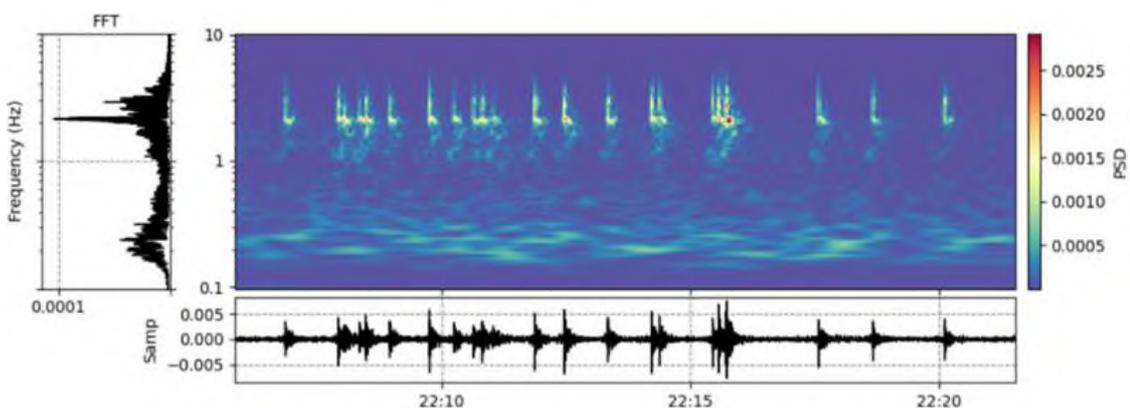


УДК 55.551.24

**СПЕКТРАЛЬНО-КОРЕЛЯЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ СЕЙСМОСИГНАЛІВ
ПРИ ДРОНОВИХ ТА РАКЕТНИХ ОБСТРІЛАХ****Шляховий В.П., Шиян Р.В.***Полтавська гравіметрична обсерваторія ІГФ НАНУ
gravics@gmail.com***Міщенко Р.А.**, к.т.н., доцент*Національний університет «Полтавська Політехніка імені Юрія Кондратюка»**ab.Mishchenko_RA@nipp.edu.ua***Шляховий Р.В.***ГУ Пенсійного фонду України в Полтавській обл.*

З початку повномасштабної та необґрунтованої агресії росії проти України геофізичні прилади фіксують тисячі геодинамічних подій, що пов'язані з вибухами боєприпасів різного типу і потужності. Із-за цього в атмосфері та земній корі виникають акустичні, сейсмічні та інші геодформаційні сигнали. В ПГО за допомогою сейсмоприпливних технологій з лютого 2022 року виконується їх сейсмогеодинамічний моніторинг та дослідження. Полтавська область знаходиться в центрі Дніпровсько-Донецької Западини (ДДЗ), в сотні км від активного фронту. Однак, як і вся Україна, область зазнає численних ударів і руйнувань дронами, крилатими та балістичними ракетами, при яких генеруються сейсмічні сигнали з еквівалентною магнітудою 0.5–2.5, що можуть записуватись та аналізуватись на відстанях до 200–300 км.

Встановлено, що вибухи мають чітко виражені спектральні та кореляційні відмінності від землетрусів та інших природних подій: домінування високих частот, співвідношень фаз сейсмічних хвиль та характерну модуляцію спектра. Покращення здатності розрізняти природні геофекти та антропогенні вибухи є важливим завданням геодинамічного моніторингу, бо регіональні та глобальні сейсмічні мережі дедалі активніше використовуються для незалежного і об'єктивного моніторингу збройних конфліктів. Здатність виявляти окремі антропогенні вибухи в реальному часі, їх точно локалізувати та оцінювати енергетичний клас подій створює основу для документування інтенсивності бойових дій навіть у регіонах з обмеженим доступом до інформації [1]. У центрі ДДЗ в моніторинговому режимі виконуються синхронні режимні сейсмоприпливні та термобаричні спостереження. Для виявлення і параметризації небезпечних геофізичних явищ природного та техногенного походження сеймонахиломірні записи вивчаються фільтраційним, спектральним, кореляційним та іншими методами. Основними джерелами фонового сейсмічного шуму є мікросейсми та техногенний шум (транспортний, технологічний). За даними широкосмугових сеймонахиломірів, основний рівень мікросейсм, які реєструються в ПГО, знаходиться в межах $\approx 0,14$ – $0,28$ Гц. Сигнали локально-техногенного походження >1 Гц (рисунок 1).



