

## СИСТЕМНІ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ENVIRONMENTAL AND ENERGY SYSTEM RESEARCH

УДК 628.4.032(045)

І.Л. Трофімов, канд. техн. наук, доц., А.В. Яковлева, асист., О.В. Іванченко, асист., Л.С. Верягіна, асист.  
Національний авіаційний університет

### АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ В УКРАЇНІ

*Розглянуто проблему забруднення навколишнього середовища твердими побутовими відходами в Україні та світі. Досліджено негативний вплив відходів на екологічний стан України, розглянуто та проаналізовано проблему поводження з відходами в країнах Європи. Наведено існуючі методи знешкодження відходів та проаналізовано їх недоліки. Обґрунтовано метод переробки твердих побутових відходів з метою отримання сировини для альтернативних джерел енергії. Встановлено ефективність збору та використання в Україні звалищного газу (біогазу).*

**Ключові слова:** екологія, середовище, відходи, утилізація, спалювання, біогаз, звалища, палива.

**Вступ.** На сьогодні у світі, зокрема в Україні, виникла істотна небезпека забруднення довкілля побутовими та промисловими відходами. Під час проведення досліджень, пов'язаних з вивченням проблеми забруднення побутовими відходами промислово розвинутих урбосистем, значна увага приділялась джерелам небезпеки промислового походження. При цьому роль негативного впливу відходів на екологічний стан України у формуванні рівня екологічної небезпеки вивчена недостатньо.

За останні 100 років людство більш ніж в 1000 разів збільшило споживання енергетичних ресурсів, при цьому паралельно збільшивши обсяги індустріальної і сільськогосподарської продукції. Що, у свою чергу, призвело до збільшення кількості відходів. У розрахунку на кожного мешканця в індустріально розвинутих країнах щорічно видобувається близько 30 т природних ресурсів, з них лише 2-5 % набирають форми продукту, решта потрапляють у відходи. У містах з кількістю населення біля 20 тис. осіб, за добу накопичується близько 64 тонн відходів, які переполюють звалища та спеціальні полігони. Кількість твердих побутових відходів (ТПВ) щорічно збільшується на 3-6 % [1], що значно перевищує швидкість приросту населення Землі.

Проблема ТПВ є досить гострою для України. Питання поводження з ТПВ, пошуку нових та удосконалення існуючих методів переробки відходів в Україні на сьогодні є досить актуальними.

Скорочення запасів нафти, збільшення об'ємів її видобування, а також стрімко зростаючий негативний вплив на навколишнє середовище від забруднення відходами, обумовлюють необхідність розробки та впровадження альтернативних видів палива, що у 2014 та 2015 роках чітко прослідковується у програмах енергоефективного розвитку усіх провідних країн світу.

**Мета та завдання:** обґрунтування використання відходів побутового походження як сировини для отримання альтернативних палив в Україні та встановленні внеску у формування рівня екобезпеки джерел забруднення навколишнього середовища твердими побутовими відходами.

**Аналіз сучасного стану поводження з ТПВ в Україні та світі.** За даними багаторічних спостережень багатьох науковців у зоні життєдіяльності людства, зокрема великих міст, встановлено, що середні річні концентрації небезпечних речовин у повітрі та грантах на території звалищ побутових відходів перевищують ГДК в 1,3 - 2,5 рази.

Автор парці [1] звертає увагу, що навіть за умов максимального дотримання на рівні регіону вимог санітарних норм і правил (упровадження атмосфероохоронних заходів, використання ефективних систем контролю за станом атмосферного повітря, наявності об'їзних транспортних магістралей, озелененню території і т. і.) проблема поводження з твердими побутовими відходами залишається відкритою. Такі результати обумовили необхідність проведення моніторингу проявів екологічної небезпеки на рівні аналізу конкретних технологічних процесів утворення небезпечних чинників з метою виявлення об'єктів, які вносять суттєвий внесок у формування екологічної небезпеки.

Автор праці [2] передбачає поєднання природних і техногенних циклів у єдину систему з метою керування цими циклами за рахунок «буферних» зон, які існують об'єктивно, або створення технологічних циклів. Для покращення екологічної ситуації у разі використання ТПВ, автор пропонує удосконалення системи поводження з ТПВ.

