

Н.В. Рашкевич

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

АНАЛІЗ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЙ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

В роботі визначений пріоритетний підхід до розподілу країн світу щодо використання технологій поводження з твердими побутовими відходами. Проведений аналіз стану техногенної небезпеки технологій утилізації твердих побутових відходів в провідних країнах світу, країнах Європи, що розвиваються, показав існування потенційної небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій унаслідок пожеж, вибухів у спорудах, на комунікації або технологічному устаткуванні полігону твердих побутових відходів. Це розширює перелік та вплив основних небезпечних чинників виникнення надзвичайних ситуацій на даних об'єктах.

Ключові слова: технології поводження з твердими побутовими відходами, полігони твердих побутових відходів, техногенна небезпека, надзвичайна ситуація, пожежа.

Актуальність проблеми

Кожна країна світу по-різному визначає напрям політики поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ): починаючи зі зведення до мінімуму їх утворення та закінчуючи «безпечним» видаленням на полігони ТПВ.

Технології поводження з ТПВ постійно розвиваються та вдосконалюються. Однак, полігонне захоронення залишається поширеним методом поводження з ТПВ [1–5], а впровадження технологій утилізації біогазу на полігонах ТПВ сприяє вирішенню ряду природоохоронних проблем.

Надзвичайні ситуації (НС) представляють серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільства та навколишнього середовища, стабільності економічного розвитку країни. Пожежі та вибухи є найпоширенішими НС в сучасному індустріальному суспільстві. В Україні та світі відомі чисельні приклади небезпечних подій, НС унаслідок пожеж та пов'язаними з ними зсувами мас відходів на полігонах ТПВ або звалищах [6–8]. Останній аналіз розподілу виникнення пожеж по країнах світу, що проведений Міжнародним технічним комітетом із запобігання і гасіння пожеж (СТІФ), свідчить – близько 8,9 % усіх пожеж розглянутих у 20 державах припадає на сміття, звалища. Ряд полігонів ТПВ в Україні за ознакою пожежна, вибухова, біологічна, хімічна небезпеки віднесені до Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів [9].

Таким чином, визначення актуальності питання попередження НС унаслідок пожеж, вибухів у спорудах, на комунікації або технологічному устаткуванні полігону ТПВ становить науково-

практичний інтерес, як для відповідальних осіб (органів) за експлуатацію даних об'єктів, так й підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За кінцевою метою методи знешкодження й переробки ТПВ поділяються на ліквідаційні (розв'язують в основному санітарно-гігієнічні завдання) та утилізаційні (ще й економічні проблеми – використання вторинних ресурсів). За технологічним принципом – на біологічні, термічні, хімічні, механічні, змішані [10–12]. Найбільшого поширення набули такі методи: складування на полігонах (ліквідаційний біомеханічний); спалювання (ліквідаційний термічний); компостування (утилізаційний біологічний) [12]. Світова наукова спільнота, враховуючи потреби збереження якісного стану компонентів довкілля, пошуку та використання альтернативних джерел енергії, сприяє розвитку нових та вдосконалення існуючих методів та технологій поводження з ТПВ.

Науковцями полігон ТПВ розглядаються в якості біохімічного реактору [12–16], в надрах якого утворюється біогаз. Біогаз може використовуватись в різних формах: виробництво електроенергії, теплової енергії, пряме спалювання, збагачення до якісного природного газу, паливо для енергоустановок [16–22, 23]. Виробництво електроенергії є самим розповсюдженим способом утилізації біогазу. Найбільш часто для цих цілей використовують газо поршневі двигуни внутрішнього згорання потужністю від 100 кВт_{ел} до 2 МВт_{ел}. Ріже (для потужностей більше 4 МВт_{ел}) використовують газові турбіни і комбінований паро газовий цикл [16].

Питання виникнення пожежної небезпеки в місцях видалення ТПВ (полігонах, звалищах) досліджені Т. А. Альшиною, С. О. Воробйовою, Я. А. Жилінською, В. О. Левіним, В. В. Поповичем, А. Є. Пепеляєвою, Т. Г. Середою, О. В. Черемісіним, А. М. Шаїмовою, N. H. Jafari, N. Cudečka-Puriņa, P. Foss-Smith, S. Moqbel та ін. Пожежна небезпека розглядається як на поверхні місць видалення ТПВ, так і в масиві відходів, не враховуючи виникнення техногенної небезпеки у спорудах, на комунікації або технологічному устаткуванні. Системи дегазації біогазу на полігоні ТПВ можуть становити небезпеку пожежі, вибуху [24, 25]. У роботі [25] отримали подальший розвиток методи забезпечення безпечної експлуатації системи утилізації вибухових газів, які передбачають не тільки моніторинг концентрації метану в точках контролю, а й концентрації кисню в цих же точках.

