

## Исследование скалярно-векторных характеристик акустического поля с помощью разнесенных в пространстве комбинированных приемных модулей

Е.В. Медведева<sup>1</sup>, Б.И. Гончаренко<sup>1</sup>, А.С. Шуруп<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
физический факультет, кафедра акустики

<sup>2</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

<sup>3</sup>Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

[medvedeva.ev15@physics.msu.ru](mailto:medvedeva.ev15@physics.msu.ru)

Перспективным направлением развития методов пассивной акустической томографии океана, основанных на оценке функции Грина среды с помощью двухточечной взаимной корреляции шумовых полей [1], является использование комбинированных приемных модулей, способных в одной точке пространства регистрировать как скалярные, так и векторные характеристики акустических полей [2]. Такой подход позволяет получать одновременно заметно больший объем информации о структуре волнового поля по сравнению с использованием одиночных приемников давления. Теоретические оценки показывают [3], что использование комбинированных приемных модулей в пассивной томографии позволяет существенно сократить время накопления шумового сигнала, требуемого для достоверной оценки функции Грина.

Настоящая работа посвящена анализу экспериментальных данных, полученных в результате измерений летом и зимой 2018-19 гг. в акватории Клязьминского водохранилища на гидроакустическом полигоне МГУ. Для проведения эксперимента вдали от берега был выбран протяженный в горизонтальном направлении ровный участок водного слоя глубиной примерно 8 метров. На дно были установлены два разнесенных в пространстве комбинированных приемных модуля (КПМ №1 и №2), осуществлявших одновременное измерение звукового давления и трех взаимно ортогональных составляющих колебательной скорости шумового поля. При этом ориентация горизонтальных каналов приемных модулей была одинаковой. В летний период расстояние от КПМ №2 до проходящих мимо судов в разные моменты фиксировалось с помощью лазерного дальномера. Для анализа был выделен отрезок записи, на котором четко прослеживалось пространственное изменение шумового сигнала от проходящего одиночного судна; максимальное расстояние до КПМ составляло 160 м, минимальное – 70 м (траверз). В марте 2019 г. были осуществлены дополнительные измерения собственных шумов акватории Клязьминского водохранилища при наличии на поверхности акватории ледового покрова в аналогичных условиях эксперимента.

При исследовании экспериментальных данных, записанных в летний период, была получена картина пространственной анизотропии шумов акватории при наличии движущегося шумового источника. Обработка данных проводилась в соответствии с алгоритмом, представленным в работе [4]. Диапазон углов от 0 до 360° был разбит на  $n$  секторов  $\Delta\varphi_0$ , для каждого из которых значение интенсивности определялось как сумма модулей векторов потока акустической мощности для  $N$  различных дискретных составляющих  $f_i$  из выбранной полосы частот:

$$I(\varphi_n) = \sum_{i=1}^N I(f_i, [n-1]\Delta\varphi_0 \leq \varphi_i < n\Delta\varphi_0), \text{ где } I(f_i, \varphi_n) = \sqrt{W_{Rx,i}^2 + W_{Ry,i}^2} \quad (1)$$

На рис. 1 изображена полученная на основе (1) оценка зависимости углового распределения интенсивности шумов акватории при наличии проходящего судна.