

## SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL EVALUATION OF DESIGN SOLUTIONS OF MODERN SYSTEMS FOR MANAGEMENT OF SOLID HOUSEHOLD WASTE

Kakura I.V., Stankevych V.V., **Trakhtenherts H.A.**,  
Cherevko O.M., Koval N.M.

### САНИТАРНО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ЩОДО СУЧАСНОГО ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ



**КАКУРА І.В.,  
СТАНКЕВИЧ В.В.,  
ТРАХТЕНГЕРЦ Г.А.,  
ЧЕРЕВКО О.М.,  
КОВАЛЬ Н.М.**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України», Київ

оряд з багатьма санітарно-екологічними проблемами питання поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) на сучасному етапі розвитку суспільства є однією з найбільш важливих проблем комунального господарства та захисту довкілля від забруднення і засмічення. Обрана технологія знешкодження ТПВ має відповідати таким критеріальним оцінкам: екологічна прийнятність щодо зменшення забруднення

об'єктів довкілля; санітарна й епідеміологічна безпека всієї системи поводження з відходами; дотримання законодавчих норм щодо викидів забруднюючих речовин в атмосферу, захисту підземних вод і ґрунтів від діяльності комплексів поводження з відходами [1]. У світовій практиці відомо близько 20 методів знешкодження й утилізації ТПВ. Методи знешкодження і переробки за кінцевою метою поділяються

САНИТАРНО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНА  
ОЦІНКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ  
ЩОДО СУЧАСНОГО ПОВОДЖЕННЯ  
З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ  
ВІДХОДАМИ

**Какура І.В., Станкевич В.В.,  
Трахтенгерц Г.А.,  
Черевко О.М., Коваль Н.М.**

ДУ «Інститут громадського здоров'я  
ім. О.М. Марзеєва НАМН України»,  
Київ, Україна

**Мета** – санітарно-гігієнічна оцінка проєкту комплексу з переробки та утилізації твердих побутових відходів (ТПВ). У контексті вирішувалися завдання визначення прогнозних показників впливу на довкілля та встановлення категорії небезпеки RDF-палива із відсортованих фракцій ТПВ з можливістю його подальшого використання як альтернативного палива.

**Матеріали та методи.** Вивчалися проєктні параметри облаштування об'єкта поводження з ТПВ, показники

альтернативного палива із горючих фракцій ТПВ та умов подальшої експлуатації об'єкта. RDF-паливо із фракцій ТПВ оцінювали за фізико-хімічними та токсикологічними показниками з проведенням лабораторних досліджень та розрахунком категорії небезпеки. Оцінку умов експлуатації об'єкта проведено методом гігієнічного аналізу з урахуванням особливостей впливу на довкілля.

**Результати дослідження.** Сучасний комплекс з переробки та утилізації ТПВ у складі сміттесортування та полігону захоронення неутилізованої частки ТПВ заплановано розташувати за межами населеного пункту. Облаштування полігону передбачено відповідно до будівельних та екологічних норм. З горючих фракцій відсортованих відходів передбачено виготовлення RDF-палива. Дослідженнями встановлено основні показники палива. За результатами оцінки гострої

© Какура І.В., Станкевич В.В., Трахтенгерц Г.А., Черевко О.М.,  
Коваль Н.М. СТАТТЯ, 2023.

на ліквідаційні (вирішують переважно санітарно-гігієнічні задачі) та утилізаційні (вирішують ще й задачі економіки – використання вторинних ресурсів); за технологічним принципом – на біологічні, термічні, хімічні, механічні, змішані. Більшість цих методів не знайшла значного поширення у нашій країні у зв'язку з технологічною складністю і високою собівартістю переробки відходів. На думку провідних вітчизняних і закордонних фахівців, найбільш сучасним екологічним і економічним вимогам відповідає переміщення уваги зі сміттєспалювальних заводів і полігонів розміщення ТПВ на створення сміттесортувальних переробних комплексів, де частина відходів відсортовується і використовується як дже-

рело надходження у виробництво кошовної вторинної сировини. Неутілізована частина ТПВ залежно від місцевих умов і потреб, якості попереднього сортування, компонентного складу відсортованої частини ТПВ може захоронюватись на полігонах, переробляється на екологічно безпечні, багаті гумусом ґрунтові суміші; використовуватись як додаток до палива енергогенеруючих пристроїв, перетворюватись у піролізаторах на кондиційне вуглеводне паливо. У багатьох країнах світу ТПВ розглядається як кошовна комплексна сировина, вартість якої постійно зростає. Економіко-екологічні вигоди використання відходів безперечні: переробка вторинної сировини вимагає у 4 рази менше

