

УДК: 534.2

Смірнов О.Е., Телецький О.М.

Регіональний центр спеціального контролю, Україна, с. Ластівці

РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РЕЄСТРАЦІЇ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ ІНФРАЗВУКОВИХ ЗБУРЕНЬ РЕГІОНАЛЬНИМ ЦЕНТРОМ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

РЦСК здійснює цілодобовий моніторинг геофізичної ситуації, використовуючи сейсмічні, акустичні та магнітні засоби виявлення. Використання мало апертурної акустичної групи МААГ-2 сприяє оперативній ідентифікації та локалізації джерел геофізичних збурень. Стаття описує шляхи покращення надійності реєстрації сейсмічних коливань, використовуючи результати акустичних вимірювань. Пропонується для підвищення надійності визначення координат місця збурення збільшити апертуру приймачів від 100 м до 550 м. Це відкриє нові можливості реєстрації добових коливань тиску в атмосфері, а також перепадів тиску, спричинених циклонічною діяльністю. Перспективами дослідження є модернізація акустичної групи, розширення меж її чутливості, розширення спектру зареєстрованих сигналів, підвищення точності визначення азимуту джерела інфразвукових збурень.

Ключові слова: спостереження, реєстрація, геофізичні збурення, інфразвук, мало апертурна акустична група.

Вступ. Однією із ключових проблем сейсмічних спостережень є проблема розрізнення сигналів від землетрусів та промислових вибухів [1]. Аналізуючи лише сейсмічні дані для багатьох сигналів буває неможливо достовірно встановити природу джерела сигналу, оскільки критерії оцінки сигналів не мають абсолютного характеру [5]. Тому крім сейсмічного методу спостережень доцільно користуватись іншими геофізичними методами, зокрема інфразвуковим. Для інфразвуку характерне мале поглинання в різних середовищах. Наслідком цього є можливість реєстрації атмосферних сигналів від подій, що відбулися на великій відстані від пункту спостереження. Можливості ідентифікації промислових вибухів за допомогою інфразвукових даних активно досліджують у світі [2, 3, 4, 7, 8]. Отже, питання визначення можливості застосування даних інфразвукового моніторингу РЦСК для вирішення завдань ідентифікації природи сейсмічних подій є актуальним.

Також актуальною є проблема точної локалізації подій антропогенного походження (промислових вибухів, техногенних аварій та катастроф). Багаторічний досвід вивчення сейсмічних сигналів від вибухів у кар'єрах на території України показав, що фактична точність локалізації джерела по сейсмічним даним і велика щільність кар'єрів на підконтрольній території не завжди дає задовільну похибку - вона часто може досягати відстані між кар'єрами. Для підвищення точності пропонується використовувати додаткові джерела інформації, якими повинні стати інфразвукові сигнали від промислових вибухів.

В статті [2] показано, що за допомогою мало апертурної акустичної групи можливо з достатньою точністю визначати азимут на джерело сигналу. Однак, для локалізації джерела події необхідно визначити і відстань. Горизонтальна швидкість поширення інфразвукової хвилі, за допомогою якої можна обчислити пройдений шлях, залежить від багатьох факторів (характер місцевості, пори року, погодних умов, напряму вітру і т.д.). Знаючи

значення цієї швидкості, час вступу інфразвукової хвилі у пункті спостереження та час у джерелі (по сейсмічним даним), можна локалізувати джерело сигналу в першому наближенні (первинна локалізація). В подальшому результати цієї оцінки можна використовувати для моделювання шляхів поширення інфразвуку методом τ - p [6] та отримувати уточнені азимут та вертикальну швидкість.

Регіональний центр спеціального контролю (РЦСК), окрім сейсмічних датчиків, володіє комплексом геофізичних засобів моніторингу, зокрема мало апертурною акустичною групою (МААГ-2). Це комплекс з трьох і більше просторово рознесених незалежних мікробарографів (акустичних станцій К-304А), системи збору та передачі даних, їх обробки і збереження. Діапазон робочих частот МААГ-2 нижчий за поріг чутливості людського слуху і становить 0,003-12 Гц. Режими чутливості станцій - 1, 10, 100 Па. МААГ-2 - чотириелементний масив мікробарографів, розміщений поблизу с. Ластівці Кам'янець-Подільського р-ну Хмельницької обл. Характер місцевості горбистий із загальним перепадом висот на всій площі апертури МААГ-2 до 5м. Усі елементи МААГ-2 знаходяться на відкритій місцевості в полі. Конфігурація елементів має форму рівностороннього трикутника із четвертим елементом у центрі.

