

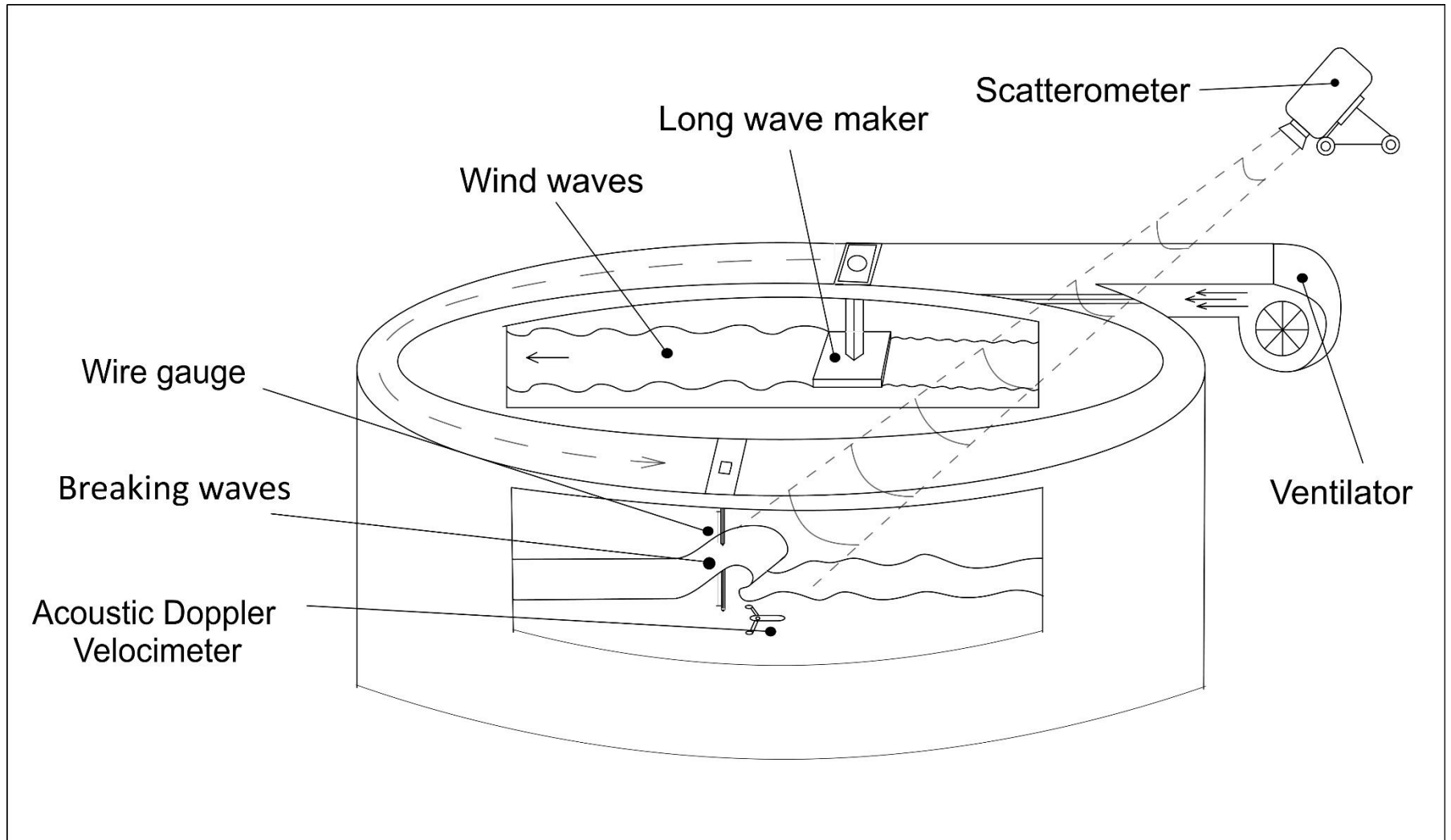
Лабораторные исследования ослабления обратного радиолокационного рассеяния за счет обрушения волн на поверхности воды

Ермаков С.А., Сергиевская И.А., Доброхотов В.А., Капустин И.А., Купаев А.В.
Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
2020 год