Автор праці [3] стверджує, що проблема ТПВ на 2014 рік є досить гострою для України. Наводяться дані, що в Україні накопичено близько 25 млрд. т різних відходів. За оцінками фахівців Євросоюзу, щорічно утворюється 24 млн. т небезпечних відходів, з них 75 % зберігаються на полігонах. При цьому полігонне поховання слід вважати малоефективним для відходів, які можна повторно використати іншими шляхами або утилізувати. Автор, як альтернативний метод поводження з ТПВ, пропонує термічний метод утилізації (сміттєспалювання).

У табл. 1 приведені статистичні дані щодо накопичення, утворення та використання промислових і побутових відходів в Україні [4].

Таблиця 1 – Накопичення, утворення та використання відходів в Україні

Показник	Значення
<b>Промислові відходи</b>	
Накопичення: всього, млрд. т	30
на 1 людину, т	600
на 1 км <sup>2</sup> , тис. т	50
Загальна площа, тис. га	200
Утворення, млн. т / рік	700-710
Утилізація відходів, %	10-15
<b>Тверді побутові відходи (ТПВ)</b>	
Накопичення: всього, млрд. м <sup>3</sup>	3-4
на 1 людину, т (м <sup>3</sup> )	17 (76)
на 1 км <sup>2</sup> , тис. т (тис. м <sup>3</sup> )	1,3 (6)
Санкціоновані звалища, шт.	771
Утворення ТПВ, млн. т / рік	10-11
Приріст утворення, тис. т / рік (% / рік)	130-200 (1,3-2,0)
Використання побутових відходів, %	2-5

У спрощеному вигляді відходи на 1 людину становлять:

- побутові відходи – 1,1 кг / добу;
- торгівельні – 0,6 кг / добу;
- промислові – 1,4 кг / добу;
- різні речі – 0,1 кг / добу;
- Разом – 3,2 кг / добу.

Автор праці [5] наводить дані, що кількість побутових відходів в країнах Європи становить близько 38-40 млн. м<sup>3</sup> щороку (або близько 10 млн. т). Як бачимо, Україна не дуже відстає від середньоевропейської статистики.

Усереднений склад побутових відходів по Україні у відсотках приблизно такий, % [6]: целюлозомісткі матеріали (папір, картон, газети, обгортки та інші пакувальні матеріали) – 30-35; відходи продуктів харчування – 28-30; метали – 4; пластмаса – 4; деревина – 3; текстиль – 5; скло, кераміка – 7; інше – 10-12. Доля відходів з органічною складовою – 70-78 %.

За даними джерела [3], на сьогодні показники утворення відходів у середньому становлять 220-250 кг/рік на одну особу, а у великих містах сягають, навіть, 330-380 кг/рік. В цілому, загальна маса цих відходів сягає 13 млн. т / рік і ця цифра росте по експоненті. Більше того, серед твердих побутових відходів збільшується частка відходів, яка не піддається швидкому розкладу та потребують значних площ для зберігання.

Відомим є те, що утворення біомаси (ріст клітин) зумовлено виробленням у клітинах рослин вуглецю за рахунок процесу фотосинтезу. Щороку завдяки фотосинтезу утворюється така кількість біомаси, що її сухий залишок еквівалентний 220 млрд. т, а це перевищує світову потребу в паливі приблизно в 10 разів.

Тобто, тверді вуглеводневі промислово-побутові відходи, що складають біля половини усіх твердих відходів в Україні – це ще й вторинна сировина, значні запаси якої мають великий енергохімічний потенціал і його можна використовувати більш повніше та з економічною вигодою. Автором праці [6] підраховано, що з відходами економіка країни щороку втрачає 3,3 млн. т макулатури, 550 тисяч т металів, 660 тис. т полімерів, 770 тис. т скла, 550 тис. т текстилю. Місто за рік може зекономити за рахунок використання побутових відходів 8250 т цінної сировини.

На сьогодні у світовій практиці склалися 2 найбільш розповсюджені методи утилізації ТПВ: спалювання на спеціалізованих сміттєспалювальних заводах (ССЗ) та захоронення на стихійних чи санітарних звалищах (полігони) [3, 5]. Кожен з цих методів має свої недоліки, які дуже впливають на екологічну ситуацію в країні, яку і без того можна назвати кризовою через величезну кількість шкідливих

компонентів, що потрапляють в атмосферу, ґрунти та водні середовища з викидами транспорту і промисловості.

