



УНИВЕРСИТЕТ
ЛОБАЧЕВСКОГО

XXIV научная конференция по радиофизике, посвященная 75-летию радиофизического факультета
Секция “Акустика”

О влиянии отражающих свойств донных пород на дистанционную акустическую диагностику расположенных на днediscretных случайных неоднородностей.

Грязнова Ирина Юрьевна
Гвоздков Егор Михайлович

Нижний Новгород, 2020

Введение

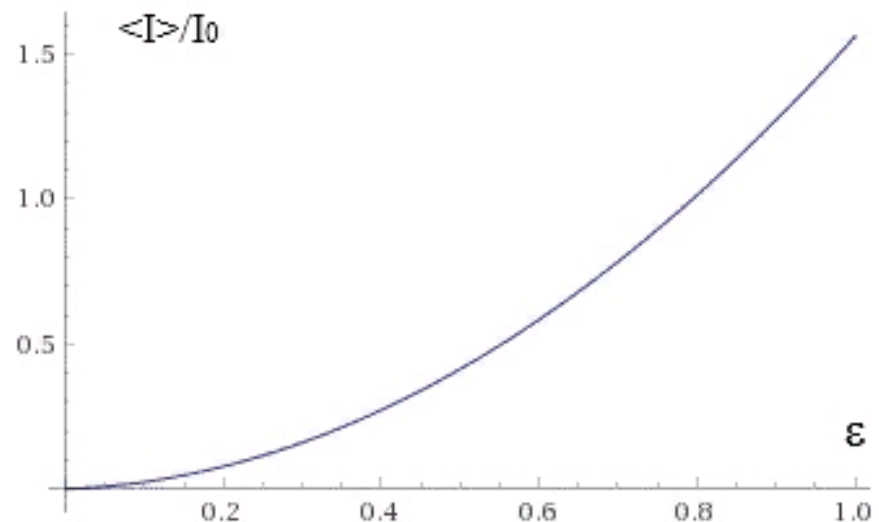
Рассеяние звука случайными неоднородностями играет важную роль в формировании акустических полей в океане. Вследствие рассеяния возникает дополнительная многолучевость, появляются пространственно-временные флуктуации распространяющихся волн, уменьшается или вовсе утрачивается когерентность сигналов. Рассеянные поля – основная причина морской реверберации, уменьшающей эффективность работы гидроакустических устройств различного назначения.

С другой стороны, рассеянные сигналы содержат полезную информацию о параметрах самих неоднородностей, которая может быть получена из решения обратных задач теории рассеяния. В зависимости от конкретной ситуации преобладают те или иные механизмы рассеяния. В данной работе исследуется обратное рассеяние акустических волн на дискретных случайных неоднородностях, расположенных на плоском слабо отражающем дне. Показано, как изменение характеристик подстилающих неоднородности осадочных пород (плотности, скорости звука, коэффициента затухания) влияет на статистические характеристики обратного рассеяния.

1. Численное моделирование обратного рассеяния акустических волн на дискретных случайных неоднородностях, расположенных на плоском звукопрозрачном дне.

При обратном рассеянии акустических волн в океане на дискретных неоднородностях возникают эффекты, исследование которых представляет интерес, связанный прежде всего, с необходимостью разработки и совершенствования эффективных дистанционных методов разведки месторождений, таких как железомарганцевые конкреции на дне океана. Для изучения эффектов, возникающих при рассеянии акустических волн дискретными частицами, была решена задача дистанционного акустического зондирования случайных дискретных неоднородностей, расположенных на плоском звукопрозрачном дне.

Получена зависимость от концентрации рассеивателей средней интенсивности рассеянного в обратном направлении поля в приближении однократного рассеяния при условии, что дискретные, абсолютно жесткие, сферические неоднородности, диаметр которых был сравним с длиной волны акустического зондирующего сигнала, были хаотически расположены на плоском звукопрозрачном дне. Для удобства на графике приведена зависимость от коэффициента упаковки неоднородностей ε , характеризующего площадь дна, занятую рассеивателями.