капіталовкладень, ніж виробництво первинної сировини. Через це у більшості країн запроваджено роздільний збір ТПВ. Роздільний збір ТПВ розглядається як метод попереднього «збагачення» вторинної сировини, що підвищує ефективність подальшого промислового сортування. Питома вартість вторинної сировини в 1 т роздільно зібраних ТПВ значно перевищує таку для змішаних ТПВ, що підвищує ефективність роботи комплексів промислового сортування та переробки. До того ж роздільний збір ТПВ вимагає додаткових витрат на збір (економічне заохочення у вигляді прямої оплати за компоненти вторинної сировини, преференцій та зменшення оплати на вивіз сміття з території) та

*токсичності та розрахованими коефіцієнтами суміш відходів з RDF-палива віднесено до 4 категорії відходів та IV класу за показниками гострої токсичності згідно з вимогами Регламентів ЄС. Спалювання цього палива у «вихрових» печах цементних заводів є оптимальним рішенням, оскільки виконуються умови безпеки згідно з вимогами Директиви ЄС щодо спалювання за температури не нижче 850°C тривалістю не менше 2 секунд. Санітарно-гігієнічну оцінку впливу об'єкта проведено на основі прогнозних розрахункових показників, які свідчать про відсутність понаднормативного впливу та зумовлюють 300 м ареал його поширення, що є меншим за нормативний розмір санітарно-захисної зони 500 м.*

**Висновки.** Встановлено, що запланована діяльність з сортування з вилученням вторинної сировини та захороненням неутілізованої частки ТПВ надає можливість подальшого використання корисної частини відходів, скорочує обсяги та площі захоронення, подовжує термін експлуатації полігону. Проектні рішення

*облаштування сучасного комплексу переробки та утилізації ТПВ згідно з прогноною оцінкою не матимуть понаднормативного впливу на довкілля, дозволять гарантувати екологічну безпеку у зоні ймовірного впливу об'єкта та відповідають вітчизняним і європейським нормативам. Виробництво RDF-палива відповідно до технічних умов та з подальшим використанням як альтернативне паливо для «вихрових» печей на цементних заводах відповідає положенням Базельської конвенції, Рамочній конвенції ООН зі змін клімату у Глазго та сприятиме забезпеченню екологічно безпечної утилізації відходів відповідно до Директиви ЄС 2010/75/ЄС. Облаштування сучасного об'єкта поводження з ТПВ створить належні умови проживання населення та дотримання санітарно-епідеміологічної безпеки територій населених пунктів району обслуговування.*

**Ключові слова:** *тверді побутові відходи, полігон, сортування, альтернативне RDF-паливо, гостра токсичність, категорія небезпеки, показники впливу.*

транспортування (роздільно окремим транспортом), що визначає економічну ефективність цього процесу [2-5].

**Метою роботи** було проведення санітарно-гігієнічної оцінки проєкту комплексу з переробки та утилізації ТПВ.

У контексті цього вирішувалися завдання з визначення прогнозних показників впливу на довкілля та встановлення категорії небезпеки RDF-палива із відсортованих фракцій ТПВ з можливістю їх подальшого використання як альтернативного палива.

**Об'єкти та методи дослідження.** Об'єктами дослідження були запроєктовані параметри облаштування об'єкта поводження з ТПВ, показники альтернативного палива, що вироблятиметься з горючих фракцій ТПВ та умови подальшої експлуатації об'єкта. Склад RDF-палива з фракцій ТПВ оцінювали за фізико-хімічними і токсикологічними показниками.

Дослідження виконувались на повірених приладах відповідно до затверджених методик (ГОСТ 17.4.4.02-84, ГОСТ 23740-79).