Автор праці [7] висловлює думку, що спалювання сміття є небезпечним для навколишнього середовища, оскільки в атмосферу виділяються діоксини, фурани, біфеніли, інші шкідливі речовини та велика кількість пилу. Діоксини руйнують гормональну систему людини, призводять до імунодефіциту і ослаблення захисних функцій організму, сприяють розвитку жіночих хвороб, онкологічних захворювань, зростанню кількості викиднів та дітей-інвалідів. Сміттєспалювальні заводи вважаються одними з основних джерел утворення діоксинів. Громадська думка щодо сміттєспалювання є різко негативною.

Отже, існуючі методи переробки відходів, які широко застосовуються в Україні, не відповідають сучасним екологічним вимогам, тому на сьогодні пошук альтернативних шляхів вирішення даної проблеми є досить актуальним. Враховуючи також, що відходи є вторинною сировиною і мають великий енергетичний потенціал, за допомогою альтернативних технологій переробки з них можна отримувати альтернативні носії енергії, що в свою чергу допоможе частково вирішити енергетичну проблему в нашій країні.

Аналіз літературних джерел, присвячений оцінці впливу відходів побутового походження на екологічний стан України та поводженню з ТПВ свідчить про відсутність вирішення цієї проблеми в науковій літературі. Тому актуальність роботи зумовлена відсутністю достатньої кількості даних щодо конкретного метода ефективної переробки побутових відходів.

**Обґрунтування доцільності збору та використання в Україні звалищного газу.** Є достатньо багато причин вважати, що технології спалювання сміття є не раціональними. Уже в даний час витрати на спалювання 1 кг сміття складають 65 центів. Якщо не перейти на інші технології ліквідації відходів, то витрати будуть рости. До того ж, останнім часом в Європі на сміттєспалювальні заводи значно посилюється тиск «зелена громадськість». Сміттєспалювання не тільки не сприяє розвитку рециклінгових систем, а й навпаки – не зацікавлене в них. У топках згорають насамперед органіки й полімери, а вилучення цих компонентів зі сміттевої маси робить спалювання сміття нерентабельним. Шлаки та попіл, що утворюються в процесі сміттєспалювання, а це близько 30% початкової маси ТПВ, все одно мають бути утилізовані (поховані на полігонах). Сьогодні в Україні ССЗ намагаються не робити цього, використовуючи натомість вищезгадані матеріали в будівельній та шляхоремонтній промисловості. Проте все більше національних законодавств прирівнює попіл і шлак до небезпечних відходів, із відповідними нормами та цінами поховання. На відміну від західноєвропейських країн, цей спосіб не набув в Україні великого поширення.

Більш того, енергія, що утворюється під час спалювання, повинна бути утилізована з отриманням пари чи електроенергії. Такі схеми ефективно впроваджені та функціонують у Китаї [8] та країнах Євросоюзу [9]. Нажаль в Україні, поки що, такі схеми не впроваджено.

Разом з тим, постійно збільшується кількість перевантажених сміттєзвалищ, а деякі із цих сміттєзвалищ, на жаль, не відповідають нормам екологічної безпеки. На сьогодні кількість полігонів та сміттєзвалищ в Україні становить близько 4,5 тисяч, проте, існує інша проблема - несанкціоновані сміттєзвалища, кількість яких перебільшує 35 тисяч. Серед європейських країн Україна посідає перше місце за рівнем шкідливого впливу полігонів на довкілля.

Варто зауважити, що на сьогодні постійно погіршується якість роботи ССЗ: через подорожчання газу, потрібного для спалення відходів, його намагаються економити, в результаті чого сміття не спалюється до стану шлаку. Фактично, кінцевою продукцією ССЗ стає обгоріле сміття замість попелу та шлаку. Загалом, діяльність вітчизняних сміттєспалювальних заводів офіційно визнана небезпечною. Крім того, дорогий природний газ та електроенергія роблять діяльність вітчизняних підприємств збитковою. Їх закриття вважається справою часу, і лише відсутність коштів на альтернативні методи поводження з відходами є причиною того, що ССЗ усе ще працюють.

Сьогодні широко розповсюджується думка, що захоронення ТПВ на спеціальних полігонах – більш економічний та універсальний метод, ніж спалювання, і в деяких країнах ТПВ в основному вивозяться на звалища та полігони. Так, кількість ТПВ, що захоронюються на звалищах та полігонах, в Нідерландах – 45-55 %, США – 62-85 %, Канаді – 93-96 %, Росії – 97 %.

