

**ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИКИ ПОШУКУ
ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ МАТЕРІАЛІВ***Карнов А.А.,**Кустов М.В., д.т.н., професор,**Басманов О.Є., д.т.н., професор,**Кулаков О.В., к.т.н., доцент**Національний університет цивільного захисту України*

Активні бойові дії на території України за останні 10 років призвели до забруднення значної території держави вибухонебезпечними предметами, що містять вибухонебезпечні матеріали (далі – ВМ). При цьому використовувались різноманітні вибухонебезпечні предмети, включаючи саморобні та безоболонкові. При деокупації територій виникає небезпека для населення та персоналу, що повертаються з евакуації. Тому на сьогодні в Україні першочерговою задачею є очищення місцевості від вибухонебезпечних предметів. Для розв'язання цієї задачі використовуються різні методи для їх виявлення та деактивації [1]. Однак для очищення території України від ВМ при використанні існуючих методів та технічних приладів потребує десятки років пошукових робіт. Підвищення інтенсивності роботи, призводить до зростання ризику неконтрольованого підриву ВМ та неповного очищення території. Все це вимагає активізувати роботу по пошуку та розробці нових методів виявлення та деактивації вибухонебезпечних предметів. Такі методи повинні базуватись на нових принципах роботи для забезпечення умов швидкого сканування території великого масштабу та дистанційної деактивації ВМ.

2023 рік продемонстрував всьому світу суттєве зростання небезпек різного характеру. Нажаль у 2024 році ця тенденція лише зростає. В останні роки суттєво збільшується кількість надзвичайних ситуацій природного, техногенного, соціального та військового характерів. Не зважаючи на те що розвинені країни світу інтенсифікують розвиток технологій та організаційних підходів безпекового характеру ризику для життя та здоров'я людини зростають. Розвиток загального стану безпеки в окремому регіоні має декілька стадій та напрямів. Перш за все це оцінка рівня ризику. Для цього необхідна наявність повної та достовірної інформації, яку можна зібрати під час якісного моніторингу. По-друге, розробка сучасних методів та засобів попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій різного характеру.

Наявність великої кількості активних військових конфліктів супроводжуються новими, більш масштабними загрозами. Основними з таких загроз є мінна небезпека та ризик використання зброї масового ураження. Якщо ризик масштабного забруднення території небезпечними хімічними та радіоактивними матеріалами у наслідок використання зброї масового ураження залишається потенційним, то загрози для мирного населення від вибухонебезпечних предметів є сумною реальністю вже зараз. Так наприклад в Україні більше 15% території є потенційно забрудненими вибухонебезпечними предметами. Технології та методики пошуку та знешкодження вибухонебезпечних матеріалів останнім часом суттєво розвинулись [2]. До основних методів відносяться: магнітний та ультразвуковий. Однак основним недоліком цих методів є мала дальність виявлення [3]. Це призводить до двох негативних наслідків. По-перше рятувальники для виявлення ВМ повинні наблизитись до нього на небезпечну відстань, що деколи призводить до травмування та загибелі у наслідок неконтрольованого підриву. По-друге мала дальність виявлення призводить до низьких

темпів обстеження території, що є неефективним у випадку коли площа обстеження становить декілька сотень квадратних кілометрів. Останнім часом активно розвивається візуалізаційний метод із використанням інструментів штучного інтелекту, який дозволяє автоматично розпізнавати предмети на поверхні землі. Цей метод дозволяє швидко обстежувати значну площу території, але недосконалість технології штучного інтелекту призводить до суттєвих похибок. Додатковими перепонами такого методу є розташування ВМ у щільній рослинності та під шаром ґрунту, що практично унеможлиблює пошук візуалізаційним методом.

Додатковим негативним фактором, який знижує ефективність існуючих методів виявлення та знешкодження ВМ є поширене використання вибухонебезпечних предметів із суттєво різними конструктивними особливостями, які вимагають специфічного підходу. Так, наприклад, широкого використання набули безоболонкові ВМ та ВМ без металевих конструкційних матеріалів. Це практично повністю не дозволяє використовувати найбільш поширений та відпрацьований магнітний метод детектування ВМ [3].

Тому необхідно розглянути використання НВЧ-електромагнітних хвиль для пошуку ВМ будь-якого складу та конструкції. Перевагою НВЧ-електромагнітних хвиль є можливість передачі сигналу на велику відстань із незначними енергетичними втратами та селективна взаємодія ВМ з НВЧ-електромагнітними хвилями. Остання властивість дозволяє чітко виявляти місця аномалій шляхом прийняття відбитого сигналу. Недоліком роботи можна вважати побудову моделі на основі теорії довгих ліній (теорія, за якої поздовжній розмір лінії передачі перевищує довжину хвилі, що розповсюджується в ній, а поперечний розмір лінії передачі є значно меншим довжини хвилі).

Виходячи з того, що основною та найбільш небезпечною частиною будь-якого вибухонебезпечного предмету є саме ВМ, то необхідно провести дослідження фізико-хімічних властивостей найбільш поширених ВМ. Як відомо саме фізико-хімічні властивості матеріалів визначають їх електромагнітні властивості та стійкість до теплового та радіаційного впливу. Для розробки нових ефективних методів пошуку вибухонебезпечних предметів необхідно сконцентрувати увагу саме на дослідженні закономірностей взаємодії ВМ з НВЧ-електромагнітними хвилями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dorn, A.W. (2019) Eliminating Hidden Killers: How Can Technology Help Humanitarian Demining?. *Stability: International Journal of Security and Development*. 8(1) 5. URL: <http://doi.org/10.5334/sta.743>
2. Armstrong, R.W., Elban, W.L. (2006) Materials science and technology aspects of energetic (explosive) materials. *Materials Science and Technology. Energetic (explosive) materials and deformation at high strain rates*. 22(4). 381–395. URL: <https://doi.org/10.1179/174328406X84049>
3. Williams, D.P., Myers, V., Silvious, M.S. (2009) Mine Classification With Imbalanced Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 6(3). 528–532. URL: <http://doi.org/10.1109/LGRS.2009.2021964>