До входів кожного з мікробарографів через об'єм усереднення підключено завадо захисний пристрій (ЗЗП) типу «Павук» для покращення відношення сигнал-шум. ЗЗП відіграє основну роль у процесі зниження завад від приземного вітру та турбулентності. Із виходів мікробарографів електричні сигнали по кабелях передають до аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і далі до робочої станції (ПК), де здійснюються накопичення інформації у визначеному форматі, її первинна обробка, синхронізація часу по GPS і передача даних до обчислювального центру Головного центру спеціального контролю (ГЦСК). Далі проводиться

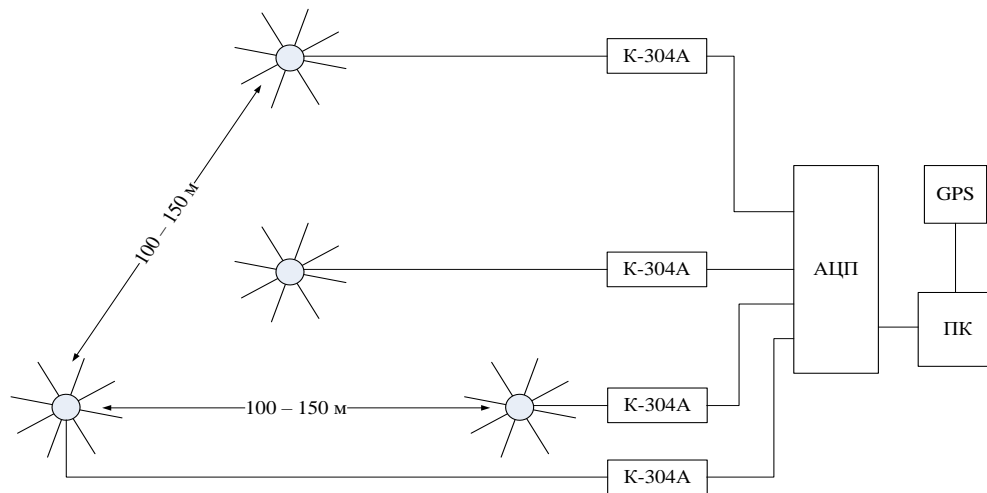


Рис. 1. Діюча структурна схема малоапертурної акустичної групи

повна обробку інформації, що включає оцінки часових, частотних і просторових характеристик сигналів. На рис. 1 показано діючу структурну схему МААГ-2. Дані з МААГ-2 надходять до Міжнародної системи моніторингу (МСМ).

В даний час проводиться комплекс робіт по збільшенню апертури МААГ-2 від 100 м до 550 м, що дасть змогу суттєво понизити нижню межу діапазону пропускання акустичних сигналів.

Очікуються нові можливості реєстрації добових коливань тиску в атмосфері, а також перепадів тиску, спричинених циклонічною діяльністю (мікробароми).

Висновки. Проблема реєстрації та ідентифікації джерел геофізичних збурень акустичними групами активно розвивається у світі. РЦСК має у своєму розпорядженні малоапертурну акустичну групу МААГ-2, яка добре себе зарекомендувала при виявленні інфразвукових збурень різної природи. У перспективі дослідження шляхів модернізації акустичної групи, розширення меж її чутливості, розширення спектру зареєстрованих сигналів, підвищення точності визначення азимуту джерела інфразвукових збурень.

Список літератури.

1. Андрущенко Ю. А. Аналіз ефективності застосування критеріїв ідентифікації вибухів та землетрусів для локальних та регіональних подій в умовах платформної частини України. *Геофіз. журн.* / Ю. А. Андрущенко, Ю. О. Гордієнко. – 2009. – Т. 31. – № 3. – С. 121-129.
2. Асминг В. Э. Анализ инфразвуковых сигналов, генерируемых техногенными источниками. *Вестник МГТУ* / В. Э. Асминг, З. А. Евтюгина, Ю. А. Виноградов, А. В. Федоров. – 2009. – Т. 12. – № 2. – С. 300-307.
3. Виноградов Ю. А. Комплексное применение сейсмического и инфразвукового методов регистрации волновых полей для выделения сигналов от наземных взрывов в процессе мониторинга природной среды в Евро-Арктическом регионе / Ю. А. Виноградов: Автореф. дис. канд. техн. наук. – М.: 2004. – 26 с.
4. Дубровин В. И. Совместное использование инфразвуковых и сейсмических данных для повышения точности локализации. *Вестник НЯЦРК / В. И. Дубровин, А. А. Смирнов.* – 2011. – Вып. 3. – С. 140-144.
5. Ляцук О. І. Можливість використання даних інфразвукового моніторингу під час ідентифікації природи сейсмічних подій. *Геофіз. журн.* / О. І. Ляцук, Ю. А. Андрущенко, Ю. О. Гордієнко, Є. В. Карягін, І. В. Корнієнко. – 2015. – 37, № 6. – С. 105-114.
6. Garces, M. A. Traveltimes for infrasonic waves propagating in a stratified atmosphere / M. A. Garces, R. A. Hansen, K. G. Lindquist // *Geoph. J. Int.*, 1998. – P. 135, 255-263.
7. Gibbons S. J. Joint seismic-infrasonic processing of recordings from a repeating source of atmospheric explosions / S. J. Gibbons, F. Ringdal, T. Kværna / *J. Acoust. Soc. Am.* – 2007. – 122 (5). – С.158-164. – doi: 10.1121/1.2784533.
8. Hagerty M. T. Infrasound detection of large mining blasts in Kazakstan / M. T. Hagerty, W.-Y. Kim, P. Martysevich, 2002. – *Pure Appl. Geophys.* 159, – 1063-0179.