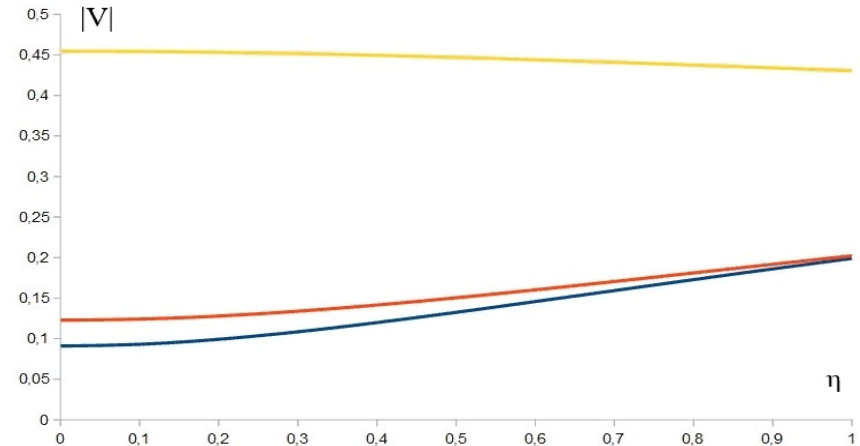


2. Измерение модуля и фазы коэффициента отражения от плоской поверхности с учетом затухания акустических сигналов.

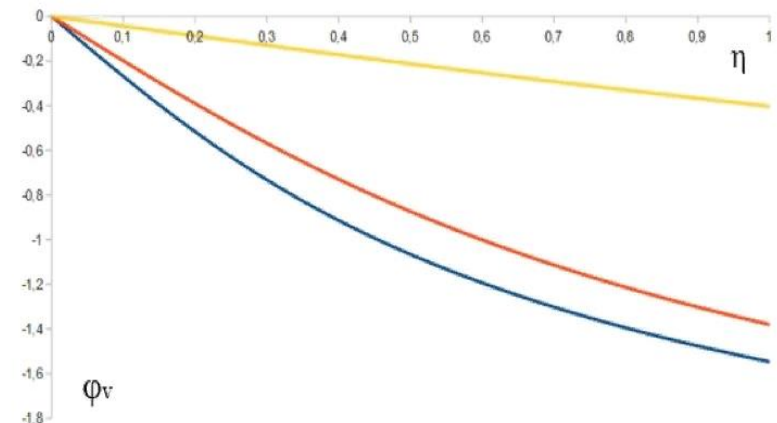
Однако результаты физического моделирования не подтвердили монотонный рост средней интенсивности рассеянного сигнала с увеличением средней концентрации дискретных неоднородностей.

Чтобы понять возможные причины возникновения несоответствия экспериментальных данных предложенной теории, следует обратиться к модели обратного рассеяния с учетом сигнала, отраженного от дна.

Прежде чем перейти к моделированию обратного рассеяния от незвукопрозрачного дна, были проведены расчеты коэффициента отражения от плоскости «чистого» дна, не содержащего дискретные вкрапления, построены зависимости модуля ($|V|$) и фазы (ϕ_v) коэффициента отражения от коэффициента затухания в подложке (η) при различных значениях акустического импеданса z .



