

XXIV научная конференция по радиофизике, посвященная 75-летию радиофизического факультета

Секция “Акустика”

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ПРИ НАКЛОННОМ АКУСТИЧЕСКОМ
ЗОНДИРОВАНИИ ОКЕАНИЧЕСКОГО ДНА, СОДЕРЖАЩЕГО ДИСКРЕТНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ
НЕОДНОРОДНОСТИ**

Грязнова Ирина Юрьевна
Тюлькин Алексей Викторович

Введение

Интерес к исследованию эффектов, возникающих при обратном рассеянии акустических волн на дискретных неоднородностях, связан с необходимостью разработки и совершенствования эффективных дистанционных методов разведки месторождений железомарганцевых конкреций на дне океана. По данным многочисленных экспедиций, ЖМК залегают на слоях осадочных пород, плохо отражающих звуковые волны. Океаническое дно с расположенными на нём железомарганцевыми конкрециями показано на рисунке 1. Отдельная железомарганцевая конкреция в разрезе изображена на рисунке 2.

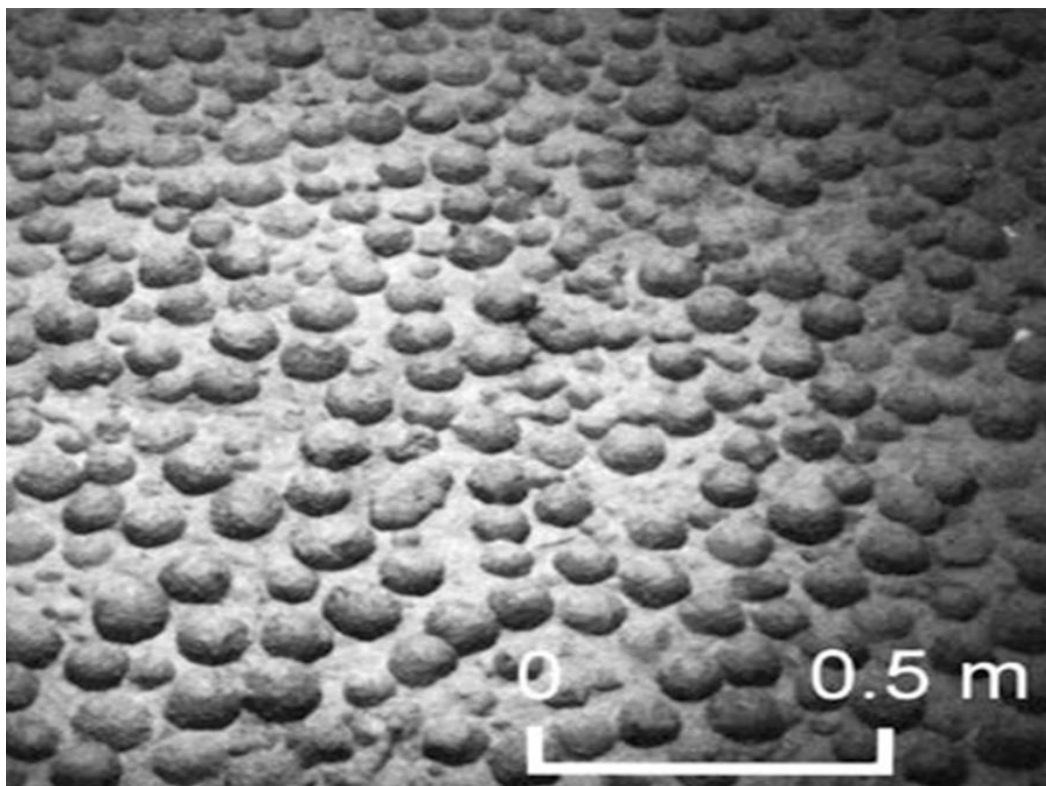


Рис. 1



Рис. 2

Особенности наклонного зондирования или зондирования наклонного дна

Одним из наиболее распространенных методов исследования донной поверхности является применение для этой цели гидролокатора бокового обзора (рис. 3). Он позволяет избавиться от “прямого” отражения от подстилающего неоднородности дна, но сигнал от рассеивателей становится гораздо слабее.

Также влияние коэффициента отражения от подложки минимально, если океаническое дно находится под углом относительно приёмо-передающего устройства (рис. 4).