References:

1. I. Andrushchenko Yu. A. Analiz efektyvnosti zastosuvannya kryteriiv identyfikatsii vybukhiv ta zemletrusiv dlia lokalnykh ta regionalnykh podii v umovakh platformnoi chastyny Ukrainy. *Heofiz. zhurn.* / Yu. A. Andrushchenko, Yu. O. Hordiienko. – 2009. – T. 31. – № 3. – P. 121-129.
2. Asmynh V. Э. Анализ инфразвуковых сигналов, генерируемых техногенными источниками. *Vestnyk MHTU / V. Э. Asmynh, Z. A. Evtiuhyna, Yu. A. Vynogradov, A. V. Fedorov.* – 2009. – T. 12. – № 2. – P. 300-307.
3. Vynogradov Yu. A. Kompleksnoe prymereneye seismycheskoho y ynfrazvukovoho metodov rehystratsyy volnovykh polei dlia vydeleniya syhnalov ot nazemnykh vzryvov v protsesse monytorynha pryrodnoi sredy v Evro-Arkticheskom rehyone / Yu. A. Vynogradov: Avtofef. dys. kand. tekhn. nauk. – M.: 2004. – 26 p.
4. Dubrovyn V. Y. Sovmestnoe yspolzovanye ynfrazvukovykh y seismycheskykh dannykh dlia povysheniya tochnosti lokalizatsyy. *Vestnyk NIATsRK / V. Y. Dubrovyn, A. A. Smyrnov.* – 2011. – Vip. 3. – P. 140-144.

5. Liashchuk O. I. *Mozhlyvist vykorystannia danykh infrazvukovoho monitorynhu pid chas identyfikatsii pryrody seismichnykh podii. Heofyz. zhurn / O. I. Liashchuk, Iu. A. Andrushchenko, Iu. O. Hordiienko, Ie. V. Kariahin, I. V. Korniienko. – 2015. – 37, № 6. – P. 105-114.*
6. Garces, M. A. *Traveltimes for infrasonic waves propagating in a stratified atmosphere / M. A. Garces, R. A. Hansen, K. G. Lindquist // Geoph. J. Int., 1998. – P. 135, 255-263.*
7. Gibbons S. J. *Joint seismic-infrasonic processing of recordings from a repeating source of atmospheric explosions / S. J. Gibbons, F. Ringdal, T. Kverna / J. Acoust. Soc. Am. – 2007. - 122 (5), – P. 158-164. – doi: 10.1121/1.2784533.*
8. Hagerty M. T. *Infrasound detection of large mining blasts in Kazakstan / M. T. Hagerty, W.-Y. Kim, P. Martysevich, 2002. – Pure Appl. Geophys. 159, – P. 1063-0179.*

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕГИСТРАЦИИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ИНФРАЗВУКОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ РЕГИОНАЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ СПЕЦИАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Смирнов А.Э., Телецкий О.Н.

РЦСК осуществляет круглосуточный мониторинг геофизической ситуации, используя сейсмические, акустические и магнитные средства обнаружения. Применение мало апертурной акустической группы МААГ-2 способствует оперативной идентификации и локализации источников геофизических возмущений. Статья описывает пути улучшения надежности регистрации сейсмических колебаний, используя результаты акустических измерений. Предлагается для повышения надежности определения координат места возмущения увеличить апертуру приемников со 100 м до 550 м. Это откроет новые возможности для регистрации суточных колебаний давления в атмосфере, а также перепадов давления, вызванных циклонной деятельностью. Перспективами исследования является модернизация акустической группы, расширение границ ее чувствительности, увеличение спектра зарегистрированных сигналов, повышение точности определения азимута источника инфразвуковых возмущений.

Ключевые слова: наблюдения, регистрация, геофизические возмущения, инфразвук, мало апертурная акустическая группа.

EXPANSION OF THE POSSIBILITIES FOR RECORDING LOW-FREQUENCY INFRASOUND DISTURBANCES BY THE REGIONAL SPECIAL CONTROL CENTER

O.E. Smirnov, O.M. Teletskyi

The RSCC carries out round-the-clock monitoring of the geophysical situation using seismic, acoustic and magnetic detection means. The use of a small aperture acoustic group MAAG-2 facilitates the operational identification and localization of sources of geophysical perturbations. The article describes ways to improve the reliability of seismic vibration registration using the results of acoustic measurements. It is proposed to increase the reliability of determining the coordinates of the disturbance site to increase the aperture of receivers from 100 m to 550 m. This will open new possibilities for recording diurnal variations in pressure in the atmosphere, as well as pressure drops caused by cyclonic activity. Prospects for the study are the modernization of the acoustic group, the expansion of its sensitivity limits, and increase in the spectrum of recorded signals, increase in the accuracy of determining the azimuth of the source of infrasonic perturbations.

Keywords: observations, registration, geophysical perturbations, infrasound, little aperture acoustic group.