

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

Горьковский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский радиофизический институт (НИРФИ)

П р е п р и н т № 289

ЭФФЕКТ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ФОКУСИРОВКИ ПОЛЯ
В ОТКРЫТОМ КО ДНУ ПОДВОДНОМ ЗВУКОВОМ КАНАЛЕ

И.Б. Бурлакова
В.Н. Голубев
Ю.В. Петухов
М.М. Славинский

Горький 1989

Бурлакова И. Б., Голубев В. Н.,
Петухов Ю. В., Славинский М. М.

ЭФФЕКТ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ФОКУСИРОВКИ ПОЛЯ В ОТКРЫТОМ КО ДНУ
ПОДВОДНОМ ЗВУКОВОМ КАНАЛЕ // Препринт № 289, Горький: НИРФИ ,
1989. - 8 с.

УДК 534.231

Расчеты интенсивности звукового поля с использованием экспериментальных данных для акустических параметров осадков показали, что, даже в отсутствии канальных лучей (мод), вблизи свободной поверхности океана формируются зоны повышенной озвученности, существование которых подтверждается в натуральных условиях и объясняется проявлением эффектов полного внутреннего отражения волн от дна в достаточно узком диапазоне углов падения.

Известно /1/, что в подводном звуковом канале возможно формирование зон конвергенции, которые наиболее отчетливо проявляются при расположении корреспондирующих точек вдали от оси канала. В открытых ко дну подводных звуковых каналах возможна ситуация, при которой зоны конвергенции отсутствуют вследствие расположения источника вблизи свободной поверхности океана, где скорость звука заметно больше аналогичной величины у дна /1/. В этом случае за ближней областью озвученности, которая расширяется с увеличением глубины причема и с понижением частоты излучения, поле формируется сигналами многократного отражения от поверхности и дна океана, вследствие чего его поведение с расстоянием в существенной степени определяется акустическими характеристиками подводного грунта /2/.

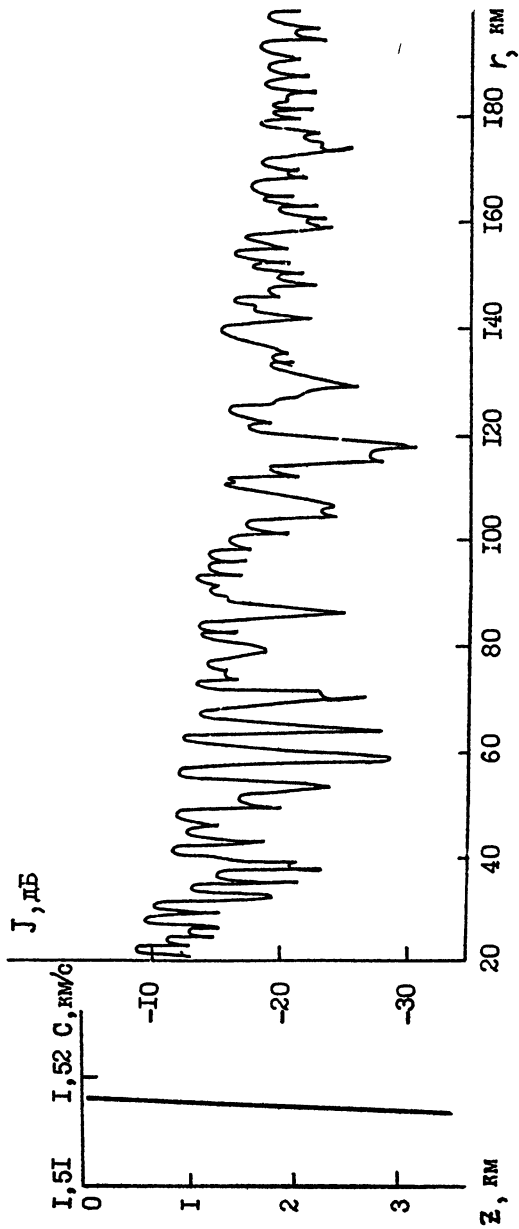
В настоящем сообщении показано, что даже в отсутствие канальных лучей в открытом ко дну подводном звуковом канале возможно формирование зон повышенной озвученности при расположении корреспондирующих точек вблизи поверхности в глубоководном районе Мирового океана, объясняющееся проявлением эффекта полного внутреннего отражения волн от дна в достаточно узком диапазоне углов падения.