Поводження з побутовими відходами являє собою не тільки одну з найгостріших господарських і природничих проблем суспільства, але і актуальну проблему техногенної та пожежовибухонебезпеки [26]. Полігон ТПВ є складною системою «Природа–Техніка–Відходи» до складу якої входять: множина елементів відходів що поступили; множина елементів продуктів біодеструкції; множина елементів навколишнього середовища; множина елементів інженерних споруд. На систему діють група факторів джерел небезпеки: механічні фактори: рух ґрунту (ущільнення, ерозія ґрунтів, зсуви, осипання схилів полігону); фізичні фактори: процеси тепло-, масопереносу (утворення та міграція фільтрату, утворення та міграція біогазу, розподіл теплових полів); хімічні фактори: пов'язані в основному з морфологічним складом відходів та емісійними продуктами що утворюються. Залежно від рівня та взаємовпливу перерахованих вище факторів система «Природа–Техніка–Відходи» знаходиться в певному стані: безпечному або небезпечному, яке може перейти в надзвичайну подію (витік фільтрату, викид біогазу, загоряння, вибух та ін.) [27].

Таким чином, науковці недостатньо уваги приділяють пошуку слабких сторін щодо забезпечення техногенної безпеки у сфері поводження з ТПВ: невирішеною частиною проблеми залишається невизначеність щодо потенційної небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій на полігонах ТПВ з урахуванням впровадження сучасних технологій поводження з відходами. Це спонукає до проведення подальших досліджень.

Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є провести аналіз техногенної небезпеки сучасних технологій поводження з твердими побутовими відходами в інтересах формування початкових та граничних умов математичної моделі попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожеж, вибухів у спорудах, на комунікації або технологічному устаткуванні потенційно небезпечних об'єктів на прикладі полігонів твердих побутових відходів.

Для досягнення поставленої мети треба вирішити наступні завдання:

1. Визначити пріоритетний підхід до розподілу країн світу щодо використання технологій поводження з твердими побутовими відходами.

2. З урахуванням пріоритетності підходу розподілу країн світу проаналізувати стан техногенної небезпеки технологій поводження з твердими побутовими відходами в провідних країнах світу.

3. З урахуванням пріоритетності підходу розподілу країн світу проаналізувати стан техногенної небезпеки технологій поводження з твердими побутовими відходами в країнах Європи, що розвиваються.

Виклад основного матеріалу

Обсяги утворення ТПВ з кожним роком зростають, морфологічний склад зазнає змін. Національний коефіцієнт утворення відходів коливається в широких межах: від 0,11 до 4,54 кг/день на душу населення. Обсяги утворення ТПВ в різних країнах, як правило, співвідносяться з рівнем доходів громадян і темпами урбанізації. Східна Азія та Тихоокеанський регіон генерують більшу частину світових відходів – 23 %; регіон Близького Сходу та Північної Африки дає найменший вклад – 6 %. На міжнародному рівні найбільшою категорією відходів є харчові та зелені відходи – 44 % від загальносвітових обсягів відходів. Сухі вторинні матеріали (пластик, папір та картон, метал та скло) складають 38 %. Регіони Близький Схід та Північна Африка, Південної Азії займають перші місця за категорією харчові та зелені відходи; Північної Америки, Європи та Центральної Азії – сухі вторинні матеріали [1].

У всьому світі близько 37 % відходів утилізують на полігонах, 33 % відкрито скидають, 19 % підлягають регенерації матеріалів шляхом переробки та компостування, а 11 % – спалюються [1]. Таким чином, сфера поводження з ТПВ здебільшого складається із полігонів та звалищ для захоронення відходів, підприємств промислової

переробки вторинної сировини, сміттєспалювальних заводів.

На вибір оптимального методу знешкодження й переробки ТПВ впливають кліматичні, географічні, містобудівні умови, а також чисельність населення, що обслуговується. При виборі технології враховується ступінь і термін знешкодження ТПВ, види використовуваних вторинних ресурсів, фінансові затрати (капітальні, експлуатаційні), наявність кваліфікованих спеціалістів, забруднення компонентів довкілля, ризик виникнення техногенної небезпеки та ін.

Країни світу за формою застосування технологій утилізації ТПВ можна розглядати розділив їх за регіональним та економічним підходом (рис. 1). Спектр оптимальних технологій відрізняється в залежності від місцевих особливостей та фінансової підтримки.

Регіональний підхід полягає у розподілі країн за географічною ознакою в межах частини світу.

Економічний поділ характеризується рівнем доходів населення: країни з низьким рівнем доходів (1 025 або менше), країни з рівнем доходів нижче середнього (1 026–4 035), країни з рівнем доходів вище середнього (4 036–12 475), країни з високим рівнем доходів (12 476 або більше); або рівень економічного розвитку: розвинені країни, країни, що розвиваються та країни з перехідною економікою.

Економіка є інструментом у сфері поводження з відходами: стимулює виробництво, споживання продуктів життєдіяльності суспільства, а також стимулює безвідходне виробництво, що впливає на кількість утворення відходів; обумовлює морфологічний склад, як технологічної сировини; забезпечує розвиток та впровадження сучасних технологій поводження. Таким чином, економічний принцип розподілу країн світу становить пріоритет та подальшого аналізу їх техногенної небезпеки.

