

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИАЦИЙ УРОВНЕЙ ПОДВОДНЫХ ШУМОВ В ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЕ ТИХОГО ОКЕАНА

© 2010 г. В. И. Бардышев

Акустический институт им. Н. Н. Андреева

117036 Москва, ул. Шверника 4

E-mail: lekomtsev@akin.ru

Поступила в редакцию 6.11.08 г.

Излагаются результаты измерений нормированных функций автокорреляций и частотной корреляции случайных медленных вариаций уровней подводных шумов Тихого океана в зоне шельфа острова Шикотан. Измерения проводились на глубине 130 м в общем диапазоне частот 0.9 Гц–11 кГц. Вариации уровней шумов сравнительно синхронны в широком диапазоне частот. Их интервал автокорреляции на разных частотах составляет от 11 до 42 часов, а частотная корреляция – не менее 0.77 в пределах двух декад. Интегральный интервал автокорреляции вариаций скорости ветра равен 14.1 часам.

Характерной особенностью подводных шумов океана являются случайные, глубокие и медленные вариации уровней [1], [2]. Функции автокорреляции дают представление о временном, а функции частотной корреляции – о частотном масштабе этих вариаций.

Долговременные систематические измерения медленных вариаций уровней подводных шумов проводились на тихоокеанском шельфе в 21 км к северо-востоку от острова Шикотан. Использовались стационарные ненаправленные гидрофоны, установленные на глубине 130 м на высоте 1.5 м от поверхности дна. Измерения выполнялись сеансами через интервалы времени от 3 до 12 часов в полосах третьоктавных фильтров в низкочастотном диапазоне 0.9–120 Гц и в полосах полуоктавных фильтров в звуковом диапазоне 0.09–11 кГц. В каждом сеансе уровни шума усреднялись по огибающей на отрезке времени $T = 90$ с в низкочастотном и $T = 3$ с в звуковом диапазоне частот, пересчитывались к полосе 1 Гц и выражались в дБ, отсчитанных от уровня 1 мкПа.

Логарифмический масштаб отсчета уровней шума (в дБ) предпочтительнее линейного (в Па) ввиду большого динамического диапазона вариаций уровней подводного шума (50–66 дБ, или 320–2000 раз по амплитуде [2]). По этой причине логарифмический масштаб обычно используется при описании подводных шумов океана ([1]–[3] и другие работы).

Далее вычисление корреляционных функций вариаций измеренных уровней производилось на ЭВМ. При вычислении нормированной частотной функции корреляции $R(f_1, f)$ использовались

данные 312 сеансов в звуковом и 156 сеансов в низкочастотном диапазоне частот, полученные на протяжении полугода с августа по январь при значениях скорости ветра от 0 до 40 м/с. Вычислялась корреляция уровней в фильтре с центральной частотой f_1 с уровнями в фильтрах с центральными частотами f . В низкочастотном диапазоне $f_1 = 10.5$ Гц, а в звуковом – $f_1 = 1120$ Гц. Центральные частоты соответствуют максимумам сквозных частотных характеристик электронного тракта с фильтрами. Полученные значения функции $R(f_1, f)$ представлены на рис. 1. В обоих диапазонах $R(f_1, f) > 0.77$, что свидетельствует о довольно хорошей синхронности вариаций уровней шума в пределах не менее 2 декад. Это объясняется корреляционной связью вариаций уровней подводных шумов со скоростью ветра во всем обследованном диапазоне частот, наблюдавшейся в данном районе [2]. Отметим, что в районе с более интенсивными шумами судоходства наблюдалось снижение такой связи на частотах выше 4 Гц [3].

Нормированные функции автокорреляции вариаций уровней подводного шума $R_a(\tau)$ вычислялись по данным замеров, сделанных через интервалы 6 часов на протяжении 17.5 суток с 15 октября по 1 ноября. Образцы функций $R_a(\tau)$ показаны на рис. 2. Значения $R_a(\tau)$ уменьшаются при возрастании времени задержки τ на всех частотах. Интервал автокорреляции τ_a по первому нулю функции автокорреляции на разных частотах лежал в пределах 12–42 часов. По измерениям в Атлантическом океане [3] на частотах 1–250 Гц, где ветровые шумы преобладали, значения τ_a лежали в пределах 8–40 часов.