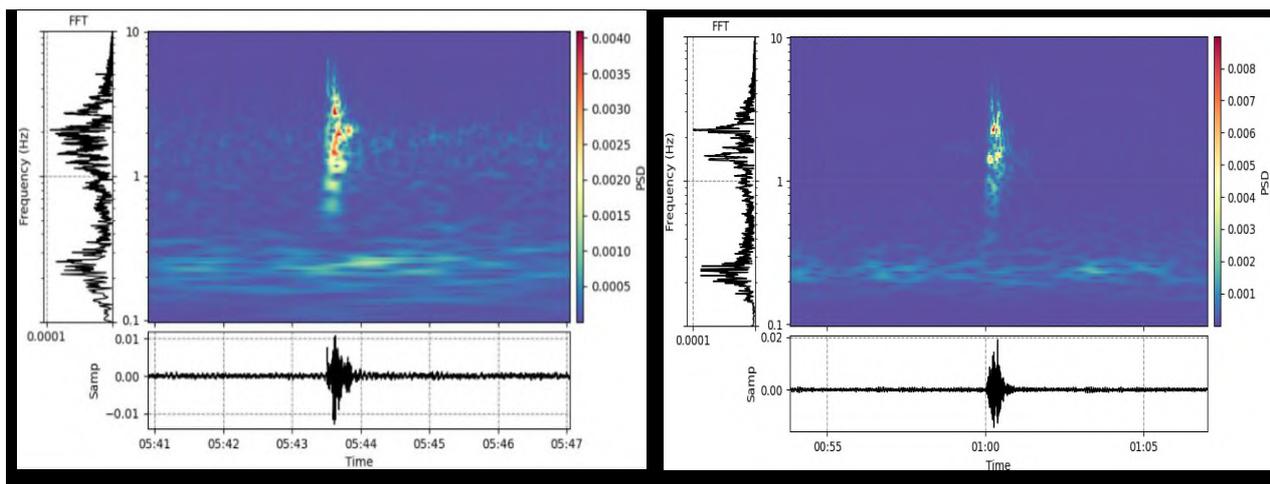


Рис. 1. Спектрограми записів сейсмонахиломіра (EW) під час вибухів внаслідок: 1) верхній графік - ракетні атаки; 2) внизу - атаки дронів

Якщо в записах існують сигнали іншого походження (вибухи), то в спектрах крім мікросейсм з'являються хвилі з частотами більше 1-2 Гц. При місцевих землетрусах на спектрограмі виявляється низькочастотна компонента, яка розтягнута в часі. Що ж до вибухів, то вони мають короткотермінове існування з локалізацією максимумів інтенсивності на високих частотах. Це видно з рисунку 1, де представлено спектрограми вибухів від ракетних вибухів чи дрової атаки на відстані до 5км. При вибухах, спричинених ракетними ударами, максимум спектральної густини потужності зазвичай спостерігається у вузькому діапазоні 1,5–2,5 Гц, при цьому суттєва енергія розподілена в смузі частот 0,9–6 Гц. Для вибухів, зумовлених атаками безпілотних літальних апаратів, домінуюча частота зміщується до ≈ 2 Гц, а ширина спектра теж становить 1,5–6 Гц з характерним спаданням спектру на частотах нижче 2 Гц.

Таким чином, вивчення сейсμοдеформаційних ефектів при поверхневих вибухах являється важливою геофізичною проблемою, вирішення якої дозволяє параметризувати такі небезпечні події. Для більшості подій енергія на частотах нижче 1–2 Гц є суттєво меншою, ніж у землетрусів з аналогічною магнітудою. Проведений аналіз сейсмічних записів вибухів, спричинених ракетними ударами по території України у 2022–2025 рр., підтвердив наявність стійкого комплексу спектрально-часових ознак, які надійно відрізняють такі події від природних тектонічних землетрусів [2]. Геодинамічний моніторинг території України є важливою складовою для забезпечення безпеки населення і промислових об'єктів від наслідків антропогенного або техногенного впливу.

Література:

1. Dando, B. D. E., Görtz-Allmann, B. P., Brissaud, Q., Gibbons, S. J., Köhler, A., & Mykkeltveit, S. (2023). Identifying attacks in the Russia–Ukraine conflict using seismic array data. *Nature*, 620 (7975), 965–971.
2. Шляховий В.П., Шиян Р.В., Ільченко В.В., Міщенко Р.А. (2022, 2 грудня). Геодинамічні явища при обстрілах та вибухах по сейсмонахиломірних записах у Полтавському регіоні. *Академічна й університетська наука : зб. наук. пр. Полтава : НУПП ім. Кондратюка*, 185-188.