Клас небезпеки визначався згідно з положеннями директив Європейського Парламенту та Ради Європейських співтовариств (2008/98/ЄС від 19.11.2008 «Про відходи», Директиви Європейського Парламенту та Ради 2006/12/ЄС від 05.04.2006, Директиви Ради (91/689/ЄС) від 12.12.1991 «Про небезпечні відходи» та Регламенту (ЄС) №1272/2008 Європейського Парламенту та Ради від 16.12.2008), Закону України № 2320-ІХ «Про управління відхо-

дами» від 20.06.2022. Оцінку умов утримання та експлуатації об'єкта виконано методом гігієнічного аналізу з урахуванням особливостей впливу на довкілля.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Для забезпечення належних умов утримання та санітарно-епідеміологічного благополуччя території Львівського району прийнято рішення про будівництво нового сучасного комплексу з переробки та утилізації ТПВ у складі сміттесортувального комплексу та створення карт полігону захоронення неутілізованої частки ТПВ. Проєкт реалізується у рамках меморандуму про співпрацю від 27.05.2021 між закордонним інвестором (Австрія) та територіальною громадою. Під розміщення об'єкта поводження з ТПВ обрано земельну ділянку, яка розташована за межами населеного пункту. Загальна площа запроєктованого об'єкта становить 45,43 га, з них 29,54 га передбачено під будівництво карт захоронення відсортованих залишків ТПВ. Проєктна потужність комплексу становитиме 195 тисяч тонн ТПВ/рік. Добова норма приймання ТПВ становитиме не більше 650 тонн, що є суттєвим чинником зменшення навантаження на довкілля та умови проживання мешканців Львівського району. Проєктний термін експлуатації карт захоронення неутілізованої частки ТПВ становить 40 років.

Передбачено зонування території комплексу на господарську та виробничу (поводження з ТПВ) з розміщенням в їхніх межах відповідних структурних

діляниць. У виробничій зоні розміщуватимуться сміттесортувальний корпус (дві сортувальні лінії з пунктом розвантаження ТПВ, виробництво RDF-палива); склади для зберігання вторинної сировини (відсортованих фракцій ТПВ, подрібнення дерев'яного і будівельного сміття); тимчасовий майданчик складування інертних матеріалів для пересипання шарів відходів на картах під час захоронення; ділянка виробництва компосту; майданчик контейнерного роздільного зберігання небезпечних відходів (відпрацьовані люмінесцентні лампи, батарейки, маслофільтри), які передаватимуться на утилізацію спеціалізованим підприємствам, та карти захоронення неутілізованої частки (залишки від сортування) ТПВ. Карти полігону обладнуються системою збору біогазу зі станцією керування та факелами спалювання. Біогаз використовуватиметься як паливо у чотирьох енергетичних установках потужністю по 530 кВт/год. «зеленої» електроенергії за спалювання 226 м<sup>3</sup> біогазу, що зменшує надходження метану до атмосфери. Навколо об'єкта влаштовуються чотири спостережні свердловини (нижче за потоком ґрунтових вод) для контролю над впливом об'єкта на ґрунтові води. Передбачено станцію очищення фільтрату та ємності його збору. Облаштування об'єкта відповідає вимогам ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проєктування».

ТПВ спеціалізованим автотранспортом доставля-

тимуться на комплекс за узгодженим графіком приймання машин, що сприятиме рівномірності надходження. ТПВ навантажувачем порційно подаються до приймальних бункерів двох незалежних сортувальних ліній, розташованих у сміттесортувальному корпусі. Кожна сортувальна лінія має по два приймальні бункери. У приймальних бункерах ТПВ проходять поверхневе знезараження в УФ-камері.

Сортувальні лінії обладнано сучасними системами дискових сит, повітряних та магнітних сепараторів, дробарок. На одній сортувальній лінії планується переробка попередньо відсортованих сухих відходів (так званий «жовтий мішок»), які отримуються під час роздільного збирання сміття і не містять органічної складової (переважно різні пакувальні матеріали). Наприкінці сортування відсортовані за фракціями відходи подаються до контейнерів. Після сортування отримується вихід монокомпонентів (вторсировини): папір/картон, текстиль, пластик, поліетилен, ПЕТ-пляшки, чорні та кольорові метали, скло, шкіра/ гума.

Морфологічний склад ТПВ може змінюватися сезонно. Залишок від сортування надходить до виготовлення RDF-палива. Папір та ПЕТ-пляшки пресуватимуться зі зменшенням об'єму у 5 разів. Через ущільнення із сміття виділятиметься 20% вологи, яка стікатиме у спеціальний приймач і відводиться трубопроводом на очисні споруди. Спресоване сміття на обгортальній лінії декілька разів

обмотуватиметься плівкою та дротом.