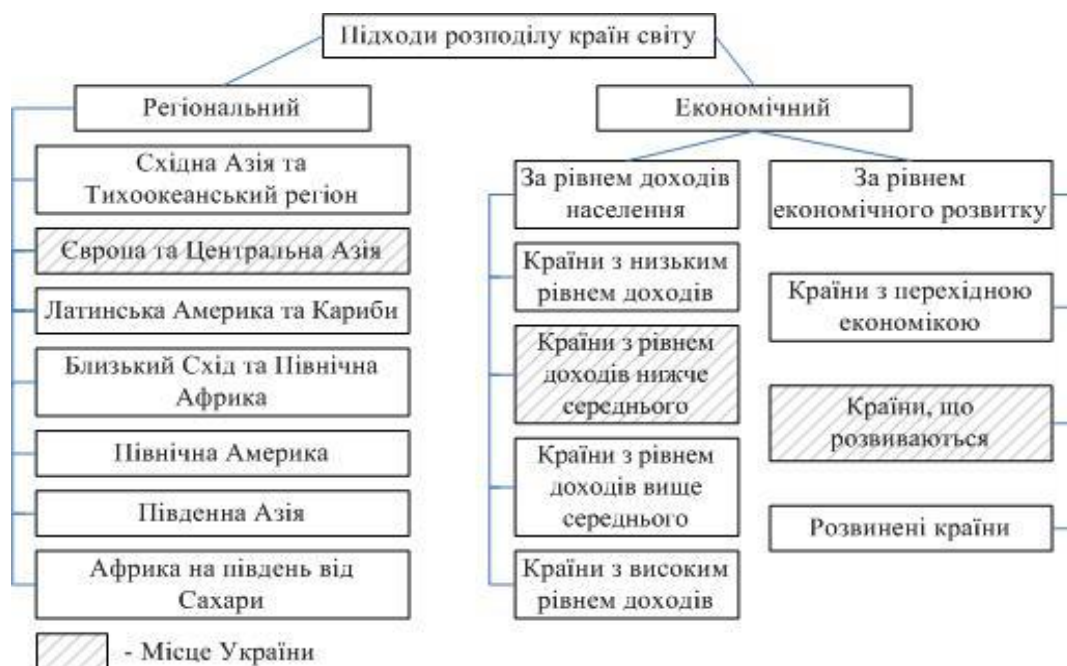


Рис. 1. Підходи розподілу країн світу щодо використання технологій поводження з ТПВ

Аналізуючи дані World Bank Group [1], країни з високим рівнем доходів генерують більшу частину світових відходів. Збільшення обсягів утворення ТПВ до 2050 р. очікується в країнах з низьким рівнем доходу майже утричі, на відміну від інших країн.

Склад відходів значно відрізняється за рівнем доходу. Відсоток органічної речовини у відходах зменшується зі зростанням рівня доходу, кількість вторинної сировини збільшується, при цьому найбільше зростає паперу. Сьогодні поліпшується процес переробки та управлінні органічною

складовою: використовуються сортувальні установки, які передбачають ручне або все більш форму автоматизованого сортування.

Відкрите захоронення відходів на звалищах переважає в країнах з низьким рівнем доходів – 93 %, і лише 2 % у країнах з високим рівнем доходів. З кожним роком площі полігонів та звалищ збільшуються, наближаються до населених пунктів, де людина є джерелом внесення небезпеки та водночас – об'єктом захисту.

Країни з рівнем доходів вище середнього практикують найвищий відсоток полігонів – 54 %.

Очікується і надалі, що полігонне захоронення буде найпоширенішим методом утилізації для країн з середнім рівнем доходів. Через проблеми з наявністю землі великі столичні міста в країнах із середнім рівнем доходу шукають способи уникнути великих санітарних звалищ, натомість розробляють схеми спалювання відходів та отримання енергії. Високі ціни на землю, підвищені тарифи на подачу електроенергії є важливим стимулом до спалювання відходів.

В країнах з високим рівнем доходу роль полігонів поступово зменшується до 39 %, вони докладають значні зусилля для відновлення матеріалів, з акцентом на переробку та продуктивне використання органічних відходів, 35 % спрямовується на переробку та компостування, 22 % на спалювання з частковим використанням передових теплових технологій (піроліз, газифікація). Розвинені європейські країни, як Німеччина, Бельгія, Австрія, Нідерланди, які практично відмовилися від захоронення відходів, використовують всі можливі методи переробки відходів, як матеріальні, так і енергетичні.

Полігонне захоронення – це зріла і перевірена технологія поводження з відходами. Проте, вони є досить рідкісні в країнах з низьким та середнім рівнем доходів через витрати на інфраструктури, експлуатацію та регуляторний контроль [28]. Полігони (звалища) є важливою частиною будь-якої системи управління відходами. На полігонах ТПВ можна отримувати прибуток: виробляти енергію при будівництві систем збору й енергетично використовувати біогаз. Також, потрібно враховувати, що країни, які переробляють значну частину своїх відходів є залежними від скидання залишків золи, відходів, які неможливо переробити або спалити.

