

# КОРРЕЛЯЦИЯ СЕЙСМОСИГНАЛОВ, ОДНОВРЕМЕННО ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИМИ СТАНЦИЯМИ МЫС ШУЛЬЦА И ЗАЛИВ ПОСЬЕТА

**Горовой С.В.<sup>1,2</sup>, Наумов С.Б.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток*

<sup>2</sup>*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток*

<sup>3</sup>*Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба РАН»*

*(ФИЦ ЕГС РАН)*

GorovoySV@mail.ru

Исследование характеристик сейсмического фона имеет важное значение для выявления сейсмических сигналов от удаленных землетрясений. На сейсмических станциях Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (ФИЦ ЕГС РАН) [1] реализована возможность синхронной, с точностью не хуже  $\pm 1$  мс регистрации сейсмических сигналов. Это дает возможность их совместной обработки применительно к задачам обнаружения и выделения слабых сейсмических сигналов [2]. Наличие корреляции между сигналами сейсмического фона позволяет улучшить качество обнаружения слабых сейсмических сигналов и вызвавших их сейсмических явлений. В [3] описаны результаты оценивания взаимно-корреляционных функций (ВКФ) и функций когерентности вертикальных компонент сейсмической скорости, зарегистрированных велосиметрами станций Мыс Шульца, Залив Посьета, Владивосток (станции MSH, PSTR и VLAR сейсмической сети ЕГС РАН) в полосе частот 0,01 Гц – 1 Гц в период с 31.12.2018 г. по 01.01.2019 г. и указано, что в полосе частот 0,2—0,8 Гц наблюдался сдвинутый на 42 с устойчивый максимум ВКФ данных сигналов на станциях Мыс Шульца и Залив Посьета, расстояние между которыми составляет 29,3 км, причем большая часть соединяющей их прямой линии проходит по акватории залива Петра Великого и бухты Новгородской, см. рисунок 1.

В данной работе описаны результаты оценивания взаимно-корреляционной функции вертикальных компонент сейсмической скорости, зарегистрированных с помощью установленных на названных станциях велосиметров 16 августа 2021 года на интервале от 0 до 20 часов, время UTC (с 10:00 16.08.2021 до 06:00 17.08.2021 местного времени). Частоты дискретизации сигналов на данных станциях различаются, поэтому зарегистрированные на них сигналы были передискретизированы на общую частоту дискретизации  $f_s = 20$  Гц и затем синхронизированы по времени с точностью не хуже 1 мс.

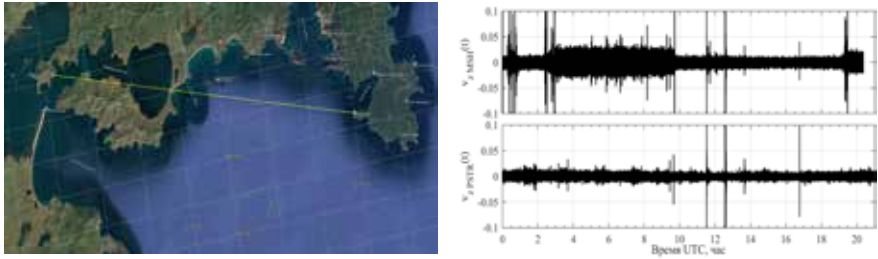


Рис. 1. Слева – фрагмент карты Google Map района работ, прямая линия «соединяет» станции Залив Посьета (слева) и Мыс Шульца (справа). Справа – осциллограммы вертикальных компонент сейсмической скорости на станциях Мыс Шульца (MSH,верху) и Залив Посьета (PSTR, внизу). Масштаб по оси ординат условный

На рисунке 1, справа, показаны осциллограммы вертикальных компонент сейсмической скорости, зарегистрированных 16.08.2021 одновременно велосиметрами указанных станций в диапазоне частот 0.01 – 10 Гц, масштаб по оси ординат условный. Осциллограммы имеют характерный для сейсмических сигналов вид шумовых дорожек с выбросами. На станции MSH на интервалах 03 – 10 час. и начиная с 19 час. видны характерные для этой станции повышения уровня шумового фона и нерегулярные выбросы, обусловленные усилением ветра и волнения ввиду близости к береговой кромке, а также особенностями геологического строения мыса Шульца. В 11:31.8 и 12:34.8 на станции MSH и чуть позднее на станции PSTR были зафиксированы первый толчок и сигнал землетрясения в Японском море.