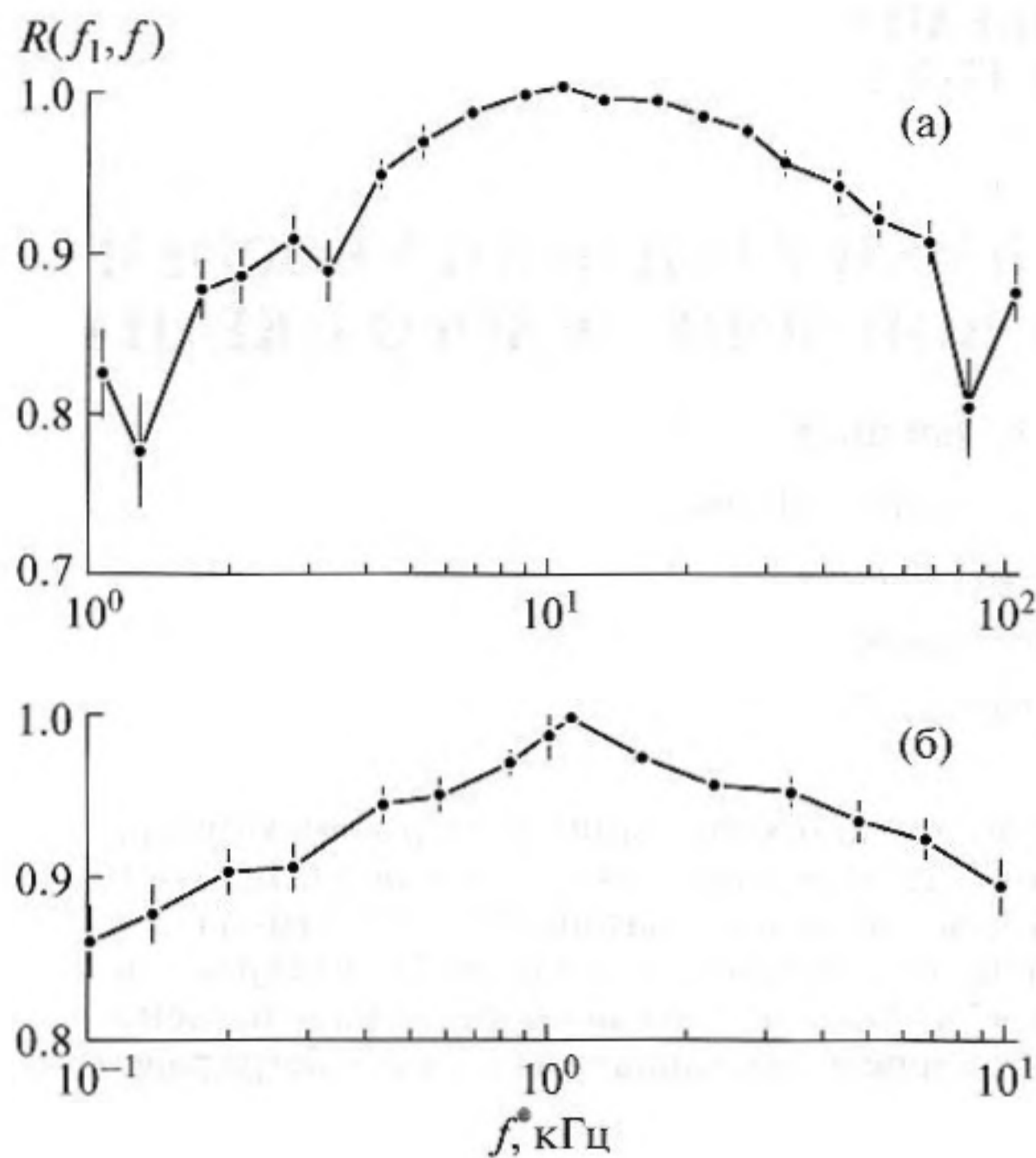


Рис. 1. Нормированные функции частотной корреляции вариаций уровней подводных шумов океана $R(f_1, f)$: а – в низкочастотном диапазоне при $f_1 = 10.5$ Гц; б – в звуковом диапазоне при $f_1 = 1120$ Гц. Вертикальными черточками показаны стандартные ошибки вычисления значений функции $R(f_1, f)$.

В нашем случае нормированная функция автокорреляции вариаций скорости ветра вычислялись по данным замеров, сделанных на протяжении 6 месяцев с августа по январь с интервалами 3 часа. Она монотонно уменьшается при возрастании τ (кривая 1 на рис. 2б), приближаясь к нулю при $\tau > 39$ часов, что дает основание считать вариации скорости ветра на большом отрезке времен эргодическим процессом. В диапазоне $\tau = 0-54$ часа нормированная функция автокорреляции вариаций скорости ветра хорошо описывается эмпирической формулой, подобранной методом наименьших квадратов:

$$R_a(\tau) = \exp(-\alpha|\tau|), \alpha = 0.071 \text{ часа.}$$

Интегральный интервал автокорреляции вариации скорости ветра:

$$\tau_a = \int_0^{\infty} \exp(-\alpha\tau) d\tau = 1/\alpha = 14.1 \text{ часа.}$$

В работе [3] получено близкое значение: $\tau_a = 18$ часов по уровню $R_a = 1/e$.