В Україні відходи знешкоджуються на 771 офіційному міському звалищі, що займають площу понад 250 тис. га [6]. Переважна більшість звалищ (80-90%) працює у режимі перевантаження, з давно порушеними проектними показниками щодо обсягів надходження відходів, без дотримання запобіжних заходів щодо забруднення підземних вод та повітряного басейну.

Підготовка сучасного полігону ТПВ включає ущільнення і гідроізоляцію дна, обладнання дренажної системи для відводу фільтраційних вод, прокладання труб для збору утвореного біогазу. Захоронене сміття пересипають шарами піску та глини. При закритті полігону товщина запираючого шару ґрунту звичайно складає близько 0,5 м. У більшості розвинених країн осади стічних вод після попереднього обезвожування утилізують разом з ТПВ. Але ця практика з'явилася тільки в останні десятиріччя і в Україні не проводиться у зв'язку з недостатнім фінансуванням цієї галузі.

Захоронення ТПВ на звалищах пов'язано з екологічними проблемами: забрудненням підземних вод, неприємним запахом, розвитком хвороботворних мікроорганізмів. Але одна з головних проблем, пов'язаних з похованням відходів – утворення біогазу або так званого звалищного газу, компонентами якого є метан ( $\text{CH}_4$ ) та діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) приблизно в рівній пропорції. Біогаз неминуче попадає в атмосферу, що викликає ряд негативних наслідків. Відомо багато випадків отруєння під час технічного обслуговування заглиблених інженерних комунікацій. Нагромадження газу у тілі полігону часто викликає самозаймання ТПВ. Процес горіння супроводжується утворенням токсичних речовин, зокрема діоксинів [10]. Глобальна емісія звалищного метану становить 40 млн. т / рік, ця величина перевищує масу метану, який виділяють вугільні шахти і є основним джерелом парникових газів планети. Також звалищний газ сприяє появі вибухо- та пожежебезпечних умов як на самих звалищах, так і на об'єктах поблизу них. Велику небезпеку становить фільтрат, що проникає з території звалищ у підземні води і може принести із собою черевний тиф, дизентерію, холеру, туберкульоз та інші небезпечні хвороби. Також, під сміттєзвалища відчужуються великі площі земель, які практично неможливо використовувати після консервації полігону.

Отже, на сьогодні, технології спалювання та поховання відходів не мають майбутнього, оскільки вони не вирішують жодну з двох найважливіших проблем в світі – екологічну та енергетичну.

Логічно виходить, що найефективніший метод скоротити вихід в атмосферу метану з полігонів ТПВ – це його збір, ефективне та раціональне використання.

Як відомо, процес утворення біогазу відбувається при анаеробному зброджуванні органічних речовин (за відсутності кисню) і складається з двох етапів. На першому етапі складні органічні полімери (клітини, білки, жири тощо) під дією різноманітних видів анаеробних бактерій розкладаються до простіших сполук: летких жирних кислот, нижчих спиртів, водню та оксиду вуглецю, оцтової та мурашиної кислот. На другому етапі бактерії перетворюють органічні кислоти на метан, вуглекислий газ та воду.

Останніми роками, системи збору й утилізації біогазу на полігонах ТПВ стали досить розповсюдженими у світі. За даними Європейської біогазової асоціації кількість таких систем у 2014 році складала: у Німеччині – 409, Італії – 89, Швеції – 83, Данії – 17, США – близько 1000. Приблизно третя частина полігонів використовує біогаз для одержання теплової чи електричної енергії. В Україні на Луганському полігоні також існує єдина в Україні система збору біогазу, яка запущена у лютому 2003 року, але працює не на повну потужність.

Сьогодні у розвинених країнах світу значну увагу привертають до себе звалища та полігони ТПВ міст-мільйонерів, як джерела для виробництва біогазу. Основними факторами у виборі таких джерел є густота населення та час. Вплив першого фактору полягає у тому, що чим більшою є зосередженість населення в місті, тим більшу кількість відходів вони будуть виробляти, отже, тим більшою буде потужність звалищ, що приймають ці відходи. Фактор часу полягає у тому, що одиниця маси ТПВ, розміщена на звалищі, здатна виробляти метан протягом 20-25 років. Отже, значний енергетичний потенціал матимуть також і звалища порівняно невеликих міст, які експлуатуються досить тривалий час.