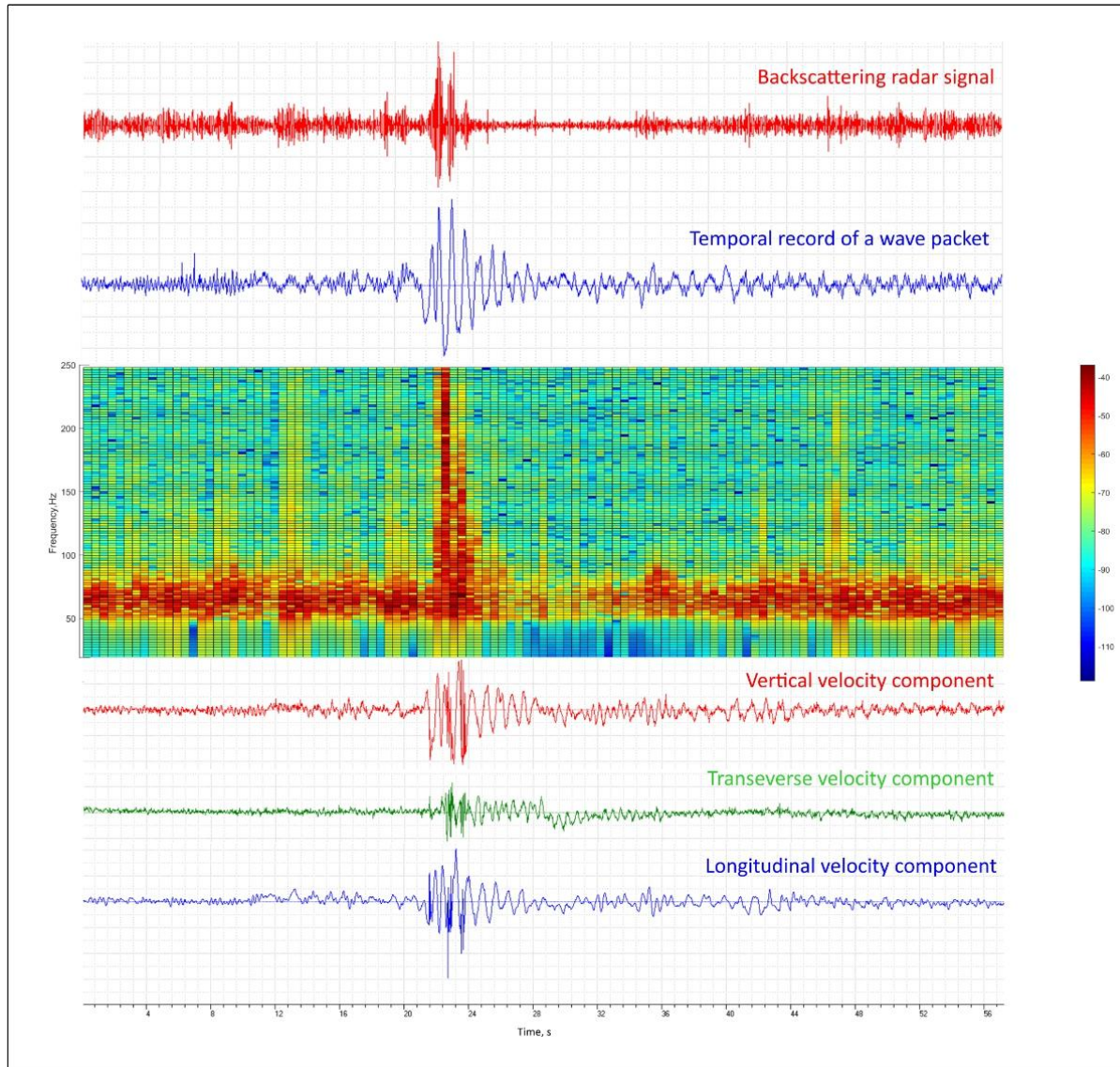
Введение

Роль обрушивающихся волн в обратном радиолокационном (РЛ) рассеянии на морской поверхности является проблемой, имеющей большое значение для развития теорий и методов дистанционного зондирования океана, в частности дистанционного зондирования нефтяных разливов. В данной работе представлен экспериментально обнаруженный эффект ослабления обратного РЛ рассеяния после обрушения сильной волны, связанной с подавлением ветровой ряби за счет возникновения турбулентности. Эксперименты проводились в кольцевом ветроволновом бассейне, в котором механический волнопродуктор генерировал частотно-модулированную серию интенсивных поверхностных волн метрового-дециметрового диапазона. Волновой цуг сжимался согласно дисперсионному закону гравитационных волн («дисперсионная фокусировка») в короткий пакет на заданном расстоянии от волнопродуктора. Сильное обрушение волны с опрокидыванием гребня волны происходило для одной или двух самых высоких волн в пакете. Короткие ветровые волны в дециметровом масштабе генерировались при слабом ветре одновременно с длинными волнами. Для исследования обратного микроволнового рассеяния от поверхностных волн в бассейне использовался скаттерометр Ка-диапазона.

