

## ВИЯВЛЕННЯ СЕЙСМІЧНОГО СИГНАЛУ З ІНОЗЕМНОГО ВИПРОБУВАЛЬНОГО ПОЛІГОНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТОМ ТРИКОМПОНЕНТНИХ СЕЙСМІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Своєчасне встановлення факту проведення ядерних випробувань (ЯВ), тією або іншою державою, або його спростування, оцінка ступеню технологічного розвитку створення ЯЗ є важливим завданням. В Україні завдання контролю національними технічними засобами за дотриманням вимог міжнародних договорів України про обмеження та заборону випробувань ядерної зброї (ЯЗ), випробуваннями ЯЗ на іноземних випробувальних полігонах (ІВП) та проведенням ЯВ в мирних цілях покладено на Головний центр спеціального контролю (ГЦСК) Державного космічного агентства (ДКА) України[1].

Модернізація сейсмічних засобів спостереження, передачі та обробки вимірювальних даних, перехід на цифрову обробку інформації, яка проводиться у ГЦСК в рамках Національних та Міжнародних програм, дозволяють перейти на якісно новий рівень моніторингу сейсмічної обстановки. Однак, ці можливості на даний час використовуються обмежено, оскільки реалізовані у ГЦСК способи обробки сейсмічних даних засновані на алгоритмах «ручної» обробки сейсмограм оператором. Тому виникає необхідність проведення аналізу відомих методів сейсмічних даних, та визначати основні напрямки удосконалення існуючих та розробки нових підходів щодо обробки вимірювальних даних сейсмічного методу з урахування особливостей завдань, які стоять перед ГЦСК у рамках контролю за випробуваннями ЯЗ на ІВП.

Питанням сейсмічного моніторингу присвячена низка робіт [2-4]. Однак більшість запропонованих підходів спрямовані на вирішенні окремих проблем, вимагають значних обчислювальних затрат, або потребують попередню обробку оператором та використовуються у пост оперативному режимі часу, як правило для уточнення параметрів сейсмічного джерела.

На даний час, у Міжнародних та Національних центрах даних інших країн основна тенденція виявлення сейсмічної події у автоматичному режимі полягає у використанні відносно простих процедур обробки вимірювальних даних, які дозволяють оперативно здійснювати аналіз даних, але при цьому збільшується щільність мережі сейсмічних спостережень [2]. Територіальна обмеженість мережі сейсмічних спостережень ГЦСК, особливо після тимчасової втрати, в наслідок окупації Російською Федерацією Кримського півострова, пунктів спостереження «Севастополь» та «Євпаторія», зумовлює необхідність розробки методологічних засад вирішення завдань сейсмічного моніторингу окремими пунктами спостереження на яких встановлені трикомпонентні сейсмічні станції (ТКСС).

На даний час, для вирішенні завдань виявлення сейсмічних сигналів з підконтрольного району застосовуються методи узгодженої фільтрації та розпізнавання образів[2,3]. При цьому оцінка відповідності прийнятої реалізації раніш зареєстрованим здійснюється лише, як правило, для вертикальних каналів трикомпонентного сейсмічного запису. Однак застосування даних підходів можливо лише у випадку наявності апріорної інформації про форму очікуваного сейсмічного сигналу.

Для підвищення можливостей (показників виявлення) визначення відповідності прийнятої реалізації сейсмічному сигналу від ЯВ на підконтрольному ІВП за результатом спостережень ТКСС необхідно перейти до аналізу всіх складових трикомпонентного сейсмічного запису. Врахування поляризаційних властивостей складових сейсмічного сигналу дозволить здійснювати локацію осередку сейсмічної події за результатами спостережень як окремою ТКСС так і МСС в цілому. Крім того, участь ГЦСК у Міжнародних проєктах, дозволяє використовувати результати реєстрації ТКСС Міжнародних та Національних центрів даних інших країн.

У цьому випадку актуальним постає питання застосування апарату поляризаційного аналізу для обробки вимірювальних даних ТКСС МССМ. Врахування поляризаційних властивостей складових сейсмічного сигналу дозволить здійснювати локацію осередку сейсмічної події за результатами спостережень як окремою ТКСС так і МСС в цілому. При цьому час отримання вимірювальних даних, необхідних для виявлення сейсмічної події та визначення її параметрів, обмежено часом надходження другої складової сейсмічного сигналу ( $S$ -хвилі) для ТКСС.

Іншим напрямком є розробка методів обробки вимірювальних даних ТКСС, які дозволять здійснювати безперервний моніторинг ІВП використовуючи методи оптимального виявлення, також враховуючи динамічні (поляризація) та кінематичні (час розповсюдження) особливості складових сейсмічного сигналу. За результатами сейсмічних спостережень ТКСС, стан підконтрольного ІВП можна визначити функціоналом:

$$F(t) = \Omega(\alpha_p, \gamma_p, \alpha_s, \gamma_s, t - \tau_{ps}), \quad (1)$$

де,  $\alpha_p, \gamma_p$  – очікуваний азимут та кут виходу першої складової сейсмічного сигналу ( $P$ -хвилі) на денну поверхню, які у визначаються положенням підконтрольного ІВП відносно ПС;

$\alpha_s, \gamma_s$  – очікуваний азимут та кут виходу  $S$ -хвилі на денну поверхню, які визначаються за умови ортогональності до очікуваного напрямку приходу  $P$ -хвилі;

$\tau_{ps}$  – різниця часу між вступами складових сейсмічного сигналу, яка визначається з відомості про відстань між підконтрольним ІВП та ПС за допомогою годографа.

Встановлення факту сейсмічної події у підконтрольному ІВП визначається у випадку перевищення порогу значення вирішальної функції. Реалізація такого підходу дозволить підвищити магнітудну чутливість та оперативність оповіщення про сейсмічну подію у підконтрольному районі. Іншою перевагою даного підходу є

те, що його використання не потребує наявності апріорної інформації про форму сейсмічного сигналу, що особливо важливо при вирішенні моніторингу ІВП на яких не проводились ЯВ.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ващенко В. М. Мережа сейсмічних спостережень України як сегмент системи моніторингу джерел потенційної екологічної небезпеки/В. М. Ващенко, С. О. Бабій, І. В. Толчонов, Ю. О. Гордієнко // Екологічна безпека. – №1. – Вип. 11/2011. – С. 26-30.
2. Кедров О. К. Сейсмические методы контроля ядерных испытаний/ О. К. Кедров// М., Саранск. – 2005. – 420 с.
3. Машков О. А. Методика виявлення сейсмічних сигналів / О.А. Машков, В.А. Кирилюк // Труды Академії Оборони України. – 2002. – №35 – С 122–131.
4. Обробка геофізичних сигналів у сучасних автоматизованих комплексах: Навч. посібник / М.Ф. Пічугін, О.А. Машков, В.А. Кирилюк та ін. Ж.: ЖВІРЕ, 2006. - 178 с.
5. Алказ В. Г. Поляризаційний аналіз сейсмічних коливань / В. Г. Алказ, Н. И. Онофреш, А. И. Перельберг. – Кишинев: Штиница, 1977. – 110 с.