

5. Постанова Кабінету Міністрів “Про затвердження Порядку формування переліку інформаційно-телекомунікаційних систем об’єктів критичної інфраструктури держави” від 23.08.2016 № 563. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/563-2016-%D0%BF>

6. Закон України “Про критичну інфраструктуру” від 16.11.2021 № 1882-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1882-20>

7. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

8. Faria G. Scorched Earth: The Catastrophic Environmental Costs Of Russia's Invasion Of Ukraine [Text]/ G. Faria // Radio Free Europe/Radio Liberty.-2022.-28 June. URL: <https://www.rferl.org/a/ukraine-environmental-catastrophe-russia-invasion-ecosystems/31919411.html>

УДК 502.5

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ТА ПРОТИДІЇ РОЗПОВСЮДЖЕННЮ КОМПОНЕНТІВ РАКЕТНОГО ПАЛИВА В УМОВАХ ВІЙНИ

*Н. М. Лисак, Є. Д. Слепужніков, к.т.н, доцент, О. Б. Скородумова, д.т.н, професор
Національний університет цивільного захисту України*

Повномасштабне вторгнення РФ на територію України спричинило масштабні руйнування, численні жертви та екологічні кризи. Однією з найбільших загроз є ракетні обстріли, які несуть небезпеку не лише через вибухи, але й через залишки ракетного палива, що може міститися в уламках ракет та поширюватися на великі площі, забруднюючи повітря, воду і ґрунт та спричиняючи довготривалі негативні наслідки для здоров’я населення.

Країною-агресором використовуються крилаті та балістичні ракети, що функціонують за допомогою двигунів. Як і будь-які інші силові установки, вони потребують палива. Балістичні ракети активують свій двигун лише під час старту, щоб досягти необхідної висоти та швидкості, і пальне витрачається лише на цю частину польоту. Тому, якщо ракету збивають або вона вибухає під час падіння, у ній майже не залишається палива. Відмінність крилатих різновидів полягає в тому, що запас палива розрахований на політ максимальної дальності. Тому якщо така ракета вибухає під час збиття на шляху до цілі, то уламки з високою імовірністю містять залишки токсичного авіаційного палива. Згоряння під час удару по землі також не заперечує того факту, що все паливо буде повністю ліквідоване.

Наприклад, крилаті ракети типу Х-22 оснащені двигуном на двокомпонентному паливі: як горюча субстанція використовується суміш ТГ-02, як окиснювач – АК-27І, що є розчином тетраоксиду азоту в нітратній кислоті. Відомо, що ці речовини мають типову задушливу дію, що проявляється під час вдихання їх парів. Клінічні прояви набряку легенів подібні до отруєння фосгеном. Характерні особливості полягають у більш вираженій подразнювальній дії, що супроводжується сильним печінням, болем в очах, слезотечею.

Крилаті ракети типу Х-555, Х-101, ЗМ14 та ЗМ54 (сімейство «Калібр»), 9М728 та 9М729 (для комплексу «Іскандер-К») оснащені турбореактивними двигунами, які використовують паливо Т-10 (децилін), що є надзвичайно токсичним при вдиханні, викликає подразнення шкіри, слизових оболонок, може спричинити ураження внутрішніх органів та нервової системи.

Відомо про випадки збільшення кількості респіраторних захворювань на територіях, що постраждали від ракетних обстрілів. Без сумніву, причиною цього може бути вдихання токсичних парів продуктів горіння та залишків палива. При отруєнні високими

концентраціями можливий розвиток хронічних захворювань, таких як астма та хронічна обструктивна хвороба легень.

З огляду на високий рівень токсичності компонентів ракетного палива виникає нагальна потреба впровадження ефективних заходів захисту та протидії розповсюдженню таких речовин.

Одним із перших етапів очищення ураженої території є швидке виявлення токсичних речовин. Таке завдання може реалізуватися за допомогою мобільних лабораторій чи спеціалізованих підрозділів, які здійснюють моніторинг рівня забруднення та ідентифікують зони з максимальною концентрацією небезпечних сполук. Ключовим аспектом при цьому є використання спеціалізованого обладнання та сучасних технологій, прикладом яких може слугувати використання абсорбентів для видалення токсичних залишків або біоремедіація (очищення ґрунту за допомогою окремих видів мікроорганізмів). Для нейтралізації небезпечних речовин у повітрі та водоймах можуть використовуватися спеціальні хімічні реагенти та системи фільтрації.

Надзвичайно важливим у контексті розглядуваного питання є моніторинг якості повітря, води та ґрунту в режимі реального часу. Слід зазначити, що нині Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України за підтримки Міністерства цифрової трансформації України розроблено офіційний ресурс та мобільний додаток «ЕкоЗагроза» [1], що є стандартизованою формою для автоматичного збору та фіксації інформації про екологічні загрози з географічною прив'язкою до місцевості. На інтерактивній мапі країни можна знайти дані щодо якості повітря та рівня радіаційного забруднення, а також актуальні відомості про екологічні загрози, спричинені російськими окупантами. У додатку також є можливість самостійно повідомити про випадки екологічних злочинів. Дані, отримані під час моніторингу, можуть бути використані для оцінки довгострокових ризиків, що зокрема дозволить передбачити потенційні загрози для здоров'я людей та розробити стратегії їх мінімізації. Наприклад, дані про забруднення є основою для моделей прогнозування, що допоможуть у прийнятті рішень щодо евакуації населення чи карантину. Звісно, усе це передбачає комплексний підхід та потребує тісної співпраці між екологічними та медичними службами, науковими інститутами та громадськими організаціями.

