

1. Морз Ф. Колебания и звук. М.—Л.: ГИТТЛ, 1949.
2. Morse P.M. The transmission of sound inside pipes // J. Acoust. Soc. Amer. 1939. V. 11. № 2. P. 205–210.
3. Molloy C.T., Honigman E. Attenuation of sound in lined circular ducts // J. Acoust. Soc. Amer. 1945. V. 16. № 4. P. 267–272.

Акустический институт
им. Н.Н. Андреева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
18.04.90

УДК 534.44

© 1991 г.

А.Ю. Любченко, В.Г. Петников

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ШУМОВ МЕЛКОГО МОРЯ

При изучении динамических шумовых полей океана часто можно встретиться с неравномерным распределением интенсивности шума по глубине, что может быть вызвано различными причинами [1–3]. Одной из таких причин может являться неравномерное распределение значений скорости звука $C(z)$ в толще океана. Как правило, наблюдается зависимость между изменениями уровня шумового поля и распределением скорости звука от глубины. Экспериментальные данные по вертикальному распределению уровня шума, полученные в глубоком океане, свидетельствуют о существовании иногда незначительного увеличения уровня шумового поля на оси подводного звукового канала в области низких частот – порядка нескольких десятков Герц [3].

В данной работе приводятся экспериментальные результаты по измерению вертикальной структуры интенсивности поля динамических шумов в мелком море для различных зависимостей скорости звука от глубины.

Для записи шумов моря использовалась вертикальная линейная антенна длиной 40 метров, состоящая из 12 приемных гидрофонов, расположенных эквидистантно на расстоянии 3,5 м друг от друга. Антенна подвешивалась вертикально к бую, дрейфовавшему на расстоянии 50–60 м от борта корабля. Глубина погружения верхнего гидрофона изменялась для разных постановок в пределах 40–60 м от уровня моря. Сигналы с отдельных гидрофонов антенны поступали по кабелю связи, который поддерживался на специальных поплавках, демпфирующих рывки кабеля, связанные с дрейфом корабля.

Измерение шумов моря производилось вдали от судоходных трасс и береговой линии с дрейфующего корабля, находящегося в режиме тишины, (были выключены все основные механизмы, включая главный двигатель и дизель-генератор). Питание научного оборудования производилось с помощью специального шумозаглушенного генератора. В гидрофонах антенны использовалась особая конструкция предусилителей с двумя фильтрами высоких частот с частотами среза 100 и 10 Гц и крутизной 12 и 6 дБ соответственно. Фильтр с частотой среза 10 Гц был установлен непосредственно на входе предусилителя и был выполнен на пассивных элементах, что обеспечивало большой динамический диапазон его действия. Предусилители обеспечивали эффективное подавление помеховых сигналов инфранизких частот, появление которых в спектре принимаемого сигнала связано с рывками антенны, возникающих при воздействии поверхностного волнения на несущий буй.

Шумовое поле записывалось на 12 каналов аналогового магнитофона с 12 гидрофонов вертикальной антенны в диапазоне частот $\Delta f = 100–600$ Гц. Время усреднения при получении средних спектральных уровней шума равнялось 20 мин, количество усредняемых спектров – 60.

С помощью ЭВМ рассчитывались средние спектральные уровни шума для каждого из 12 приемных гидрофонов антенны и оценивалась ошибка измерения уровня шума с вероятностью 0,95. Также были получены средние значения спектральных уровней шума антенны в диапазоне частот $\Delta f = 200–600$ Гц. Расчеты производились для различных профилей скорости звука $C(z)$, соответствующих различным точкам измерения и различным метеоусловиям.

Измерения спектрального уровня шума показали, что в режиме тишины судна уровень принимаемых акустических шумов понижался на 15–20 дБ по отношению со штатным режимом работы механизмов судна и был сравним в исследуемом диапазоне частот с уровнем динамических шумов моря.