Аналіз робіт [1, 10, 12, 21, 28] показав, що технології поводження з твердими відходами мають свої особливості, що безпосередньо впливають на рівень техногенної небезпеки: технологія процесів; технічна складність; сировина, що використовують; продукція, що отримують (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння технологій поводження з твердими відходами

Показники	Полігонне захоронення	Компостування	Анаеробне зброджування	Спалювання
Основні процеси	Біомеханічні	Біологічні	Біологічні	Термічні
Технічна складність	Вимагає спеціалізованого навчання; технічне обслуговування та контроль після закриття	Вимагає спеціалізованого навчання	Вимагає спеціалізованого навчання	Технічно складний, вимагає висококваліфікованих кадрів
Сировина	ТПВ, окрім небезпечних	Харчові відходи, папір та картон, відходи саду, окрім неорганічних	Харчові відходи, садові відходи, окрім неорганічних	Змішані ТПВ, медичні, деякі тверді промислові відходи, окрім органічних
Середній діапазон пропускної спроможності відходів, т/добу	50–10 000	2,5–300	0,5–500	5–1 000 (поширений діапазон 200–700)
Вихідна продукція	Звалищний газ, фільтрат/ електроенергія та / або тепло	Компост	Метан / електроенергія та / або тепло; рідке або тверде добриво	Повітря, зола / тепло, іноді електрика
Ефективність перетворення енергії, кВт/год/тонну відходів	65 за умов отримання біогазу	–	165–245	500–600
Оцінка техногенної небезпеки за 5 бальною шкалою	3	1	1	4

За 5 бальною шкалою (1 – дуже низька, 2 – низька, 3 – середня, 4 – висока, 5 – дуже висока)

високу техногенну небезпеку становлять технології спалювання ТПВ (табл. 1). Функціонування

сміттєспалювальних заводів пов'язано зі складним технологічним процесом, що обумовлений високими температурами, токсичними речовинами, утворенням відходів 1 та 2 класу небезпеки (зола, пил, шлак).

Полігони ТПВ, як місце захоронення сировини для отримання тепла, електроенергії, компосту та біопалива, заслуговують на підвищену увагу: на їх території протікають важко контрольовані процеси анаеробного розкладання, компостування, а також неконтрольовані процеси горіння відходів, можуть становити підвищену небезпеку виникнення НС.

По всьому світу росте число впроваджень технологій утилізації звалищного газу (біогазу) [16, 23, 28–32], більшість яких розміщено у Європі (Германія, Великобританія – понад 1000 установок), США (595 установок). Вважається, що енергетичну утилізацію біогазу доцільно використовувати на полігонах із середньою товщиною шару ТПВ принаймні 10 метрів і з накопиченою кількістю ТПВ принаймні 1 млн. тонн. Велике значення має також тривалість накопичення необхідної кількості відходів [21, 28].

В останні роки в розвинутих країнах світу відсутня динаміка приросту установок по отриманню біогазу на полігонах ТПВ, цьому сприяло поступове зменшення та в подальшому відмова вивозу органічних відходів відповідно вимог Директиви Ради 1999/31/ЄС про захоронення відходів, перехід до нового інтегрованого управління відходами. Полігонне захоронення розглядається як «найменш бажана опція», яку необхідно звести до можливого мінімуму [29].

Мінімізація та рециклінг відходів потребує багато зусиль що пов'язані як з фінансовою підтримкою, так зі зміною поведінки людей щодо

утворення та поводження з ТПВ. Тому значення полігонів зменшується повільними темпами: полігонне захоронення залишається поширеним способом поводження з ТПВ не тільки в країнах з перехідною економікою, країнах, що розвиваються, та розвинутих країнах.

В країнах Європи, що розвиваються спостерігаються швидкі темпи впровадження установок утилізації біогазу на полігонах ТПВ, що пов'язано з новими зобов'язаннями в рамках механізму чистого розвитку Кіотського протоколу щодо зменшення емісії парникових газів. Країни, що стали на шлях розвитку, мають зобов'язання у сфері управління відходами та реконструкції старих полігонів. Країни з розвинутою економікою передають свій досвід щодо впровадження технологій утилізації біогазу на полігонах ТПВ країнам, що розвиваються, з перспективою для країн перехідною економікою.

Отже, підхід до вирішення проблеми поводження з ТПВ в країнах Європи, що розвиваються, орієнтований на зменшення їх небезпечного впливу на довкілля шляхом переобладнання існуючих звалищ, полігонів.

Україна – країна, що розвивається, має перспективи для розвитку технології видобутку біогазу: ряд фінансових механізмів підтримують розвиток відновлювальних джерел енергії («зелений тариф» на електроенергію, звільнення від податків на прибуток). Високий рівень урбанізації країни і відносно теплий клімат визначають високий кількісний потенціал доступного для виробництва енергії з біогазу. Аналізуючи звітні данні [5] в Україні на кінець 2019 року у порівнянні з 2014 роком виросла кількість когенераційних установок на полігонах ТПВ майже в 10 разів (табл. 2).