Назовні виходять брикети об'ємом 1,2 м<sup>3</sup>, які передаватимуться переробним компаніям. На іншій лінії сортуватимуться змішані відходи, які після попередньої обробки проходять у сортувальних кабінах повторне ручне сортування. Сортувальні кабіни обладнуються окремою припливно-витяжною вентиляцією з фільтрацією повітря, опалювальною системою, освітленням та кнопками аварійного вимкнення руху стрічкового конвеєра. Відібрані фракції скидаються у різні контейнери з обертовою самозачинною кришкою і педаллю ущільнення. Під час сортування змішаних ТПВ виділятиметься високоенергетична частина фракцій (шкіра, гумові вироби, пластмаси, відходи деревини, папір), яка використовуватиметься для виробництва RDF-палива; харчові залишки спрямовуватимуться на компостування, а все інше (баласт, негорючі матеріали) відправлятиметься на карти полігону для захоронення. Виявлені при сортуванні небезпечні відходи (елементи живлення, люмінесцентні лампи) будуть видалятися в окремий контейнер і передаватимуться на утилізацію спеціалізованим підприємством.

Діяльність сортувальних станцій в Україні має досить обмежений характер. Для складування та переробки відходів деревини, гілля та будівельного сміття виділено окрему ділянку. Переробка деревини здійснюватиметься на дерево-подрібнювальній машині на окремому майданчику. Подрібнені відходи деревини (орієн-

товний річний обсяг – до 7550 тис. т/рік) будуть використовуватися для виготовлення RDF-палива, а зелена маса та дрібні гілки – для підвищення якості компосту. Компостування зелених відходів разом з харчовими після сортування здійснюватиметься на спеціально відведеному майданчику.

Процес компостування відбуватиметься у призмах з періодичним зрошенням та перекиданням. Готовий компост буде просіюватися та використовуватися для власних потреб підприємства або реалізовуватися клієнтам. Компост відповідатиме вимогам СОУ ЖКГ 10.09-014:2010 «Побутові відходи. Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів». Залишки від сортування ТПВ, які не підлягають вторинній переробці, передаватимуться на карти полігону для захоронення. Після закриття кожної карти полігону передбачено проведення її часткової рекультивзації (формування укосів, засипання шаром ґрунту та озеленення), а після завершення терміну експлуатації полігону повну рекультивацию згідно з ДБН В.2.4-2-2005.

На об'єкті з відсортованих високоенергетичних фракцій ТПВ заплановано виробництво RDF-палива (Refuse Derived Fuel) – тверде відновлювальне паливо, вироблене з безпечних відходів, що відповідає не нижче 3 класу згідно з ДСТУ EN15359:2018 «Тверде відновлювальне паливо. Технічні характеристики та класи (EN 15359:2011, IDT)» та ТУ У 38.1-39365144-001:2018 «RDF-паливо тверде з побутових відходів». Сиро-

SANITARY AND EPIDEMIOLOGICAL  
EVALUATION OF DESIGN SOLUTIONS  
OF MODERN SYSTEMS  
FOR MANAGEMENT OF SOLID  
HOUSEHOLD WASTE

**Kakura I.V., Stankevych V.V.,**

**Trakhtenherts H.A.,**

**Cherevko O.M., Koval N.M.**

*State Institution «O.M. Marzheiev Institute  
for Public Health, NAMS of Ukraine», Kyiv*

**Objective:** sanitary and hygienic assessment of the project of a complex for processing and disposal of solid waste. In context, tasks of determining predictive indicators of environmental impact and establishing the hazard category of RDF fuel from sorted fractions of municipal solid waste with the possibility of its further use as an alternative fuel were solved.

**Materials and methods:** Objects – the designed parameters of the arrangement of the object for the treatment of solid waste, indicators of alternative fuel from combustible fractions of solid waste and the conditions for the further operation of the object. RDF fuel from MSW fractions was evaluated in terms of physicochemical and toxicological parameters with laboratory tests and calculation of hazard category. The assessment of operating conditions of facility was carried out by the method of hygienic analysis, taking into account the specifics of impact on the environment.