Появление зон повышенной озвученности в океаническом волноводе, в котором поле формируется многократно отраженными от поверхности и дна сигналами вполне естественно при наличии полного внутреннего отражения волн от дна. Однако для того, чтобы эти области локальных максимумов звукового поля были наиболее выделены на фоне пространственных осцилляций его интенсивности, обусловленных интерференционными эффектами, необходимо выполнение определенных условий, которые легко установить из чисто качественных сооб-

ражений. Так, в волноводе "близком" к изоскоростному эффект полного внутреннего отражения практически не сказывается на поведении и зависимости интенсивности звукового поля $J(r)$ от горизонтального расстояния r (рис.1), поскольку в области дистанций $r > r_t(m)$, соответствующей проявлению этого эффекта в донном отражении кратности m , отвечающее ему значение интенсивности $J_m(r)$ будет заметно превышать аналогичную величину $J_{m+1}(r)$. Очевидно также, что с возрастанием скорости звука и плотности в осадках зоны повышенной озвученности будут выделяться хуже, т.к. увеличивается значение коэффициента отражения при нормальном падении и уменьшаются значения $r_t(m)$. Для более заметного выделения этих зон необходимо отсутствие отражения с меньшей кратностью m , начиная с определенного расстояния $r_0(m)$; кроме того, важно, чтобы отличия импедансов жидкости и грунта были минимальными. Иначе говоря, должно выполняться соотношение $\Delta r \ll r_0(m) - r_t(m) \ll r_0(m) - r_0(m+1)$ (где Δr - масштаб усреднения поля по r), означающее тот простой факт, что диапазон углов падения сигналов на дно, в котором имеет место полное внутреннее отражение, должен быть существенно уже всего возможного диапазона углов падения, но шире диапазона усреднения $\Delta\theta$ по этим углам: $\Delta\theta \ll \arcsin [C(H)/C(z_s)] - \arcsin [C(H)/C_g] \ll \arcsin [C(H)/C(z_s)]$. Здесь $C(z)$ - зависимость скорости звука в океане от глубины z , $H = \max\{z\}$, z_s - глубина погружения источника, C_g - скорость звука в грунте. На формирование рассматриваемых зон существенно повлияет также перераспределение в области $r < r_0(m)$ части энергии поля, соответствующей при $C(z) = \text{const}$ области $r > r_0(m)$.

Выполнение отмеченных выше условий, при которых возможно наблюдать формирование зон повышенной озвученности, следует ожидать, например, в глубоководном районе Мирового океана (рис.2 а), акустические характеристики дна в котором на частоте $f_0 = 392$ Гц определены в [3] на основе предложенного ранее метода (см./4/):

$C(H) / C_g = 0,95$, $\rho_g / \rho = 1,6$; здесь ρ - плотность жидкости, ρ_g - плотность грунта. Результаты численных расчетов зависимости $J(r)$, выполненных на основе этих данных с использованием модовой программы "MALVA", выявили существование зон повышенной озвученности, которые отчетливо проявляются при расположении корреспондирующих точек вблизи свободной поверхности на глуби-

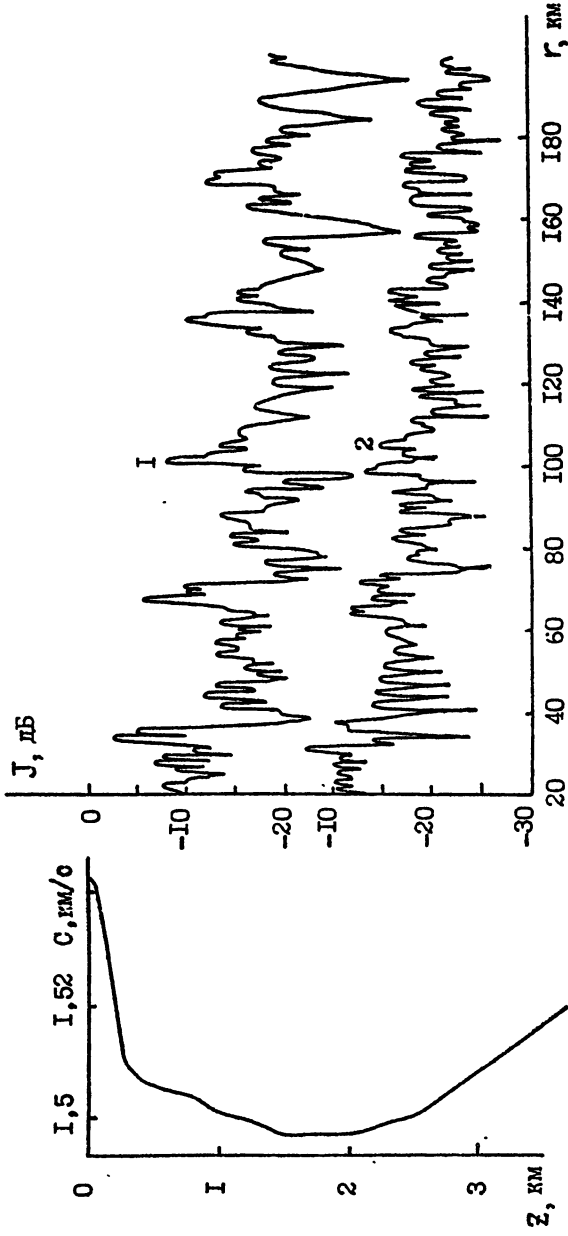


а)

б)

Р и с. 1

Модельная линейная зависимость от глубины z скорости звука $c(z)$ в водном слое толщиной $H = 3,5 \cdot 10^3$ м, $c(0) - c(H) = 1$ м/с (а) и соответствующая ей, рассчитанная по модовой теории зависимость от расстояния r интенсивности звукового поля $J(r)$ для частоты $f_0 = 392$ Гц при $z_S = 75$ м, $z = 10^2$ м и усреднении $\Delta r = 10^3$ м (б); параметры грунта $c_g = 1,053 \cdot c(H)$, $\rho_g = 1,6 \rho$ выбраны согласно данным [3].