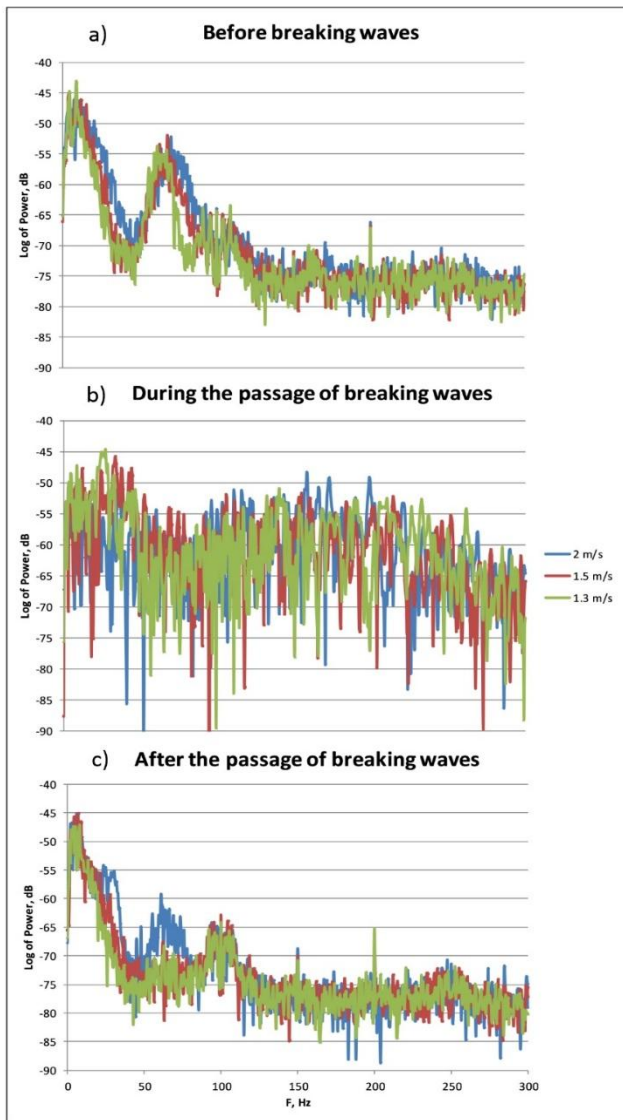
Схема экспериментальной установки



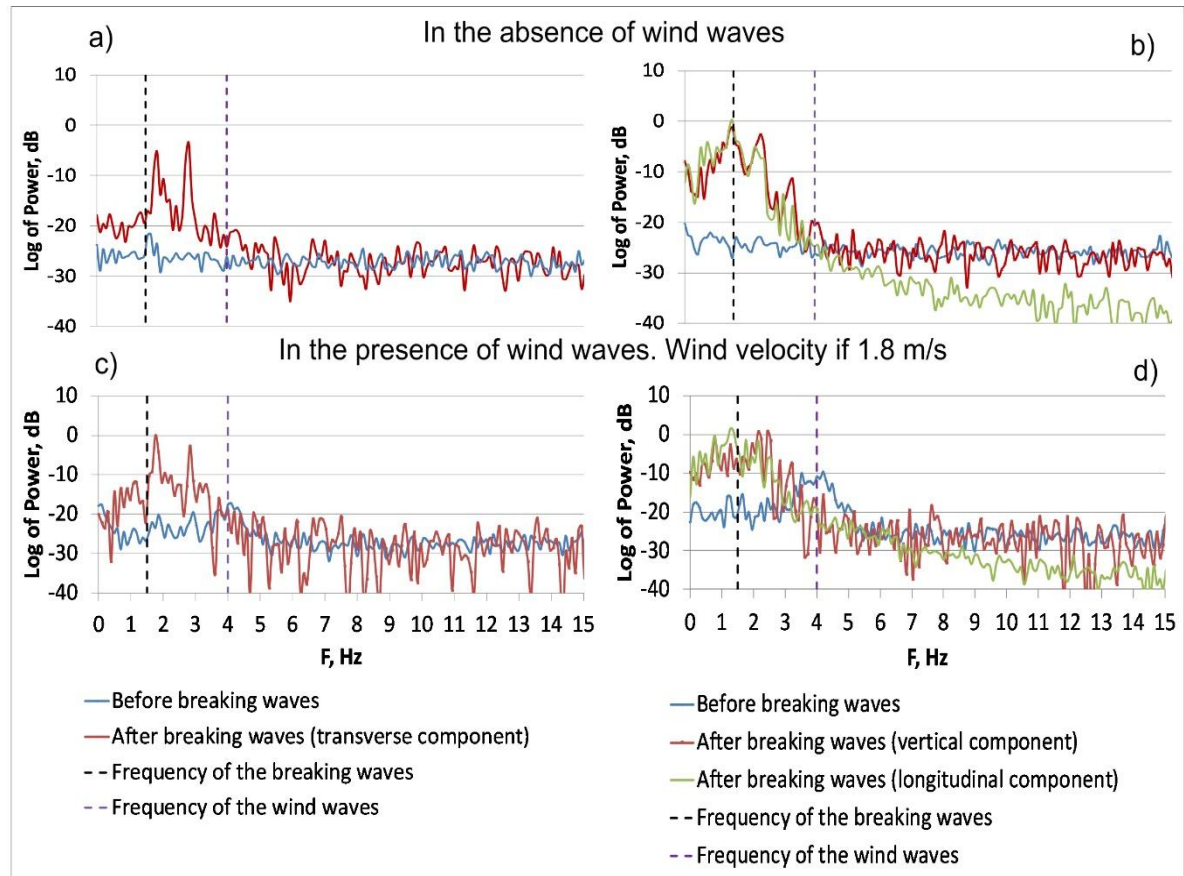
Результаты эксперимента



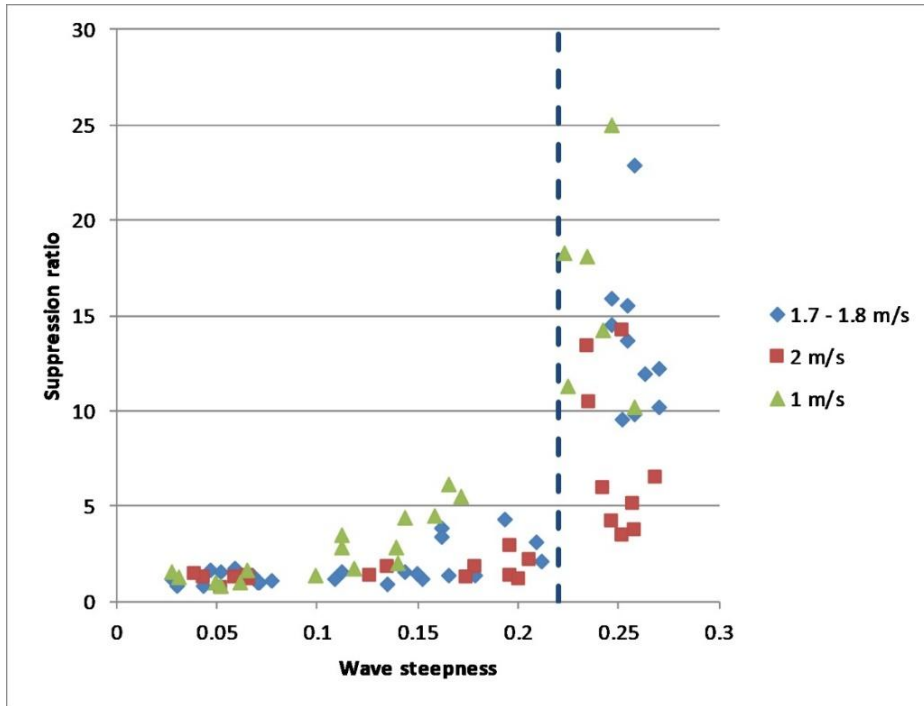
Пример временной серии записи сигнала обратного РЛ сигнала и уровня поверхности (верхняя панель); Спектрограмма РЛ сигнала (центральная панель); Три компоненты скорости потока в верхнем слое воды (нижняя панель).