**Results:** A modern complex for the processing and disposal of solid waste as part of a waste sorting and landfill for the non-utilizable part of solid waste is planned to be located outside the boundaries of the settlement. Arrangement of the landfill is provided in accordance with construction and environmental standards. From combustible fractions of sorted waste, it is planned to produce RDF fuel. Studies have established the main indicators of fuel. According to results of acute toxicity assessment and calculated coefficients, the waste mixture in composition of RDF fuel belongs to the 4-th

category of waste and 4-th class in terms of acute toxicity in accordance with the requirements of the EU Regulations. Combustion of this fuel in whirlpool kilns of cement plants is optimal solution, since safety conditions are observed in accordance with requirements of EU Directive for combustion at a temperature of at least 850°C for a duration of at least 2 seconds. The sanitary and hygienic assessment of probabilistic impact of the object was made on the basis of predictive calculated indicators, which indicate the absence of excess impact and determine the 300 m area of its distribution, which is less than 500 m of the standard size of the sanitary protection zone.

**Conclusions:** It has been established that the planned sorting activities with the removal of recyclable materials and the disposal of non-utilizable part of MSW make it possible to further use the useful part of waste, reduce volume and area of disposal, and extend the life of landfill. Design solutions for arrangement of a modern complex for processing and disposal of solid waste, according to the predictive assessment, will not have an excess impact on the environment, will ensure environmental safety in the area of probable impact of the facility and comply with domestic and European standards. Production of RDF fuel to specifications and further use as an alternative fuel for whirlpool kilns in cement plants is in line with the Basel Convention, the Glasgow UN Framework Convention on Climate Change and will contribute to environmentally sound waste disposal in accordance with EU Directive 2010/75 /EU.

Arrangement of a modern facility for the treatment of solid waste will create appropriate living conditions for the population and compliance with the sanitary and epidemiological safety of settlements' territories of in service area.

**Keywords:** solid waste, polygon, sorting, alternative rdf fuel, acute toxicity, hazard category, exposure indicators.

вина подрібнюватиметься на дробарці, після чого подаватиметься на вібросита, де відбувається її розподіл на фракції за розмірами. Фракція розміром понад 250 мм подаватиметься на повторне подрібнення.

Все, що дрібніше, скеровується до приміщення об-

робки шляхом примусового висушування з використанням електрокалориферів та вентиляторів. Висушування здійснюватиметься у закритих залізобетонних реакторах, що дозволить отримувати матеріал вологістю  $\leq 18,5\%$ . Після досягнення оптимальної вологості суміш

подається на сито, а далі – до повітряного сепаратора, де розділяється на легку (RDF) і важку фракції (баласт після процесу). Легка фракція (RDF) системою конвеєрів спрямовуватиметься до автоматичної системи завантаження у «біг-беги» і передаватиметься до тимча-

---

---

сового складу на зберігання до реалізації клієнтам. Важка фракція (баласт), яка складається з негорючих матеріалів (каміння, пісок, залишки скла), відправляється на карти полігону для захоронення. Лабораторією інституту у 2017-2022 роках було проведено фізико-хімічні дослідження з визначення токсикологічних властивостей компонентів відходу для встановлення класу його небезпеки декількох видів RDF-палива, виробленого із ТПВ. За результатами досліджень встановлено, що рН зразків коливались у межах  $6,1 \pm 8,99$  одиниць активності; масові частки складових становили в органічній –  $55 \pm 73\%$ , мінеральної –  $27 \pm 45\%$ ; вміст оксиду кальцію –  $1870,0 \pm 1980,0$  мг/кг; вологість – до 10%. Склад палива різниться за вмістом співвідношенням органічних і мінеральних компонент, а також різним набором пластиків. Такі розбіжності зумовлюють широке коливання вмісту важких металів у зольних залишках зразків, які становили (у мг/кг) Pb  $8,03 \pm 35,48$ ; Cu –  $30,27 \pm 175,1$ ; Cr –  $5,74 \pm 163,74$ ; Cd –  $0,07 \pm 9,68$ ; Ni –  $7,07 \pm 374,8$ ; Zn –  $196,72 \pm 427,0$ , Hg –  $0,055 \pm 0,322$ . Допустимий вміст важких металів в альтернативному паливі встановлено на основі допустимого їх вмісту у дозволах для палива з відходів для Бельгії та Франції згідно з

2013/163/EU Рішенням Європейської комісії з встановлення найкращих доступних практик відповідно до Європейської Директиви про промислові викиди 2010/75/ЄС у виробництві цементу, вапна та оксиду магнію від 26.03.2013. При цьому відповідно до нормативно-технічних документів на паливо вміст хлору (Cl) у сухій речовині не має перевищувати 1%, а сумарний вміст усіх важких металів – не більше 2500 мг/кг. З урахуванням зазначених властивостей встановлення категорії небезпеки відходу – компоненти зразків RDF-палива за шкалою класу небезпеки проводилося на підставі аналізу отриманих результатів.