Сходство результатов измерений функций автокорреляции медленных вариаций уровней подводных шумов Тихого и Атлантического океанов, а также скорости ветра, позволяет надеяться, что полученные данные отражают не только местные

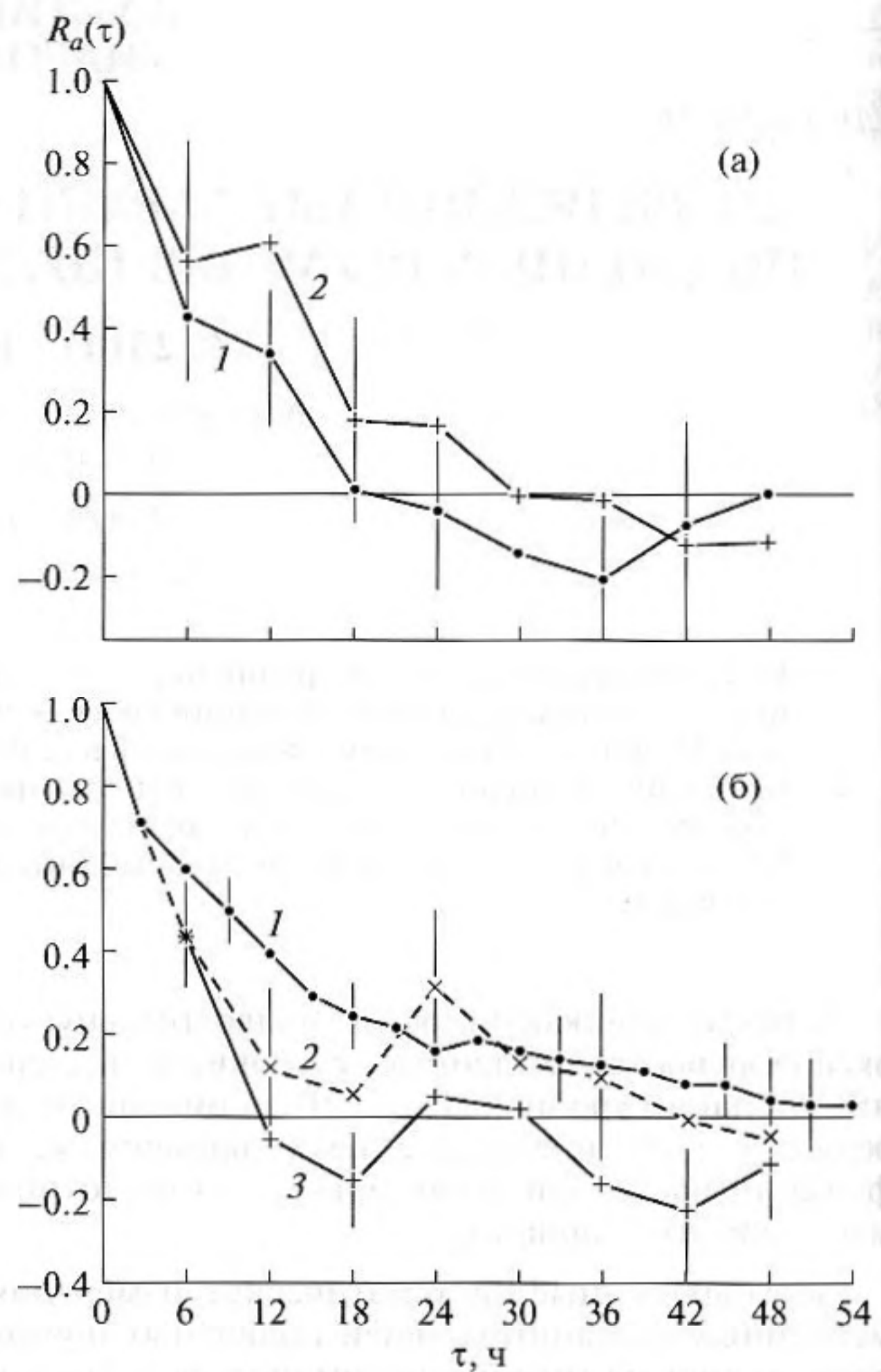


Рис. 2. Нормированные функции автокорреляции $R_a(\tau)$ вариаций уровней подводных шумов океана и скорости ветра в низкочастотном – а и в звуковом – б диапазонах частот; а – центральные частоты фильтров: 1 – 2.1 Гц, 2 – 10.5 Гц; б – 1 – функция автокорреляции вариаций скорости ветра, 2 – то же для вариаций уровней шума в полуоктавной полосе с центральной частотой $f = 140$ Гц; 3 – то же с $f = 6.6$ кГц.

условия генерации подводных шумов, но и глобальные, общие для Мирового океана и атмосферы над ним.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wenz G. Acoustic ambient noise in the ocean: spectra and sources // J. Acoust. Amer. 1962. V. 34. № 12. P. 1936–1952.
2. Бардышев В.И. Подводные шумы Тихого океана в зоне шельфа острова Шикотан // Акуст. журн. 2009. Т. 55. № 1. С. 1–10.
3. Perrone A.J. Infrasonic and low-frequency ambient noise measurements on the Grand Banks // J. Acoust. Soc. Amer. 1974. V. 55. № 4. P. 754–758.