На рисунке 3 изображено наклонное зондирование. 1 – поверхность воды, 2 – излучатель-приемник, 3 – основной лепесток диаграммы направленности, 4 – морское дно, 5 – рассеиватели.

На рисунке 4 изображено сканирование наклонного дна. 1 – поверхность воды, 2 – излучатель-приемник, 3 – основной лепесток диаграммы направленности, 4 – морское дно, 5 – рассеиватели.

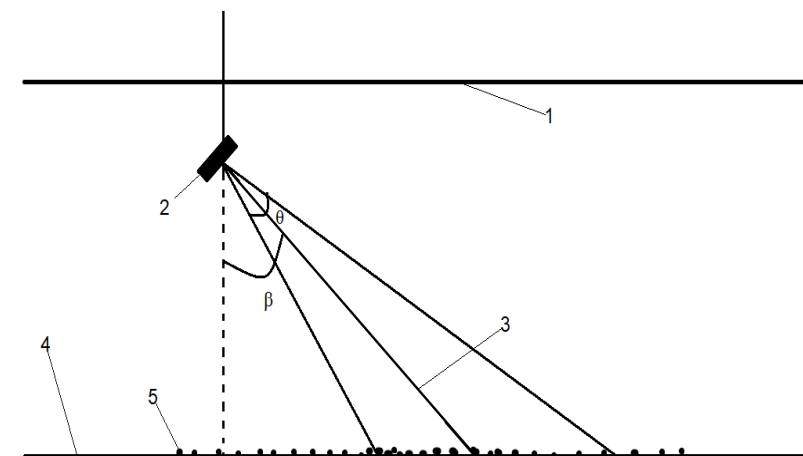


Рис. 3

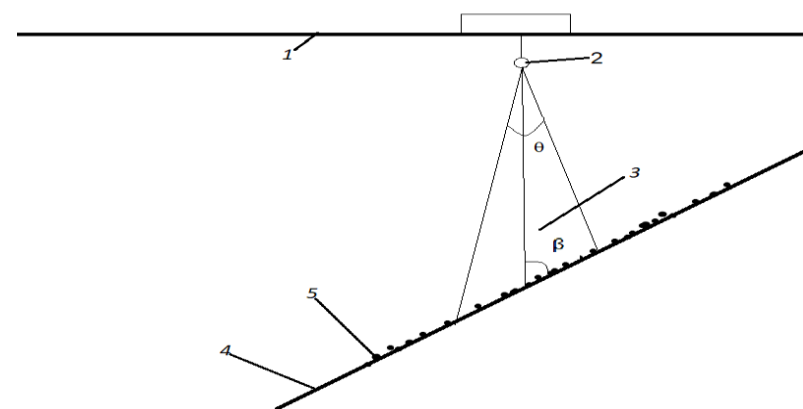


Рис. 4

Интенсивность обратного рассеивания при наклонном зондировании

При наклонном падении акустической волны на поверхность дна средняя интенсивность обратного рассеяния в приближении однократного рассеяния будет описывается выражением:

$$\langle I \rangle = A^2 \cos^2 \beta \left[\frac{2\pi \langle n \rangle}{d^2} + \langle n \rangle^2 \exp\left(\frac{-\sin^2 \beta d^2}{\lambda^2}\right) \right]$$

где $A = A_0 |\alpha(ka)| \lambda / 2h$,

A_0 – амплитуда падающей волны,

$\alpha(ka)$ – коэффициент обратного рассеяния на уединенной частице,

λ – длина волны зондирующего сигнала в воде,

h – глубина залегания донных неоднородностей, отсчитываемая от преобразователя,

d – размер апертуры преобразователя,

$\langle n \rangle$ – средняя концентрация рассеивателей,

β – угол падения сигналов на плоскость дна.

На рисунке 5 изображена теоретическая зависимость интенсивности обратного рассеивания от концентрации рассеивателей при разных углах β .

При фиксированном угле β в приближении однократного рассеяния средняя интенсивность имеет нарастающую зависимость от средней концентрации рассеивателей (рис. 5).