На рисунке 2 показана спектрограмма вертикальной компоненты сейсмической скорости на станции Мыс Шульца, см. рисунок 1 (разрешение по частоте 0.02 Гц, окно Ханна). На ней на всем 20-часовом интервале явно видны спектральные максимумы вблизи 0.35 Гц (микросейсмы) и вблизи 0.8 Гц – предположительно, по мнению ряда исследователей, соответствующие резонансным колебаниям акватории. Спектрограмма

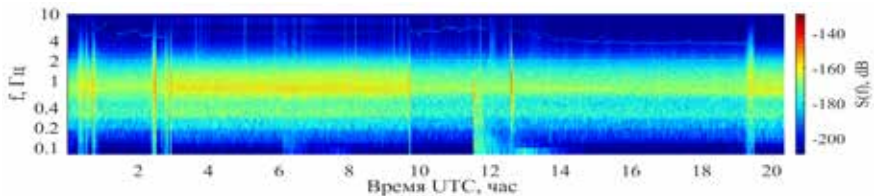


Рис. 2. Спектрограмма сигнала вертикальной компоненты сейсмической скорости на станции Мыс Шульца, см. рисунок 1. Разрешение по частоте 0.02 Гц, окно Ханна

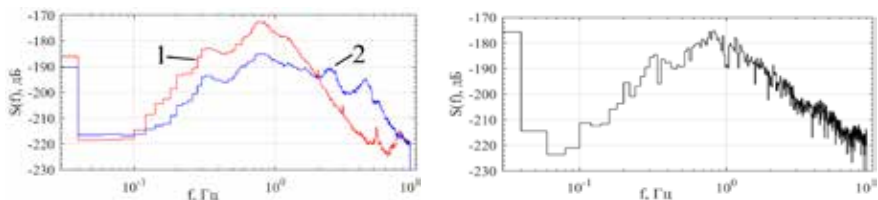


Рис. 3. Слева – усредненные на интервале 04:00:00 – 04:00:30 спектральные уровни, справа – взаимные спектральные уровни вертикальной компоненты сейсмической скорости на станциях: 1 – Мыс Шульца, 2 – Залив Посьета. В обоих случаях разрешение по частоте 0.02 Гц, окно Ханна

вертикальной компоненты сейсмической скорости на станции Залив Посьета выглядит подобным образом.

На рисунке 3 для интервала времени 04:00:00 – 04:30:00 показаны: слева – усредненные на данном 30-минутном интервале спектральные уровни, справа – усредненные взаимные спектральные уровни сигналов, см. рисунок 1. В обоих случаях для оценивания спектральных уровней использовался метод Уэлша, разрешение по частоте составляло 0.02 Гц, перекрытие соседних фрагментов 50%, окно Ханна. Как и на рисунке 2, на обоих графиках видны спектральные максимумы вблизи 0.35 Гц и вблизи 0.8 Гц, максимумы взаимных спектральных уровней наблюдаются в области  $\Delta f = 0.2 - 2$  Гц. На других фрагментах сигналов, показанных на рисунке 1, кроме первого толчка и землетрясения, характер частотных зависимостей, усредненных и взаимных спектральных уровней выглядит аналогично.