Измерения шума, проведенные с помощью антенны аналогичной конструкции, соединенной с автономной донной станцией, имеющей многоканальную систему записи информации и установленной на расстоянии 15 миль от одной из точек измерений, позволили получить аналогичное зна-

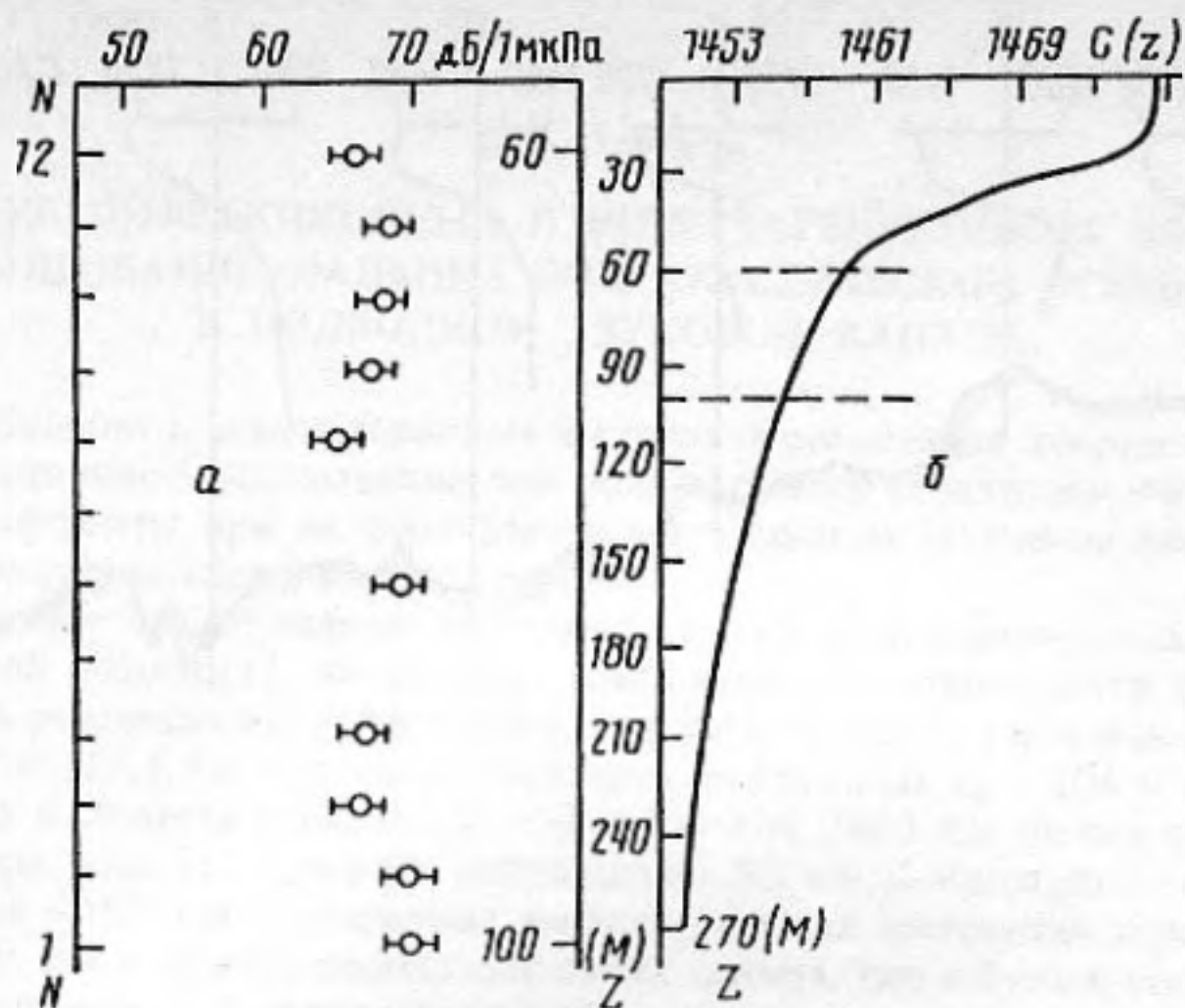


Рис. 1. *a* – Вертикальное распределение средних значений уровня шума в диапазоне частот $\Delta f = 200-600$ Гц. Скорость ветра в момент измерений уровня шума $V = 7,6$ м/с. *б* – Зависимость скорости звука от глубины. Пунктирными линиями указано месторасположение антенны