Таблиця 2

Впровадження сучасних методів та технологій у сфері поводження з побутовими відходами в Україні

Сучасні методи та технології	Станом на кінець:					
	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.
Сміттєспалювальні заводи, шт.	–	1	1	1	1	1
Сміттєспалювальні установки, шт.	–	3	3	3	3	3
Сміттєсортувальні лінії, шт.	–	20	22	25	26	34
Система збирання фільтрату, шт.	–	48	51	57	46	54
Факельні установки, шт.	6	7	3	6	1	2
Когенераційні установки, шт.	2	5	5	8	18	19
Кількість добутого біогазу, 10 ⁶ м ³	–	–	–	–	2,60	7,38
Кількість виробленої електричної енергії, МВт*год	–	–	–	–	8,36	8,99

З метою вирішення проблем поводження з ТПВ Кабінет Міністрів України у 2017 році схвалив

Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 р. [33]. Національна стратегія

передбачає окрім переходу від видалення відходів на звалища та полігони до системи комплексного поводження з ТПВ, будівництво мережі нових санітарних регіональних полігонів для захоронення ТПВ. Таким чином, життєвий цикл полігонів ТПВ буде продовжений з урахуванням дотримання природоохоронних вимог: оснащення системами захисту ґрунтових вод, вилучення та знешкодження біогазу та фільтрату.

До проекту системи збирання біогазу, як правило, входять свердловини, газозбірні пункти з трубопроводами біогазу, проміжні і магістральний газопроводи, дегазаційна установка для вилучення

біогазу та вузол підготування біогазу до утилізації (осушення та очищення) [21, 34]. Відвід газу може здійснити як під дією зовнішніх сил – насосами, так і під дією природного руху газу внаслідок перепаду тиску.

Таким чином, утилізація біогазу вимагає інженерного облаштування полігону ТПВ. Це розширює перелік та вплив (на два окремих, але взаємопов'язаних об'єкта: полігон ТПВ, система збирання та утилізації біогазу) основних небезпечних чинників виникнення НС техногенного характеру (табл. 3).

Таблиця 3

Основні небезпечні чинники виникнення НС техногенного характеру

Джерела небезпеки		
Природні процеси, явища	Технологічне середовище	Людські дії, що криють у собі загрозу
– дія зовнішніх сил природи; – дія небезпечних факторів впливу горіння (пожежі) на карті полігону.	– дія технологічних (небезпечних) факторів експлуатації; – несправності у системі контролю параметрів технологічних процесів.	– проектно-виробничі дефекти; – порушення правил обслуговування та режиму експлуатації; – низький рівнем фахової підготовки працівників і спеціалістів, їх некомпетентність.

Пожежа – є поширеною небезпечною ситуацією на карті об'єкту захоронення ТПВ. Відкритий вогонь та іскри, підвищена температура навколишнього середовища, токсичні продукти горіння, знижена концентрація кисню, зміни в масиві відходів (утворення пустот, зсувів, провалів, осипання) може привести до зниження газоносно-здатності полігону, порушити цілісність та режим експлуатації системи збирання біогазу. Технологічні трубопроводи та устаткування характеризуються високою вразливістю до дії факторів пожежі. Застосування великих обсягів води під час гасіння пожежі може привести до потрапляння додаткової порції кисню у товщу відходів та підсилити процеси аеробного розкладання, збільшити об'єми фільтрату, як наслідок перевантаження дренажної системи збору та відведення фільтрату, зниження ефективності його очищення – поширення небезпеки.

Значна кількість потенційно небезпечних об'єктів на території; високий рівень травматизму та смертності населення, спричиненого небезпечними подіями та нещасними випадками; високий рівень ризиків виникнення НС природного характеру, зумовленого глобальними та регіональними змінами клімату, зростанням сейсмічної активності тощо, а також інтенсифікацією впливу техногенної діяльності людини на навколишнє природне середовище; недостатній технічний і технологічний

рівні розвитку державної системи спостережень за небезпечними чинниками, що зумовлюють виникнення НС [35], наприклад для України, є суттєвими чинниками виникнення та розвитку НС.

Впровадження технологій, з одного боку, сприяє вирішенню природоохоронних проблем, зростанню добробуту, з іншого – збільшує ризик виникнення НС та їхніх масштабів.

Висновки

1. Країни світу щодо використання технологій поводження з твердими побутовими відходами доцільно розподіляти та розглядати з урахуванням їх економічного розвитку.

2. Аналіз стану техногенної небезпеки технологій поводження з ТПВ в провідних країнах світу показав існування потенційної небезпеки виникнення НС на полігонах ТПВ у зв'язку з розміщенням технологій утилізації безпосередньо на даних об'єктах.

3. Аналіз стану техногенної небезпеки технологій поводження з ТПВ в країнах Європи, що розвиваються, співпадає в питаннях існування потенційної небезпеки виникнення НС на полігонах ТПВ. Це розширює перелік та вплив основних небезпечних чинників виникнення НС на полігонах ТПВ.

Отримані результати дослідження зумовлюють перегляд по-перше, класифікації ПНО з

урахуванням розглянутих тенденцій розміщення комунікацій, технологічного устаткування на полігонах ТПВ; по-друге, розробити методіку попередження можливих НС на відповідних ПНО, яка базувалася на сучасних досягненнях інформаційних технологій та відповідного їх математичного наповнення.