На рисунке 4 показаны оценки начальных участков взаимно-корреляционных функций (ВКФ) 30-минутных фрагментов, показанных на рисунке 1 сигналов в полосе частот  $\Delta f = 0.2 - 2$  Гц: вверху – с 04:00:0 до

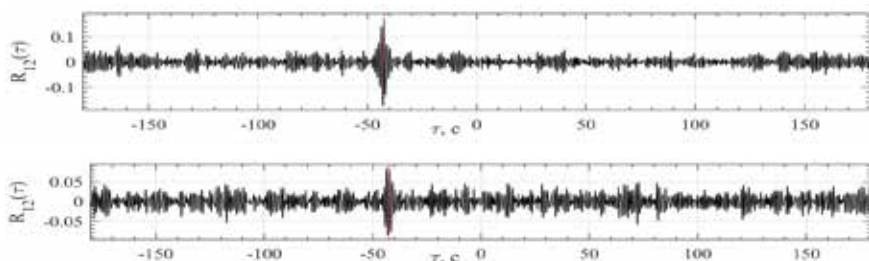


Рис. 4. Оценки начальных участков взаимно-корреляционных функций вертикальной компоненты сейсмических шумов в диапазоне частот 0.2 – 2 Гц станций Мыс Шульца–Залив Посьета: вверху – с 04:00 до 04:30:00, внизу – с 11:00:00 до 11:30

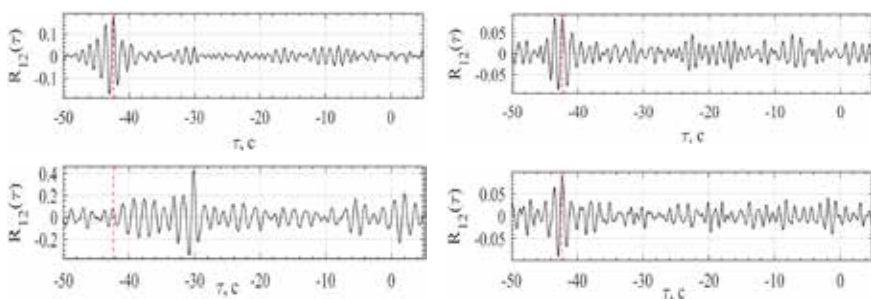


Рис. 5. Оценки начальных участков взаимно-корреляционных функций вертикальной компоненты сейсмических шумов в диапазоне частот 0.2 – 2 Гц станций Мыс Шульца–Залив Посьета на интервалах времени (слева-направо, сверху вниз): 04:00–04:30, 11:00–11:30, 12:30–13:00 (землетрясение), 18:00–18:30

04:30:00, внизу – с 11:00:00 до 11:30:00. На обоих графиках вблизи значения задержки  $\tau = -42.4$  с наблюдаются «главные» максимумы ВКФ. Хотя абсолютные значения этих максимумов относительно невелики (0.18 и 0.07 соответственно), но они более, чем вдвое превышают остальные значения и поэтому должны приниматься во внимание.

На рисунке 5 показаны фрагменты ВКФ для нескольких 30-минутных интервалов.

### Выводы:

1. Как 16.08.2021, так и во многие другие дни, при отсутствии сигналов землетрясений в полосе частот 0,2—0,8 Гц наблюдается сдвинутый на  $\sim 42$  с устойчивый максимум (до 0,5) взаимно-корреляционной функции вертикальной компоненты сейсмических шумов станций Мыс Шульца–Залив Посьета.

2. Для формирования количественной модели данного явления необходимы дополнительные исследования.

### Литература

1. <http://www.gsras.ru/new/news/> проверено 20.06.2023.
2. Адушкин В.В., Китов И.О., Константиновская Н.Л., Непейна К.С., Нестеркина М.А., Санина И.А. Обнаружение сверхслабых сигналов на малоапертурной сейсмической антенне “Михнево” с помощью кросскорреляции волновых форм // ДАН. 2015. Т. 460. № 6. С. 707–709.
3. Горовой С.В., Наумов С.Б., Овчаренко В.В. Корреляция сейсмосигналов, одновременно зарегистрированных разными сейсмостанциями в Приморском крае // Материалы докладов XII Всероссийского симпозиума «Физика геосфер». Владивосток: ТОИ ДВО РАН. 2021. С. 201–207.