Синие кривые - $z=183$; Красные кривые - $z=192$;
Желтые кривые - $z=400$

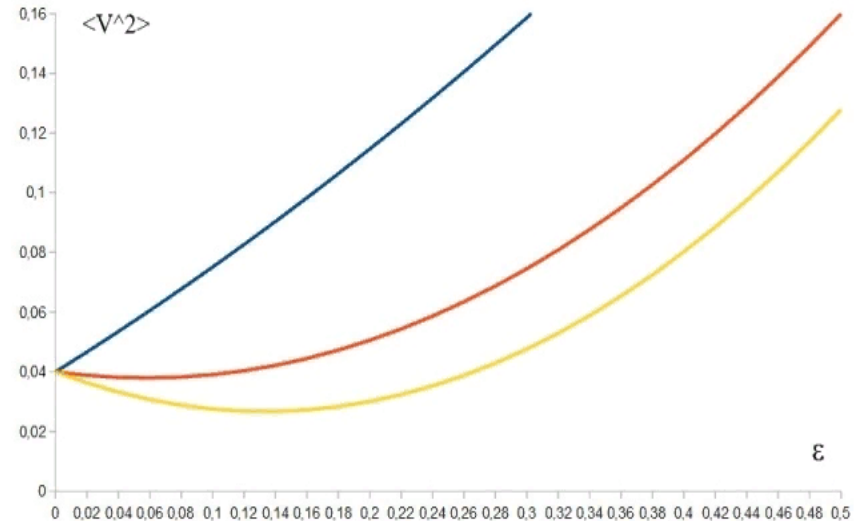


3. Численное моделирование влияния отражения от подложки при обратном рассеянии акустических волн на дискретных случайных неоднородностях, расположенных на плоском незвукопрозрачном дне.

При расчете средней интенсивности обратного рассеяния от дискретных случайных неоднородностей с учетом отражения от дна следует полагать, что принятый сигнал складывается из суммы сигналов: отраженного от дна и рассеянного неоднородностями. Следовательно, в выражении для средней интенсивности обратного рассеяния, кроме суммы интенсивностей сигналов, рассеянного неоднородностями и отраженного от незанятого рассеивателями дна, возникает дополнительное слагаемое, описывающее интерференцию их когерентных компонент. Отнормировав выражение для средней интенсивности можно записать выражение для среднего квадрата эффективного коэффициента отражения:

$$\langle V^2 \rangle = \left(\frac{2\alpha_0}{ka} \right)^2 \left(\frac{\pi\varepsilon}{D^2} + \frac{\varepsilon^2}{a^2} \right) + V_0^2 (1-\varepsilon)^2 + 4 \frac{V_0}{ka} \frac{\alpha_0}{a} \varepsilon (1-\varepsilon) \sin(2ka + \varphi_v - \varphi_a)$$

Результаты численного моделирования показывают, что вклад интерференционного слагаемого в среднюю интенсивность незначителен. Однако, при малых концентрациях рассеивателей наличие сигнала, отраженного от дна, приводит к относительно большим изменениям интенсивности суммарного поля по сравнению с интенсивностью сигнала, отраженного только от неоднородностей. На рисунке показано влияние затухания в подложке на суммарного коэффициента отражения от коэффициента упаковки рассеивателей.



Синяя кривая - $\eta=0.1$; Красная кривая - $\eta=1$; Жёлтая кривая - $\eta=2.2$

Список литературы.

- [1] Методы акустической диагностики неоднородных сред: сборник научных трудов. — Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2002. 276 с.
- [2] Грязнова И.Ю., Лабутина М.С., Прончатов-Рубцов Н.Р. "Теория однократного рассеяния волн и её приложение к задачам акустики природных сред: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. – 80 с.
- [3] Горская Н.В., Грязнова И.Ю., Гурбатов С.Н., Николаев Г.Н. Физическое моделирование процессов обратного рассеяния акустических сигналов на дискретных неоднородностях// Акустический журнал. 1990.Т.36, №3. С.410-415.
- [4] Бреховских Л.М. "Волны в слоистых средах", Издательство "Наука", 1973г.
- [5] Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. - Л.: Гидрометеиздат, 1982.264 с.
- [6] Грязнова И.Ю., Гурбатов С.Н. Экспериментальное исследование корреляционных и частотных характеристик обратного рассеяния на дискретных неоднородностях.// Акустический журнал.1995.Т.41, №1.С.83-89.