансформации волн в лотке для серий wave 02 (для серии wave 03 графики аналогичны) и wave 04.

Выводы. Параметр нелинейности не является определяющим в образовании вторичных волн. Определяющим фактором является стадия трансформации волны и величина второй гармоники, поэтому, увеличение дисперсии за препятствием не всегда приводит к формированию вторичных волн в этой области.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 08-05-00648-а.

Литература

Masselink, G., 1998. Field investigation of wave propagation over a bar and the consequent generation of secondary waves. *Coast. Eng.* 33, 1-9.

Ohyama, T., Nadaoka, K., 1994. Transformation of nonlinear wave-train passing over a submerged shelf without breaking. *Coast. Eng.* 24, 1-22