Оцінка гострої токсичності компонентів суміші у складі відходу проводилась відповідно до Регламенту (ЄС) № 1272/2008 від 16.12.2008. Зважаючи на те, що для токсичних компонентів, визначених у складі відходу (Pb, Cu, Cr, Cd, Ni, Zn, Hg), встановлено параметри гострої токсичності їх у разі орального шляху надходження до організму. Було проведено оцінку відходу з урахуванням концентрацій у співвідношенні до оцінки гострої токсичності кожного компонента –  $ATE_i$  за параметрами токсичності ( $LD_{50}$ ) для кожного компонента. Результати розрахунків засвідчили, що отримані коефіцієнти  $301,74585874 \pm 354,218$  дозволяють характеризувати всі зразки як відходи 4 категорії ( $300 < ATE_{mix} < 2000$ ), отже суміші належать до IV класу за показниками гострої токсичності. При цьому вміст токсичних компонентів у загальній

масі сумішей (категорія оцінки гострої інгалаційної токсичності) становив  $0,0823792\%$  (менше  $0,1\%$ ) і не належав до категорії небезпечних у разі орального шляху надходження до організму, так і  $0,2083015 \pm 0,30078\%$  (менше  $3\%$ ) належав до категорії небезпечних у разі вдихання. Отже, під час поводження з сумішшю необхідно запобігати пилоутворенню на усіх стадіях, а персонал має бути забезпеченим засобами індивідуального захисту (спецодяг та засоби захисту органів зору та дихання). На підставі отриманих даних згідно з Європейським Переліком відходів (Рішення Комісії 2001/118/ЄС від 16.01.2001 про внесення змін до Рішення 2000/532/ЄС щодо переліку відходів (OJ L 47, 16.2.2001, 1-31) встановлено, що суміші відходів, які використовуються в альтернативному RDF-паливі, призначеному для заміни вугілля і виготовленому за ДСТУ EN15359:2018 з дотриманням показників якості та екологічної безпеки відповідають коду 19 12 10 за Європейським Переліком відходів. Відповідно до Повідомлення Європейської Комісії C/2018/1447 про технічні рекомендації щодо класифікації відходів (Commission Notice on Technical Guidance on the Classification of Waste) код 19 12 10 відповідає коду безпечних відходів (ANH, Absolute Non-Hazardous). Відходи, яких віднесено до позиції ANH, не можуть бути віднесені до небезпечних відходів і класифікуються як безпечні.

RDF-паливо передбачено для використання як додаткове до основного

палива (вугілля) шляхом їх сумісного спалювання у «вихрових» печах на цементних заводах для отримання теплової енергії (код операції R1 згідно з додатком IV Базельської конвенції). RDF-паливо сумісно з вугіллями у пило-газовій формі подається за допомогою спеціалізованого багатоканального пальника з гарячого боку печей та повністю згорає у зоні спікання клінкера, тим самим забезпечуючи досягнення температури у зоні спікання 1450°C за температури газів горіння 1700 ÷ 1900°C і тривалістю перебування газів горіння у печі понад 10 секунд. Залишок від згорання (зола) палива включається у структуру клінкера і подібно цементу забезпечує безвідходну технологію з утилізацією продукції із відходів. Зобов'язання України заявлено на Рамковій конвенції ООН зі змін клімату у Глазго щодо скорочення викидів парникових газів. В європейській країнах саме цементна галузь є основним споживачем альтернативного (RDF (refused derived fuel), SRF (solid recovered fuel) та TDF (tire derived fuel)) палива і оптимальним рішенням для його використання, оскільки забезпечує основні параметри безпечного використання, а саме: належний температурний режим та тривалість перебування газів горіння і матеріалу. При цьому повною мірою дотримуються умов екологічної безпеки утилізації згідно з Директивою ЄС 2010/75/ЄС, якою передбачено спалювання відходів за температури не нижче 850°C протягом не менше 2 секунд. Також завдяки згаданому темпера-