Література

1. Kaza, S., Yao, L. Bhada-Tata, P., Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development. Washington, DC: World Bank. 2018. Retrieved from : <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2174>
2. *Waste Atlas*. In *Map online*. Retrieved from : <http://www.atlas.d-waste.com/>
3. Eurostat. *Municipal waste management operations*. Retrieved from : <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu>
4. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>
5. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2018 рік [Електронний ресурс]. – Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Режим доступу : <http://www.minregion.gov.ua/>
6. World Fire Statistics (2018). *International Association of Fire and Rescue Service*, 23. Retrieved from : https://www.ctif.org/sites/default/files/2018-06/CTIF_Report23_World_Fire_Statistics_2018_vs_2_0.pdf
7. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. *Надзвичайні ситуації за кордоном [Електронний ресурс]*. – Режим доступу : <https://www.dns.gov.ua/ua/Nadzvichayni-situaciyi-za-kordonom/>
8. *Korrespondent.net*. *Всі новини «свалка» на сайті Korrespondent.net [Електронний ресурс]*. – Режим доступу : <http://korrespondent.net/tag/3441/>
9. Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://pno.gov.ua/>
10. Коваленко, І. В. *Поводження з муніципальними відходами [Текст] : навч. посібн. / І. В. Коваленко, І. О. Кузнецова, Р. І. Шевченко, О. Л. Гаркович. – Одеса : ОНАХТ «Академія», 2018. – 150 с.*
11. Коцюба, І. Г. *Прогнозування сезонного морфологічного складу твердих побутових відходів м. Житомира [Текст] / І. Г. Коцюба // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні наук. ,– 2016. – 33. – С. 213-221.*
12. Жук, Г. В. *Визначення оптимальних схем поводження з твердими побутовими відходами міст України [Текст] / Г. В. Жук, Є. Є. Нікітін, А. В. Сміхула и др. // Енерготехнології и ресурсосбережение. – 2018. – № 1. – С. 48–61.*
13. *Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения. Опасность возникновения пожара на полигоне ТБО [Текст] : материалы Всероссийской научн.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 23–25 ноября 2017 г. Юрга / С. О. Воробьева, Ю. В. Анищенко – Томск : ТПУ, 2017. – 586–589.*
14. Machado, S. L., Carvalho, M. F., Vilar, O. M. (2009). *Modeling the Influence of Biodegradation on Sanitary Landfill Settlements. Soils and Rocks*, 32(3), 123–134.
15. Ofori-Boateng, C., Lee, K. T., Mensah, M. (2013). *The prospects of electricity generation from municipal solid waste (MSW) in Ghana: A better waste management option. Fuel Processing Technology*, 110, 94–102.
16. Пухнюк, А. Ю. *Анализ мирового опыта энергетического использования биогаза на полигонах ТБО [Текст] / А. Ю. Пухнюк, Ю. Б. Матвеев, Д. В. Куцый // Відновлювана енергетика, – 2012. – № 2. – С. 70–77.*
17. Global Methane Initiative. *Landfill gas modelling. International best practices guide for LFGE projects*. (2012). Retrieved from : https://www.globalmethane.org/documents/toolsres_lfg_IBPGch6.pdf
18. Willumsen, H. C. (2003). *Energy recovery from landfill gas in Denmark and worldwide. LG Consultant*. 2001. Retrieved from : http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/Opet/pdf/Willumsen.pdf
19. Basel, G. I. (2013). *Landfill Gas Utilisation as a Bio-fuel for Vehicles and Brickworks*. Retrieved from : <http://www.gib-foundation.org/projects/landfill-gas-utilisation-as-a-bio-fuel-for-vehicles-and-brickworks/>
20. Bove, R, Lunghi, P. (2006). *Electric power generation from landfill gas using traditional and innovative technologies. Energy conversion and management*, 47, 1391–401.
21. Матвеев, Ю. Б. *Перспективи енергетичної утилізації твердих побутових відходів в Україні : аналітична записка БАУ № 22 / Ю. Б. Матвеев, Г. Г. Гелетуха – Біоенергетична асоціація України, 2019. – Режим доступу : www.uabio.org/activity/uabio-analytics*
22. *Энергетический потенциал свалочного газа на полигонах ТБО : аналитическая записка. Центр стратегических исследований топливноэнергетического комплекса Дальнего Востока. – 2013. – 53 с. – Режим доступа : <https://docplayer.ru/33671637-Energeticheskij-potencial-svalochnogo-gaza-na-poligonah-tbo-analiticheskaya-zapiska.html>*
23. *Landfill gas energy project data and landfill technical data*. (2019). USEPA, LMOP. Retrieved from : <https://www.epa.gov/lmop/landfill-gas-energy-project-data-and-landfill-technical-data>
24. Radosavljevic, J., Djordjevic, A., Ristic, G., Milosevic, L., Vukadinovi, A. (2016). *Landfill Fire Prevention. Požární Ochrana*, 396–398.
25. Юрченко, А. А. *Утилизация биогаза полигонов твердых бытовых отходов [Текст] / А. А. Юрченко, Д. В. Куликов, Е. А. Дмитрук, Л. И. Чеберячко // Національний гірничий університет. Збірник наукових праць. – Дніпро : Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2019. – № 57. – С. 192–202.*
26. Олениченко, Ю. А. *Механізми державного управління у сфері безпеки поводження з твердими побутовими відходами [Текст] : дис. ... канд. наук з держ. управління / Ю. А. Олениченко. – Харків, 2017. – 182 с.*
27. Костарев, С. Н. *Разработка автоматизированной системы мониторинга и управления природно-техническими системами утилизации отходов [Текст] / С. Н. Костарев,*

T. Г. Серета, М. А. Михайлова // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 6–2. – С. 273–277.

28. Kaza, S., Bhada-Tata, P. (2018). *Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies*. Urban Development. Washington, DC: Word Bank, 44. Retrieved from : <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31694>

29. Scheinberg, A. (2008). Closing the Circle: Bringing Integrated Sustainable Waste Management Home. *VNG International*, 89.