У країнах Європи залежність обсягу звалищ ТПВ від густоти населення стає дедалі меншою внаслідок того, що ТПВ транспортуються на досить великі відстані (десятки та сотні кілометрів). З точки зору виробництва біогазу, створення таких значних за обсягом полігонів ТПВ є перспективним. Однак з точки зору споживання виробленої енергії це є негативним фактором, бо такі централізовані звалища створюються у значному віддаленні від населених місць. Проте відомо, що для успішної реалізації біоенергетичного проекту на основі біогазу звалищ ТПВ обов'язковою умовою є наявність споживача енергії (особливо, теплової) поблизу звалища. Саме внаслідок цього в межах енергетичних проектів нерідко створюються такі споживачі (наприклад, теплиці для вирощування квітів). За оцінками вітчизняних експертів біогаз звалищ доцільно транспортувати на відстань близько 3 км від звалища. Іншим виходом є створення енергетичних проектів з виробництва тільки електричної енергії, але такі проекти є менш рентабельними – тепла енергія все одно виробляється, але не споживається.

Кількість біогазу, що збирається, дозволяє установити на полігоні газову електростанцію загальною встановленою потужністю 1500 кВт. В такому випадку біогаз утворюється в спеціальних реакторах – метантенках, обладнаних та регульованих таким чином, щоб забезпечити максимальне виділення метану. Енергія, яку отримують при спалюванні біогазу, може досягати від 60 % до 90 % енергії вихідного матеріалу. Якщо реактор працює нормально, отриманий біогаз містить 60–85 % метану, 30–40 % двооксиду вуглецю, невелику кількість сірководню (0–3 %), а також суміші водню, аміаку та оксиду азоту.

Отриманий під час зброджування біогаз не має неприємного запаху, його нижча теплотворна здатність складає 25 МДж /  $\text{m}^3$ . Середня теплота згорання біогазу складає приблизно 22 МДж /  $\text{m}^3$  (в залежності від вмісту метану). Вихід біогазу складає 0,2-0,4  $\text{m}^3$  на 1 кг зброджувального сухого матеріалу при витраті 50 кг сухої біомаси на 1  $\text{m}^3$  води. Відомо, що 1  $\text{m}^3$  біогазу еквівалентний 0,6  $\text{m}^3$  природного газу; 0,7 л мазуту; 0,4 л бензину; 3,5 кг дров; 12 кг гнойових брикетів. З 1  $\text{m}^3$  біогазу можна отримати електроенергії на 1,7 кВт / год і теплоти 2,5 кВт / год, при цьому до 30% біогазу використовується на технологічні потреби установки. Після стиснення біогазу до 15-16 кг /  $\text{cm}^2$  можливе використання його для заправки балонів [10].

З точки зору охорони довкілля, залучення біогазу звалищ до процесів виробництва енергії є дуже важливим та перспективним, проте основним недоліком отримання даного виду альтернативного джерела енергії є неконтрольованість його виробництва. На жаль, людина не може втручатись в анаеробні процеси, що відбуваються всередині товщі накопичених відходів. Можна лише намагатись забезпечувати необхідний склад ТПВ, що потрапляють на звалище, а також організувати ефективні технології вловлювання виробленого біогазу. Забезпечення необхідного складу відходів полягає у запровадженні систем роздільного збору ТПВ, у яких більшість компонентів, що не розкладаються біологічним шляхом, направляються на вторинну утилізацію. З одного боку, такі системи зменшують кількість первинних природних ресурсів, що споживаються. З іншого боку, у відходах, що направляються на захоронення на звалища, збільшується частка відходів, на основі яких виробляється метан (харчові залишки). Технології вловлювання утвореного біогазу полягають у розробці ефективних систем трубопроводів та свердловин, які охоплюють весь масив захоронених відходів, а також у створенні систем ізоляції поверхні звалища, що запобігатиме потраплянню біогазу в атмосферу.