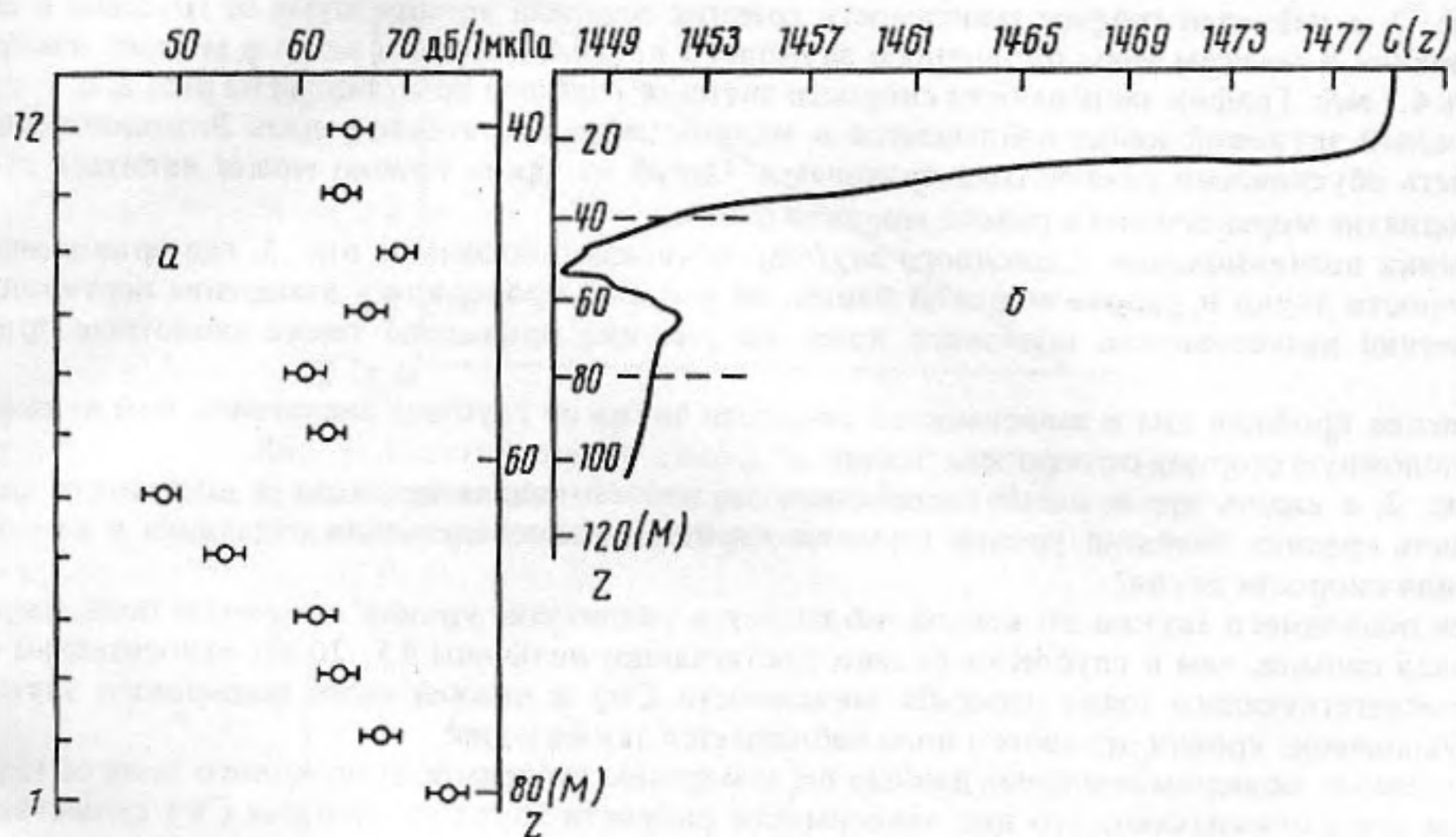


Рис. 2. *a* – Вертикальное распределение средних значений уровня шума в диапазоне частот $\Delta f = 200-600$ Гц. Скорость ветра в момент измерений уровня шума $V = 4,7$ м/с. *б* – Зависимость скорости звука от глубины в случае существования подводного звукового канала. Пунктирными линиями указано местоположение антенны

чение уровня шума. Это свидетельствует о динамическом происхождении шумов, записанных на вертикальную антенну в режиме тишины судна.

Распределение уровня шума по частоте для всех приемных гидрофонов антенны носило одинаковый монотонный характер, что позволило получить зависимости уровней шума от глубины.

На рис. 1, *a* приведен график глубинной зависимости средних значений уровней шума в диапазоне частот $\Delta f = 200-600$ Гц в случае типичного для исследуемого района профиля скорости звука.

График зависимости скорости звука от глубины $C(z)$ представлен на рис. 1, *б*. Скорость ветра в момент измерения спектральных уровней шума составляла величину 7,6 м/с.

Точки измерения средних значений уровня шума на рис. 1, *a* соответствуют той части океанического волновода, где скорость звука линейно меняется с глубиной. При этом уровень шума в пределах ошибки измерений от глубины не зависит.