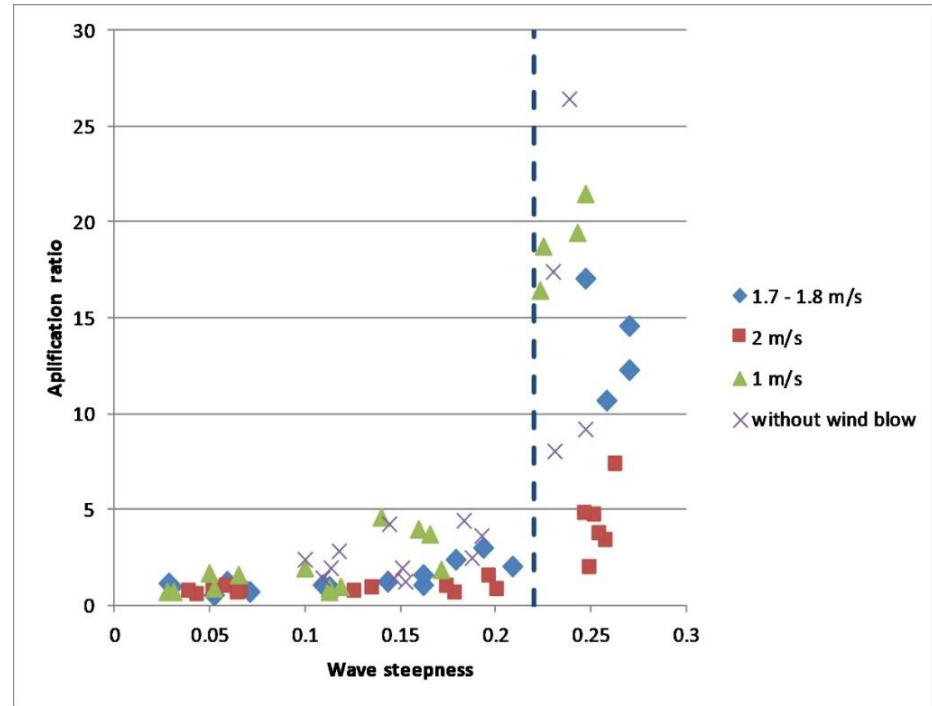
Радарные доплеровские спектры до прихода обрушивающихся волн (а), во время обрушения волн (б), после обрушения (с) для трех скоростей ветра.



Спектры поперечной (а, с), вертикальной и продольной (б, д) проекций скоростей в верхнем слое воды, измеренные с помощью акустического доплеровского измерителя скорости для случая обрушивающихся волн в отсутствие (а, б) и при наличии (с, д) ветровых волн.



Коэффициент подавления (соотношение интенсивностей обратного рассеяния до и после прохождения обрушивающихся волн) в зависимости от крутизны низкочастотной волны. Пунктирная линия разделяет значения крутизны не обрушивающихся и обрушивающихся низкочастотных волн.



Энергия турбулентности (отношение турбулентной кинетической энергии после и до прохождения интенсивных волновых цугов) в верхнем слое воды в зависимости от крутизны волны. Обрушение волны происходит при значениях крутизны НЧ волны, превышающей некоторый критический уровень (пунктирная линия).

Вывод

Обратное радиолокационное рассеяние во время прохождения обрушивающихся волн существенно возрастает, а доплеровский спектр радара уширяется. После прохождения пакета обрушивающихся волн доплеровский спектр занимает тот же диапазон частот, что и для фоновых ветровых волн, но интенсивность обратного рассеяния радара существенно снижается. Через некоторое время интенсивность обратного рассеяния возвращается к фоновому уровню.

Измерения волнографа показали, что высота ветровых волн также уменьшается после прохождения обрушивающихся волн, а затем восстанавливается до исходных (фоновых) значений.

Наконец, измерения ADV показали, что турбулентность генерируется во время обрушения волн и остается в области обрушения в течение некоторого времени. Это приводит к подавлению ветровых волн и, соответственно, подавлению обратного рассеяния радара после прохождения обрушения.

Таким образом, эффект ослабления обратного рассеяния скаттерометра Ка-диапазона после прохождения обрушивающихся волн может быть объяснен как результат подавления мелкомасштабных ветровых волн гидродинамической турбулентностью, возникающей за счет обрушения волн.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант 18-17-00224)