На нашу думку, збір та використання біогазу (звалищного газу) з полігонів ТПВ, зважаючи також на проблему з енергоресурсами, для України на сьогодні є одним із найбільш рентабельних методів, хоча не єдиним. Також, як варіант, пропонуємо на місцях звалищ ТПВ розмішувати цехи для виробництва каталізаторів з очищення вихлопних газів. Як відомо, каталізатори очищення вихлопних газів автомобілів [11 – 14], виготовляють зі шламів – відходів виробництва металургійної, електронної та машинобудівної промисловості, які містять оксиди міді, заліза, хрому, нікелю, марганцю, кобальту та інших металів. Але аналіз джерел показав, що ТПВ також містять ці ж самі речовини. Зазначені оксиди знаходяться в шламі у високодисперсному стані. Додаючи до них неорганічні домішки при визначеній обробці, можливо отримувати ці каталізатори. Вони дозволяють забезпечувати очищення вихлопних газів автомобілів від CO<sub>2</sub> до 6 % і таким чином захищають атмосферу повітря.

Побутові та промислові відходи в останні роки також вважаються перспективною сировиною для виробництва авіаційних біопалив [15]. Наразі активно будуються заводи, де в результаті складних технологічних процесів перероблюються в паливо такі види відходів: вироби з деревини, папір, залишки деревообробки, сільськогосподарські відходи, побічні продукти тваринництва, деякі промислові відходи, харчові та побутові відходи, комунальні стоки та деякі інші. Однією з переваг такого використання відходів є можливість забезпечити виробництво біопалив з рослинної сировини безвідходним. Крім того, переробка відходів на альтернативні палива, на думку вчених [16, 17] є одним зі шляхів вирішення проблеми утилізації сміття, що накопичується на звалищах.

Технологія VtL є ще однією загальноприйнятою технологією отримання біокомпонентів авіаційного палива. Принципово дана технологія є подібною до процесу виробництва синтетичного авіаційного керосину методом ФТ-синтезу (синтез Фішера-Тропша) з бурого чи кам'яного вугілля та природного газу [17]. Як сировина можуть використовуватися різноманітні види біомаси, такі як відходи деревини, солома, залишки рослин, тощо. На початковій стадії сировина піддається розщепленню за високих температур – піролізу. Надалі з отриманої рідкої маси отримують синтез-газ, що є основою ФТ-процесу. У роботах відзначається, що керосин, одержаний технологією VtL є повністю синтетичним і за своїми властивостями подібний до палива для повітряно-реактивних двигунів, отриманого з вугілля.

### **Висновки**

Проведено оцінку впливу на стан довкілля джерел забруднення ТПВ, проаналізовано проблему поводження з ТПВ в Україні та світі. Встановлено, що на сьогодні спалювання та захоронення ТПВ є неефективними технологіями, оскільки вони не вирішують енергетичну проблему країни, тому що не дозволяють отримувати альтернативних джерел енергії з відходів, а також негативно впливають на екологічний стан України, забруднюючи атмосферу і води діоксинами та іншими шкідливими речовинами.

Як результат, обґрунтовано, що для України найефективнішим методом на сьогодні є збір та використання біогазу (звалищного газу) з полігонів ТПВ і одержання з ТПВ синтетичних рідких палив для автомобілів та авіації. Економічні показники проектів по видобуванню та використанню звалищного газу є достатньо рентабельними, особливо за близького розміщення звалища біля промислового споживача газу. Розвиток технологій видобування та використання звалищного газу є дуже перспективним для України як з екологічних, так і з економічних позицій, що правда конче необхідне державне регулювання у сфері переробки відходів, оскільки це не лише покращить екологічний стан нашої держави, а й може суттєво вплинути на покращення енергетичної ситуації в Україні.

Проблему поводження з ТПВ в Україні потрібно вирішувати комплексно, використовуючи сучасні світові технологічні методи і засоби. Як приклад, паралельно із збором та використанням звалищного газу з полігонів ТПВ, одночасно на місцях звалищ ТПВ розмістити цехи з виробництва каталізаторів з очищення вихлопних газів. Саме такий комплексний підхід, дозволить не лише покращити екологічний стан нашої держави, а й упроваджувати та використовувати альтернативні види енергоресурсів.