турному режиму забезпечується повне згорання відходів через великий надлишок кисню; повне руйнування будь-яких органічних сполук ймовірно присутніх у відходах; високий коефіцієнт вловлювання кислотних компонентів відходів (хлору, сірки, фтору тощо), що зумовлено лужним середовищем у печі; запобігання викидів важких металів шляхом їх включення у структуру клінкера; безвідходну утилізацію відходів шляхом додавання золи виносу від спалювання та її інтеграції у процесі утворення клінкера. Таким чином, використання альтернативних видів палива для заміни основного палива (вугілля та природного газу) у процесі виробництва цементу забезпечує економію енергетичних ресурсів та зменшення обсягу викидів, зокрема парникових газів, стимулюватиме розвиток виробництва альтернативних видів палива в Україні.

Під час експлуатації запроектованого комплексу з переробки та утилізації ТПВ основними факторами впливу будуть викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря та шум від роботи обладнання, авто техніки, а також проїзду автотранспорту. Вплив на ґрунти обмежуватиметься територією об'єкта, а ймовірний вплив на ґрунтові води мінімізовано влаштуванням протифільтраційних екранів карт полігону, системами очистки стічних вод і фільтрату з використанням очищених вод на технічні потреби, а також веденням контролю (спостережні свердловини). На об'єкті існуватиме 39 дже-

рел викидів, з них 22 організованих. За прогнозними оцінками, із усіх цих джерел в атмосферне повітря будуть викидатися 3,467 тис. т/рік забруднюючих речовин, у т.ч. натрію гідрооксид (ОБРВ – 0,01 мг/м<sup>3</sup>) – 0,0007 т/рік, сажа (3 клас, ГДК – 0,15 мг/м<sup>3</sup>) – 5,390 т/рік, вуглецю оксид (4 клас, ГДК – 5,0 мг/м<sup>3</sup>) – 43,104 т/рік, метан (ОБРВ – 50,0 мг/м<sup>3</sup>) – 3141,717 т/рік, заліза оксид (3 клас, ГДК – 0,04 мг/м<sup>3</sup>) – 0,0014 т/рік, манган та його сполуки (2 клас, ГДК – 0,01 мг/м<sup>3</sup>) – 0,0001 т/рік, суспендовані частки, не диференційовані за складом (ГДК – 0,5 мг/м<sup>3</sup>) – 21,076 т/рік, пил деревний (ОБРВ – 0,1 мг/м<sup>3</sup>) – 1,826 т/рік, азоту діоксид (3 клас, ГДК – 0,2 мг/м<sup>3</sup>) – 41,7681 т/рік, аміак (4 клас, ГДК – 0,2 мг/м<sup>3</sup>) – 34,0245 т/рік, метилмеркаптан (4 клас, ГДК – 0,0001 мг/м<sup>3</sup>) – 1,01Е – 7 т/рік, етантіол (етилмеркаптан, ОБРВ – 3·10<sup>-5</sup> мг/м<sup>3</sup>) – 3,032Е-8 т/рік, ангідрид сірчистий (3 клас, ГДК – 0,5 мг/м<sup>3</sup>) – 20,3285 т/рік, сірководень (2 клас, ГДК – 0,008 мг/м<sup>3</sup>) – 3,3146 т/рік, вуглеводні насичені С<sub>12</sub>-С<sub>19</sub> (4 клас, ГДК – 1,0 мг/м<sup>3</sup>) – 29,2343 т/рік, етилбензол (3 клас, ГДК<sub>12</sub> 0,02 мг/м<sup>3</sup>) – 6,82 т/рік, ксилол (3 клас, ГДК – 0,2 мг/м<sup>3</sup>) – 31,873 т/рік, толуол (3 клас, ГДК – 0,6 мг/м<sup>3</sup>) – 51,902 т/рік, формальдегід (2 клас, ГДК – 0,035 мг/м<sup>3</sup>) – 6,479 т/рік, бенз(а)пірен (1 клас, ГДК – 0,0001 мг/м<sup>3</sup>) – 0,023 т/рік.