Невід'ємним заходом є навчання населення та проведення інформаційних кампаній про ризики та заходи безпеки, пов'язані з недопущенням отруєння залишками ракетного палива. Важливо, щоб інформація була доступна для всіх категорій населення, зокрема дітей та людей похилого віку. Інформування може відбуватися через медіа або соціальні мережі, забезпечуючи охоплення широкої аудиторії.

Безумовно, ключовим етапом реалізації заходів у рамках проблеми, що розглядається, є міжнародні співпраця та підтримка. Залучення іноземних організацій та експертів дозволяє обмінюватися досвідом і технологіями. Варто згадати про участь України у 28 конференції держав-учасниць Організації із заборони хімічної зброї (ОПСВ) та про отримання нашою країною місця у Виконавчій раді Організації.

Вагомими є розробка та впровадження нових технологій та інноваційних рішень для прогнозування та запобігання можливого забруднення. На увагу заслуговує зондування токсичних речовин за допомогою космічного супутника Sentinel-5 Precursor (Sentinel-5P) із приладом Tropospheric Monitoring Instrument (TROPOMI), що був запущений Європейським космічним агентством (ESA) з метою щоденного глобального спостереження за хімічним складом атмосфери Землі. Серед основних забруднюючих речовин, що вимірюються супутником: формальдегід, монооксид вуглецю та діоксид азоту, що є одними із основних продуктів горіння залишків ракетного палива. У монографії [2] детально описані наслідки повномасштабного вторгнення рф на територію України для забруднення атмосферного повітря за даними супутникових спостережень.

Слід зауважити, що максимальної ефективності захисту довкілля від розповсюдження забруднень залишками ракетного палива, а також здоров'я населення від отруєння ними

можна досягти лише при реалізації комплексного підходу. Використання сучасних технологій для очищення та дезактивації, постійний моніторинг якості повітря, води та ґрунту, активне інформування населення про ризики, а також тісна міжнародна співпраця дозволять мінімізувати негативні наслідки та гарантувати базовий рівень захищеності в умовах воєнних дій, що тривають.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова КМУ від 28.07.2023 р. № 783 «Деякі питання функціонування сервісу фіксації фактів заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії Російської Федерації «ЕкоЗагроза». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/783-2023-%D0%BF#Text> (дата звернення 14.11.2024)
2. Осадчий В., Орещенко А., Савенець М. Супутниковий моніторинг пожеж і забруднення атмосферного повітря: монографія. ДСНС України, НАН України, УкрГМІ. Київ, 2023. 256 с. URL: https://uhmi.org.ua/pub/books/Osadchy_Oreschenko_Savenets.pdf (дата звернення 14.11.2024)

УДК 504.03

ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГЛЕВМІСНИХ ВІДХОДІВ

Н. Р. Лисий¹, А. Б. Гелеш², д.т.н, професор, В.В. Попович¹, д.т.н, професор
¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
²НУ «Львівська політехніка»

Вугільні відвали мають тенденцію до самозаймання, що призводить до тривалого процесу горіння. Температура всередині териконів може досягати 1200°C, що викликає викиди парникових газів та небезпечних сполук, таких як оксиди сірки, азоту, вуглецю, сірководню, аміаку та вуглеводнів. Водна та вітрова ерозії призводять до поширення токсичних речовин на значні відстані, забруднюючи ґрунт, підземні води, повітря. Таким чином, терикони спричиняють деградацію природних ландшафтів у вугледобувних регіонах, загрожуючи здоров'ю людей і створюючи ризик техногенних катастроф [1, 2]. Водночас, ці відвали містять цінні компоненти, зокрема залишкове вугілля (10-30%).

У роботі [3] було запропоновано перетворювати відходи вуглевидобутку у енергію в процесі їхнього високотемпературного піролізу з отриманням паливних газів (генераторний, «водяний» тощо). За результатами термодинамічних розрахунків, було встановлено, що газифікацію вугілля потрібно здійснювати за температур вище 860 °С, використовуючи водяну пару в якості окиснювача. Для підтримки автотермічності процесу доцільно компенсувати витрати тепла на ендотермічні реакції газифікації вугілля, екзотермічною реакцією окиснення вугілля киснем повітря: $(2C + O_2 \leftrightarrow 2CO)$.

Розрахунок складу газів конверсії вуглецю проводили використовуючи розраховані у роботі [3] значення констант рівноваги процесів. Константу рівноваги K_p хімічної реакції виражають рівнянням (1)

$$K_p = \frac{p_R^r \cdot p_S^s}{p_A^a \cdot p_B^b}, \quad (1)$$

де p_R , p_S , p_A , p_B – рівноважні парціальні тиски відповідно продуктів реакції і вихідних речовин, Па; r , s , a , b – стехіометричні коефіцієнти у рівнянні реакції.

Відповідно до закону Дальтона, для ідеальних газів справджується співвідношення