**Список літератури**

1. Єфремов, І.С. Проблеми поводження з твердими побутовими відходами [Текст] / І.С. Єфремов, С.В. Марчук // IV-й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013), 25-27 вересня, 2013. Збірник наукових статей. – Вінниця: Видавництво- друкарня ДІЛО, 2013. – С. 31-33.
2. Статюха, Г.А. Устойчивое развитие – концепция, подходы и модели [Текст] / Г.А. Статюха // Системний аналіз та інформаційні технології. Матеріали Міжнародної конференції SAIT 2011. К.: УНК «ИПСА» ННТУ «КПИ», 2011. С.38.
3. Петрова, М.А. Напрямки підвищення екологічної безпеки термічної утилізації твердих побутових відходів [Текст] / М.А. Петрова, М.О. Войтович // IV-й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013), 25-27 вересня, 2013. Збірник наукових статей. – Вінниця: Видавництво - друкарня ДІЛО, 2013. – С. 77-80.
4. Парфенюк, А. С. Ефективний шлях вирішення проблеми твердих відходів в Україні – індустріальна термомізно-енергетична рекуперация [Текст] / А. С. Парфенюк, А. А. Топоров, І. В. Кутняшенко // Безпека життєдіяльності. – 2005. – № 12. – С. 36–41.
5. Rotter S.: Incineration: RDF and SRF – Solid Fuels from Waste. Mechanical biological treatment. “Solid Waste Technology&Management”, Vol.1.1, Publication A. John Wiley and Sons, United Kingdom 2011.
6. Орфанова М.М. Использование механохимических процессов для решения проблем утилизации отходов / М.М. Орфанова, В.И. Пустогов // Екологія. – Луганськ: Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. - №1(3). – 2008. – С 71-73.
7. Бахарев, В. С. Оцінка рівня техногенної небезпеки промислових підприємств в умовах пилового забруднення атмосферного повітря [Текст] / В. С. Бахарев // Вісник КДПУ. – Кременчук: КДПУ. – 2005. – № 5 (34). – С. 121–125.
8. Cheng H. Municipal solid waste fueled power generation in China: a case study of waste-to-energy in Changchun city [Text] // H. Cheng, Y. Zang, A Meng. Q. Li. – Environmental Science and Technology. – 2007. vol. 41, no. 21. - P. 7509-7515.
9. Grosso M. Efficiency of energy recovery from waste incineration, in the light of the new Waste Framework Directive [Text] // M. Grosso, A. Motta, L. Rigamonti / Waste Management. – 2011. vol. 30, no. 7. – P. 1238-1243.
10. Труфанов, А. В. Некоторые проблемы экологического предпринимательства в сфере обращения с отходами производства и потребления [Текст] / А. В. Труфанов // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2005. – № 1. – С. 140–144.
11. Лобойко, А. Я. Исследование влияния технологии приготовления катализатора на распределение каталитически активного вещества по поверхности носителя [Текст] / А. Я. Лобойко, В. А. Векшин, Н. Б. Маркова, М. И. Ворожбян, Л. П. Шапарева // Технологія каталізаторів і сорбентів. – 2010. – № 10. – С. 59–62.
12. Orlyk, S. M. Palladium in Gas-Phase Processes of Environmental Catalysis in "Palladium: Compounds, Production and Applications" [Text] / S. M. Orlyk, S. O. Soloviev // Series: Material Science and Technology (Ed. Kenneth M.Brady). – Nova Science Publishers. – 2011. – 356 p.
13. Fino, D. EuropaCat-V [Text] / D. Fino, N. Russo, C. Badini // Limerick. – Ireland, Abstracts. – 2001. – Book 3. – 7.P-07.
14. Rashidzadeh, M. React. Kinet. and Catal. Lett. [Text] / M. Rashidzadeh, M. H. Peyrovi, R. Mondegarian. – 2000. – № 69 (1). – 115 p.
15. Ashok Pandey. Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes. Academic Press, 2011. 629 p.
16. Deepak Rajagopal, David Zilberman. Environmental, Economic and Policy Aspects of Biofuels. Now Publishers Inc, 2008. 115 p.
17. Elizabeth Cushion, Adrian Whiteman, Gerhard Dieterle. Bioenergy Development: Issues and Impacts for Poverty and Natural Resource Management. World Bank Publications, 2010. 249 p.