30. Njoku, P. O., Odiyo, J. O., Durowoju, O. S., Edokpayi, J. N. (2018). A Review of Landfill Gas Generation and Utilisation in Africa. *Open Environmental Sciences*, 10, 1–15.

31. The voice of the renewables industry in the UK. Landfill gas sites in UK. *Google my Maps* date 2019. Retrieved from : <https://www.r-e-a.net/renewable-technologies/landfill-gas>

32. Yucekaya, A. (2014). Landfill Gas to Energy in Turkey: Current and Future. *Journal of Science and Technology*, 2, 55–64.

33. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» від 8 листопада 2017 р. № 820-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#n8>

34. ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/DBN-V.2.4-2-2005.pdf>

35. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» від 22 січня 2014 р. № 37-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80>

References

1. Kaza, S., Yao, L. Bhada-Tata, P., Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development. Washington, DC: Word Bank. 2018. Retrieved from : <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2174>

2. *Waste Atlas*. In *Map online*. Official site. Retrieved from : <http://www.atlas.d-waste.com/>

3. Eurostat. *Municipal waste management operations*. Retrieved from : <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu>

4. *State Statistics Service of Ukraine*. Official site. Retrieved from : <http://www.ukrstat.gov.ua/>

5. State of the sphere of municipal solid waste management in Ukraine for 2018. *Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services*. Official site. Retrieved from : <http://www.minregion.gov.ua/>

6. World Fire Statistics (2018). *International Association of Fire and Rescue Service.*, 23. Retrieved from : https://www.ctif.org/sites/default/files/2018-06/CTIF_Report23_World_Fire_Statistics_2018_vs_2_0.pdf.

7. *The State Emergency Service of Ukraine*. Supervision situations behind the cordon. Official site. Retrieved from : <https://www.dsns.gov.ua/ua/Nadzvichayni-situaciyi-za-kordonom/>

8. *Korrespondent.net*. All new "dump" on the site. *Korrespondent.net*. Official site. Retrieved from : <http://korrespondent.net/tag/3441/>

9. *State register of potentially dangerous objects*. Official site. Retrieved from : <https://pno.gov.ua/>

10. Kovalenko, I. V. Kuznetsova, I. O., Shevchenko, R. I., Markovych, O. L. (2018). *Municipal Waste Management*, 150.

11. Kotsyuba, I. G. (2016). Forecasting the seasonal morphological warehouse of solid cobblestone steppes in metro Zhytomyr. *Newsletter of the Priazovsk State Power Technological University*, 33, 213–221.

12. Zhuk, H. V., Nikitin Ye. Ye., Smikhula, A. V. et al. (2018). Determination of optimal schemes for solid waste management in Ukrainian cities. *Energy technology and resource conservation*, 1, 48–61.

13. Vorob'yeva, S. O., Anishchenko, Yu. V. (2017). Fire hazard at a landfill. *Materials of the All-Russian Scientific Pract. Conf. Young Scientists, Graduate Students and Students*, 586–589.

14. Machado, S. L., Carvalho, M. F., Vilar, O. M. (2009). Modeling the Influence of Biodegradation on Sanitary Landfill Settlements. *Soils and Rocks*, 32(3), 123–134.

15. Ofori-Boateng, C., Lee, K. T., Mensah, M. (2013). The prospects of electricity generation from municipal solid waste (MSW) in Ghana: A better waste management option. *Fuel Processing Technology*, 110, 94–102.

16. Pukhnyuk, A. Yu. Matveyev, Yu. B., Kutsyy, D. V. (2012). Analysis of world experience in the energy use of biogas at solid waste landfills. *Vidnovlyuvana energetics*, 2, 70–77.

17. Global Methane Initiative. Landfill gas modelling. International best practices guide for LFGE projects. (2012). Retrieved from : https://www.globalmethane.org/documents/toolsres_lfg_IBPGch6.pdf

18. Willumsen, H. C. (2003). Energy recovery from landfill gas in Denmark and worldwide. LG Consultant. 2001. Retrieved from : http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/Opet/pdf/Willumsen.pdf

19. Basel, G. I. (2013). Landfill Gas Utilisation as a Bio-fuel for Vehicles and Brickworks. Retrieved from : <http://www.gib-foundation.org/projects/landfill-gas-utilisation-as-a-bio-fuel-for-vehicles-and-brickworks/>

20. Bove, R, Lunghi, P. (2006). Electric power generation from landfill gas using traditional and innovative technologies. *Energy conversion and management*, 47, 1391–401.