Крім того, відбуватимуться викиди парникових газів: діоксиду вуглецю – 16176,039 т/рік, оксиду діазоту – 0,32226 т/рік. Результати розрахунків свідчать, що діяльність об'єкта з дотриманням запроектованої технології повед-

ження з ТПВ здійснюватиме вплив на довкілля у межах дозволених показників, для запроєктованого об'єкта ареал поширення викидів не перевищить 300 м, що менше нормативного розміру СЗЗ (500 м). Таким чином, розрахункові прогнозні показники забруднення атмосферного повітря, зумовлені діяльністю запроєктованого сучасного комплексу з переробки та утилізації ТПВ, сумарно з фоном не перевищать нормативних показників, встановлених «Гігієнічними регламентами допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць», що відповідає вимогам р. 8 ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів» та положенню п.5.4 щодо вимоги неперевіщення ГДК на зовнішній межі СЗЗ. Загалом запроєктовані рішення щодо облаштування об'єкта за ознаками організації технологічних процесів, передбачених інженерно-технічних заходів та ймовірного негативного впливу на довкілля відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

### Висновки

Виробництво RDF-палива відповідно до ТУ У 38.1-39365144-001:2018 «RDF-паливо тверде з побутових відходів» згідно з ДСТУ EN15359:2018 «Тверде відновлювальне паливо. Технічні характеристики та класи (EN 15359:2011, IDT)» з подальшою реалізацією на цементних заводах для спалювання у «вихрових» печах відповідають положенням Базельської конвенції, Рам-

ковій конвенції ООН зі змін клімату у Глазго та сприятиме дотриманню умов екологічної безпеки утилізації відходів згідно з Директивою ЄС 2010/75/ЄС. Впровадження сучасного методу захоронення неутілізованої після сортування частки ТПВ відповідає вимогам Директиви Ради №1999/31/ЄС по полігонах захоронення відходів, сприятиме зменшенню обсягів відходів для захоронення та зниженню епідеміологічного й екологічного впливу об'єкта. Діяльність об'єкта за дотримання закладених параметрів технологічних процесів поводження з ТПВ впливатиме на стан довкілля у межах дозволених показників та не призведе до погіршення умов життєдіяльності населення. Спорудження сучасного об'єкта поводження з ТПВ сприятиме забезпеченню належних умов проживання населення та дотриманню санітарно-епідеміологічної безпеки території населених місць району обслуговування.

### REFERENCES

1. Vnukova N.V., Bepalova M.V., Zubova Yu. S. and Gorokh N.P. Tverdyye bytovyye otkhody: obyektivnaya realnost. Problemy nakopleniya i pererabotki [Solid Household Waste: Objective Reality, Problems of Accumulation and Processing]. *Bulletin KhNADU*. 2008 ; 43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tvyordye-bytovyye-othody-obektivnaya-realnost-problemy-nakopleniya-i-pererabotki> (in Russian).

2. Adamchuk V.I. Usovshenstvovaniye

protsesta pererabotki tverdykh bytovykh otkhodov na sanitarnykh poligonakh [Improvement of the Solid Household Waste Processing at Sanitary Landfills]. URL: <https://www.archive.kpi.kharkov.ua/files/41568/> (in Russian).

3. Armisheva G.T. Rekuperatsiya resursov pri zakhoroneni tverdykh bytovykh otkhodov: diss. ... kand. tekhn. nauk [Recuperation of Resources in the Disposal of Solid Household Waste: Thesis of a Candidate of Technical Sciences]. Perm, RF ; 2008 : 179 p. URL: <https://www.dissercat.com/content/rekuperatsiya-resursov-pri-zakhoroneni-tverdykh-bytovykh-otkhodov> (in Russian).

4. Bardakov V.A. Effektivnost selektivnogo sbora TBO [Efficiency of Selective Collection of Municipal Solid Waste]. In : *Ekonomichni problemy ta perspektivy rozvytku zhytlovo-komunalnoho hospodarstva na suchasnomu etapi : mater. konf. [Economic Problems and Prospects for the Development of Housing and Communal Services at the Current Stage: Materials of the Conference]*. Kharkiv ; 2013. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/38859/1/66-69.pdf> (in Ukrainian).

5. Bagautdinov O.D. Pererabotka tverdykh bytovykh i promyshlennykh otkhodov v alternativnoye tverdoye toplivo [Processing of Solid Household and Industrial Waste into Alternative Solid Fuel]. *Retsikling otkhodov*. 2010 ; 1 : 2-6. URL: [pan-dia.ru](http://pan-dia.ru)<text.

Надійшло до редакції  
24.07.2022