а)

б)

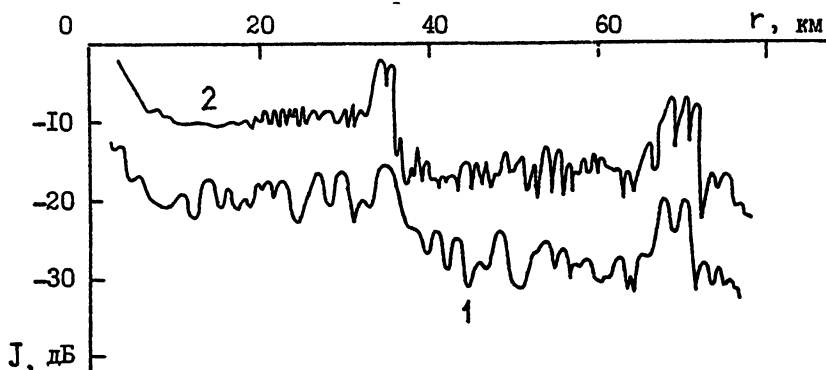
Р и с . 2

Отвечающая экспериментальным условиям /3/ зависимость от глубины z скорости звука $c(z)$ (а) и соответствующие ей теоретические зависимости от расстояния r интенсивности звукового поля $J(r)$ (б), рассчитанные по модовой теории для частоты $f_0 = 392$ Гц при $Z_S = 75$ м и глубин приема $Z = 10^2$ м - 1 и $Z = 5 \cdot 10^2$ м - 2 с усреднением $\Delta r = 10^3$ м; параметры грунта $C_g = 1,053$ с(н), $\rho_g = 1,6$ г/см³ согласно данным /3/.

нах, отвечающих максимальным значениям скорости звука, и "растворятся" с ростом глубины приема (рис.2 б) аналогично зонам конвергенции в подводном звуковом канале (см./I/).

Приведенные на рис.3 результаты обработки экспериментальных данных, полученных в том же эксперименте /3/, подтверждают существование зон повышенной озвученности, характерные черты которых вполне удовлетворительно описываются также в рамках лучевой теории некогерентных сигналов и усреднении поля по дистанции $\Delta r = 10^3$ м, при расчетах которого из источника выпускалось 500 лучей в диапазоне углов выхода $\pm 50^\circ$. К сожалению, в экспериментах /3/ решались иные задачи, в связи с чем исследуемая область расстояний была существенно ограничена: $0 \leq r \leq 80$ км, что позволило здесь (см. рис.3) наблюдать лишь две зоны повышенной озвученности.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования показали, что в глубоководном районе Мирового океана с открытым ко дну подводным звуковым каналом при расположении корреспондирующих точек вблизи свободной поверхности формируются зоны повышенной озвученности.



Р и с . 3

Экспериментальная 1 и рассчитанная по лучевой теории 2 зависимости от расстояния r интенсивности звукового поля $J(r)$ для частоты $f_0 = 392$ Гц с усреднением $\Delta r = 10^3$ м при $Z_S = 75$ м, $Z = 10^2$ м; параметры грунта $C_0 = 1,053 \cdot C(H)$, $\rho_g = 1,6 \rho$ выбраны согласно данным /3/. Экспериментальная кривая смещена для наглядности на 10 дБ вниз относительно теоретической.

вученности, которые по своим свойствам аналогичны зонам конвергенции в канале, открытом к поверхности.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. - Л.: Гидрометеоиздат, 1982. - 264 с.
2. Акустика дна океана/Под ред.У.Купермана, Ф.М.Енсена. - М.: Мир, 1984. - 454 с.
3. Бурлакова И.Б., Петухов Ю.В., Славинский М.М. Доплеровская томография дна океана//Препринт № 270. - Горький: НИРФИ, 1989. - 13 с.
4. Бурлакова И.Б., Голубев В.Н., Жаров А.И., Нечаев А.Г., Петухов Ю.В., Славинский М.М. Доплеровская томография в акустике океана //Акуст.журн. - 1988. - Т.34, № 4. - С.756-758.

Дата поступления статьи
28 июня 1989 года

ЭФФЕКТ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ФОКУСИРОВКИ ПОЛЯ
В ОТКРЫТОМ КО ДНУ ПОДВОДНОМ ЗВУКОВОМ КАНАЛЕ

Подписано в печать 27.09.89 г. МЦ 05265. Формат 60x84/16.
Бумага писчая. Печать офсетная. Объем 0,45 усл. п. л.
Заказ 4930. Тираж 120. Бесплатно

Отпечатано на ротационной машине НИРФИ