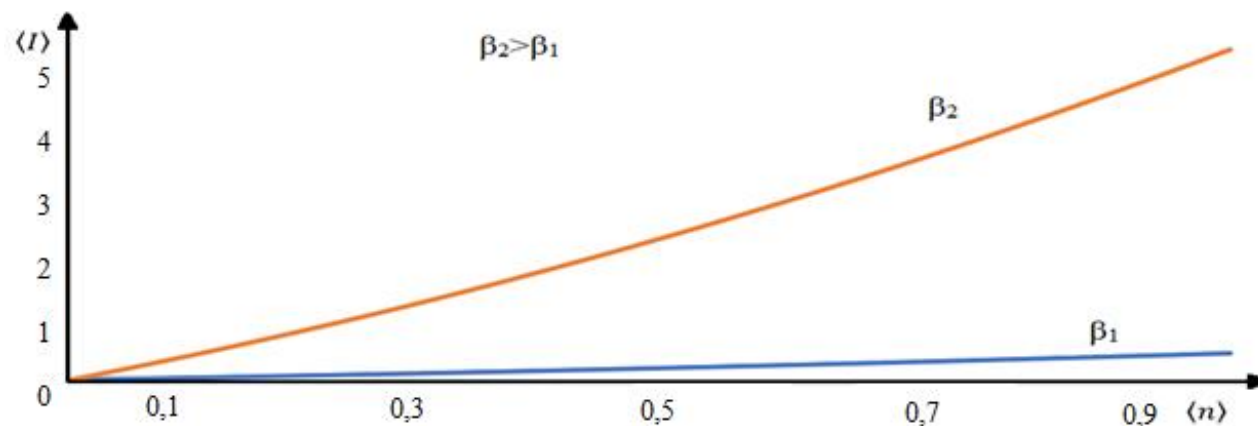


Рис. 5

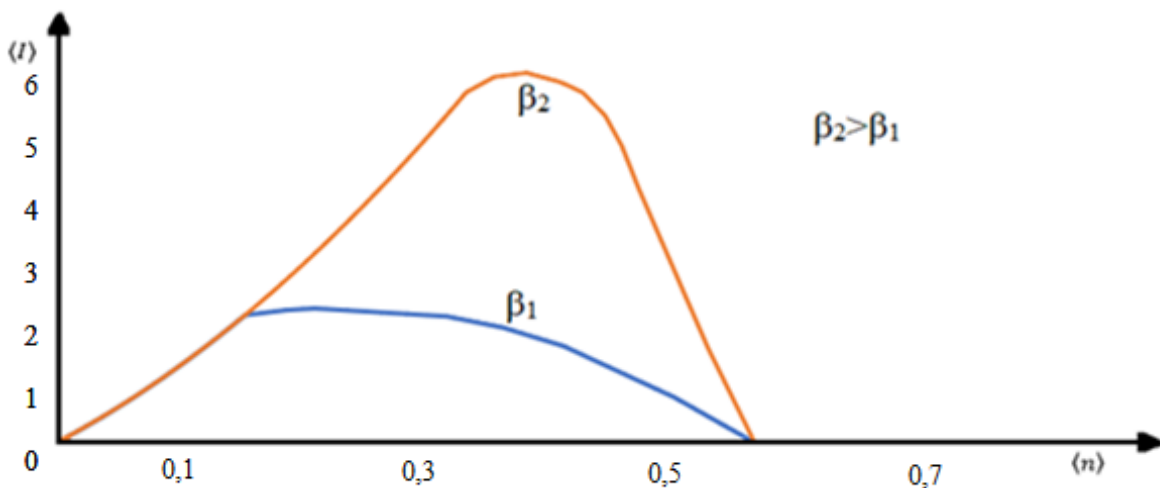


Рис. 6

На рисунке 6 изображена зависимость интенсивности обратного рассеивания от концентрации рассеивателей при разных углах β с учётом затенения рассеивателей.

Однако при малых углах скольжения может наблюдаться эффект «затенения». Сначала с увеличением числа неоднородностей происходит рост интенсивности обратного рассеяния, а затем, когда их количество превышает некоторое число, соседние рассеиватели начинают «затенять» друг друга и интенсивность уменьшается (рис. 6). Численное моделирование показывает, что максимум средней интенсивности наблюдается при $\langle n \rangle = 0,183$, $\beta = 30^\circ$ и при $\langle n \rangle = 0,337$, $\beta = 45^\circ$.

Таким образом, при наклонном зондировании донных дискретных неоднородностей типа ЖМК необходимо принимать во внимание многократное рассеяние акустических сигналов, в частности, возникновение эффекта «затенения».