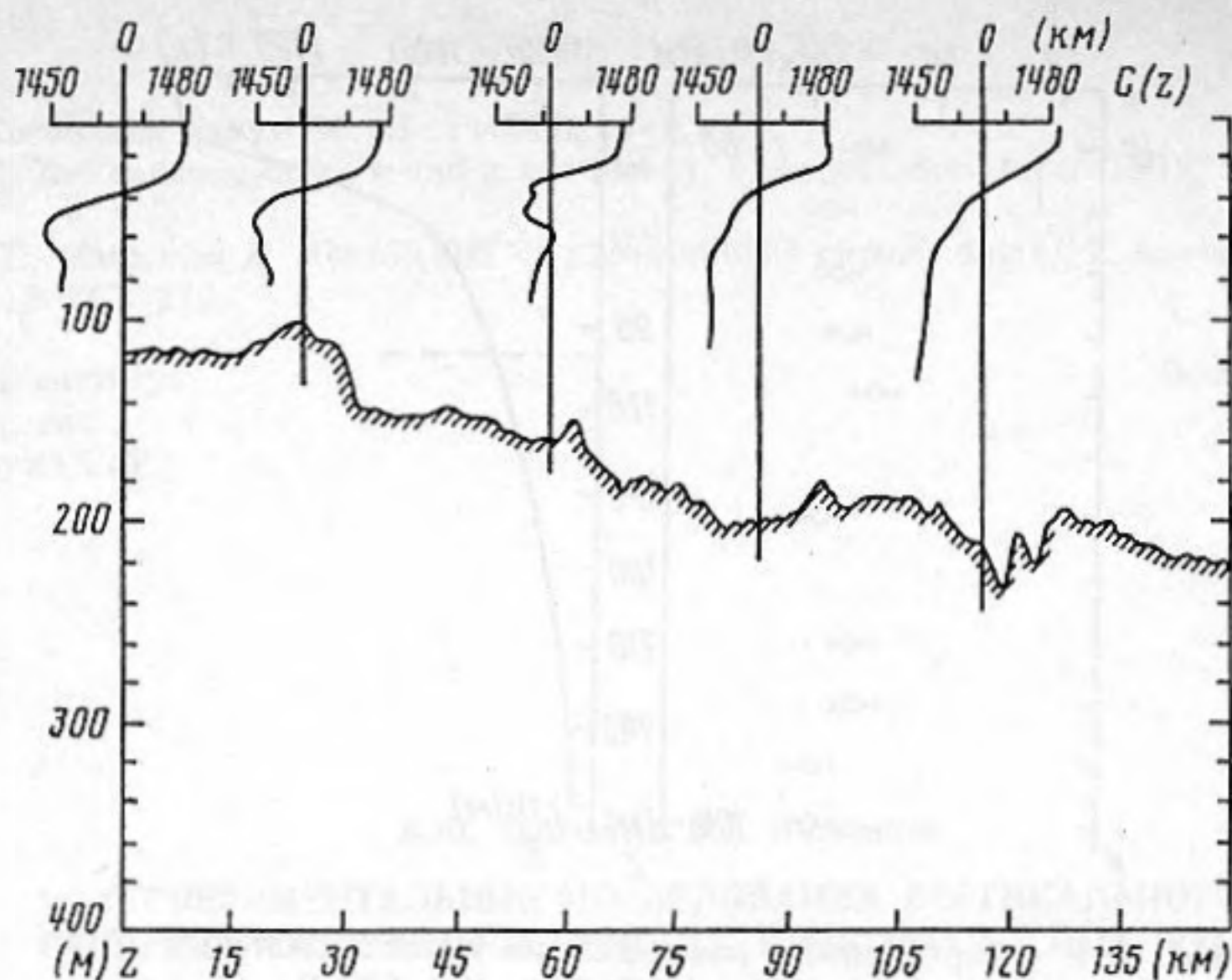


Рис. 3. Зависимость скорости звука $C(z)$ от глубины в районе морской банки

На рис. 2, а приведен график зависимости средних значений уровня шума от глубины в случае существования в мелком море подводного звукового канала. Скорость ветра в момент измерений равнялась 4,7 м/с. График зависимости скорости звука от глубины представлен на рис. 2, б.

Подводный звуковой канал наблюдается в мелком море достаточно редко. Возникновение его может быть обусловлено различными причинами. Одной из таких причин может являться существенное поднятие морского дна в районе морской банки.

Динамика возникновения подводного звукового канала показана на рис. 3, где приведены профили скорости звука в районе морской банки, на которой проводилось измерение вертикального распределения интенсивности шумового поля. На рисунке приведены также эхолотные примеры дна.

Изменение профиля дна и зависимостей скорости звука от глубины аналогично при движении в противоположную сторону от вершины банки.

Из рис. 2, а видно, что в случае подводного звукового канала существует достаточно сильная зависимость средних значений уровня шума от глубины, непосредственно связанная с изменениями профиля скорости звука.

На оси подводного звукового канала наблюдается увеличение уровня шумового поля, выраженное гораздо сильнее, чем в глубоком океане, достигающее величины 15–20 дБ относительно минимума, соответствующего точке перегиба зависимости $C(r)$ в нижней части подводного звукового канала. Увеличение уровня шумового поля наблюдается также у дна.

Приведенные экспериментальные данные по измерению зависимости шумового поля от глубины в мелком море показывают, что вид зависимости скорости звука от глубины $C(r)$ существенным образом влияет на распределение интенсивности шумового поля по глубине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клячин Б.И. О влиянии рассеяния на анизотропию поля шумов океана // Акуст. журн. 1981. Т. 5. С. 526–532.
2. Курьянов Б.Ф. Низкочастотные акустические шумы океана // X Всесоюз. акуст. конф. М., 1983. С. 42–57.
3. Urlick R.J. Ambient noise in the Sea. Peninsula Publishing, 1986.