21. Matveev, Yu. B., Gelytukha, G. G. (2019). Prospects for energy utilization of municipal solid waste in Ukraine. *Bioenergy ssociation of Ukraine*. Official site. Retrieved from : www.uabio.org/activity/uabio-analytics

22. Landfill gas energy potential at MSW landfills: an analytical note. (2013). Center for Strategic Studies of the Far East Fuel and Energy Complex, 53. Retrieved from : <https://docplayer.ru/33671637-Energeticheskij-potencial-svalochnogo-gaza-na-poligonah-tbo-analiticheskaya-zapiska.html>

23. Landfill gas energy project data and landfill technical data. (2019). USEPA, LMOP. Retrieved from : <https://www.epa.gov/lmop/landfill-gas-energy-project-data-and-landfill-technical-data>

24. Radosavljevic, J., Djordjevic, A., Ristic, G., Milosevic, L., Vukadinovi, A. (2016). Landfill Fire Prevention. *Požárni Ochrana*, 396–398.
25. Yurchenko, A. A., Kulykov, D. V., Dmytruk, E. A., Cheberyachko L. Y. (2019). Biogas disposal of solid waste landfills. *National Mining University. Collection of scientific works*, 57, 192–202.
26. Olenychenko, Yu. A. (2017). Public administration mechanisms in the field of solid waste management, 182.
27. Kostarev, S. N., Sereda, T. G., Mikhaylova, M. A. (2013). Development of an automated monitoring and management system for natural and technical waste disposal systems. *Basic research*, 6–2, 273–277.
28. Kaza, S., Bhada-Tata, P. (2018). *Decision Maker's Guides for Solid Waste Management Technologies*. Urban Development. Washington, DC: Word Bank, 44. Retrieved from : <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31694>
29. Scheinberg, A. (2008). Closing the Circle: Bringing Integrated Sustainable Waste Management Home. *VNG International*, 89.
30. Njoku, P. O., Odiyo, J. O., Durowoju, O. S., Edokpayi, J. N. (2018). A Review of Landfill Gas Generation and Utilisation in Africa. *Open Environmental Sciences*, 10, 1–15.
31. The voice of the renewables industry in the UK. Landfill gas sites in UK. *Google my Maps* date 2019. Retrieved from : <https://www.r-e-a.net/renewable-technologies/landfill-gas>
32. Yucekaya, A. (2014). Landfill Gas to Energy in Turkey: Current and Future. *Journal of Science and Technology*, 2, 55–64.
33. *Ordinance of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On Approval of the National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030" of November 8, 2017 № 820-p. Official site.* Retrieved from : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#n8>
34. *DBN V.2.4-2-2005 "Solid waste landfills of waste. The main position of the project". Official site.* Retrieved from : <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/DBN-V.2.4-2-2005.pdf>
35. *Ordinance of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On Approval of the Concept of Risk Management of Emergencies of Technogenic and Natural Character" of January 22, 2014 № 37-p. Official site.* Retrieved from : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80>

Рецензент: д.т.н., с.н.с., начальник наукового відділу проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру Р.І. Шевченко, Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна.

Автор: РАШКЕВИЧ Ніна Владиславна
аспірант
Національний університет цивільного захисту України
E-mail – nine291085@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5124-6068>

ANALYSIS OF TECHNOGENIC DANGER OF SOLID WASTE MANAGEMENT TECHNOLOGIES

N. Rashkevich

National University Of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

The article establishes the relevance of the issue concerning emergency situation warning as a result of fires, explosions in structures, communication or technological equipment of solid waste landfill. In Ukraine and the world numerous incidents of dangerous events, emergencies situations due to fires, landslides of waste mass at the landfills are known. The methods of disposal and treatment of solid waste are divided into liquidational and utilizational. By technological principle, they are divided into biological, thermal, chemical, mechanical, mixed. Waste management is not only one of the most acute economic and natural problems of society, but also an urgent problem of technogenic danger and fire hazard.

The purpose of the study is to analyze the technogenic danger of modern solid waste management technologies in the interest of forming the initial and boundary conditions of a mathematical model of prevention emergency situation due to fires, explosions in structures, communication or technological equipment of potentially hazardous objects by example of landfills.

It is appropriate to divide and consider the countries of the world concerning the use of solid waste management technologies in the light of their economic development. Solid waste management technologies are constantly evolving and improving. The most widespread are methods of landfilling, incineration, composting. The analysis of the technogenic hazard of solid waste management technologies in the leading countries of the world has revealed the potential for emergency situation occurrence at landfills due to the placement of disposal technologies directly at these objects. The analysis of the technogenic hazard state of solid waste management technologies in the developing countries of Europe coincides with the question of the existence of potential danger of emergencies situations at landfills. This extends the list and impact of the major hazardous factors for the emergency situations occurrence at the landfills. The introduction of technologies, on the one hand, helps to solve environmental problems, increase well-being, on the other hand, it increases the risk of emergencies situations occurrence and their magnitude.

Keywords: *solid waste management technologies, landfill, technogenic danger, emergency situation, fire.*