**I.L. Trofimov, A.V. Iakovlieva, O.V. Ivanchenko, L.S. Vieriagina**  
**National Aviation University**

**ANALYSIS OF MUNICIPAL SOLID WASTE POTENTIAL FOR PRODUCTION OF  
ALTERNATIVE FUELS IN UKRAINE**

*The problem of environment pollution with municipal waste in Ukraine and around the World is considered. The negative impact of waste on ecological state of Ukraine was studied. The problem of waste disposal in European countries is considered and analyzed. Modern methods of waste liquidation are presented and their disadvantages are analyzed. The method of municipal solid waste processing for production of feedstock for alternative energy sources is substantiated. The effectiveness of accumulation and use of landfill gas (biogas) was determined.*

**Key words:** ecology, environments, waste, utilization, combustion, biogas, landfill, fuel.

References

1. Efremov, I.S., Marchuk, S.V. (2013). Problems of handling hard domestic offcuts. IV allukrainian convention of environmentalists with international participation (Ecology-2013). Collection of the scientific articles. Publishing house "Dilo", 31-33.
2. Statyukha, G.A. (2011). Steady development is conception, approaches and models. Analysis of the systems and information technologies. Materials of the International conference of SAIT, NNTU «KPI», P. 38.
3. Petrova, M.A., Voytovich M.O. (2013). Directions of increase ecological safety of thermal utilization of hard domestic offcuts. IV allukrainian convention of environmentalists with international participation (Ecology-2013). Collection of the scientific articles. Publishing house "Dilo", 77-80.
4. Parfenyuk, A. S., Toporov, A. A., Kutnyashenko, I. V. (2005). Effective ways decision of problem hard offcutsin Ukraine – industrial termolys power rekuperation. Safety of vital functions, 12, 36–41.
5. Rotter S. (2011). Incineration: RDF and SRF – Solid Fuels from Waste. Mechanical biological treatment. "Solid Waste Technology&Management", Vol.1.1, Publication A. John Wiley and Sons, United Kingdom.
6. Orfanova, M.M., Pustogov V.I. (2008). The use of mechanical-chemical processes for the decision of problems of utilization of waste. Ecology, №1(3), 71-73.
7. Bakharev, V.S. (2005). An estimation of level technogenic danger of industrial enterprises is in the conditions dustborne contamination of atmospheric air. Announcer KDPU, 5(34), 121-125.
8. Cheng, H. Y., Zang, A., Meng. Q. Li. (2007). Municipal solid waste fueled power generation in China: a case study of waste-to-energy in Changchun city. Environmental Science and Technology, vol. 41, no. 21., 7509-7515.
9. Grosso, M., Motta A., Rigamonti L., (2011). Efficiency of energy recovery from waste incineration, in the light of the new Waste Framework Directive. Waste Management, vol. 30, no. 7., 1238-1243.
10. Trufanov, A. V. (2005). Some problems of ecological enterprises in the area handlings the offcuts of production and consumption. Use and guard of natural resources in Russia, 1, 140–144.
11. Loboyko, A. Ya., Vekshin, V. A., Markov, N. B., Vorozhbiyan, M. I., Shapareva, L. P. (2010). Research of influence technology preparation of catalyst on distributing catalytically of active matter on the surface transmitter. Technology of catalysts and sorbents, 10, 59–62.
12. Orlyk, S. M., Soloviev, S. O. (2011). Palladium in Gas-Phase Processes of Environmental Catalysis in Palladium: Compounds, Production and Applications, Series: Material Science and Technology (Ed. Kenneth M.Brady). Nova Science Publishers, 356.
13. Fino, D., Russo, N., Badini, C. (2001). EuropaCat-V. Limerick, Ireland, Abstracts, Book 3, 7.P-07.
14. Rashidzadeh, M., Peyrovi, M. H., Mondegarian, R. (2000). React. Kinet. and Catal. Lett., 69 (1), 115.
15. Ashok Pandey. Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes. Academic Press, 2011. 629 p.
16. Deepak Rajagopal, David Zilberman. Environmental, Economic and Policy Aspects of Biofuels. Now Publishers Inc, 2008. 115 p.
17. Elizabeth Cushion, Adrian Whiteman, Gerhard Dieterle. Bioenergy Development: Issues and Impacts for Poverty and Natural Resource Management. World Bank Publications, 2010. 249 p.

УДК 628.4.032(045)

И. Л. Трофимов, канд. техн. наук, доц., А. В. Яковлева, асс., О. В. Иванченко, асс., Л. С. Верягина, асс.

Национальный авиационный университет

**АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ  
ПРОИЗВОДСТВА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ В УКРАИНЕ**

*Рассмотрена проблема загрязнения окружающей среды твердыми бытовыми отходами в Украине и мире. Исследовано негативное влияние отходов на экологическое состояние Украины. Рассмотрены и проанализированы проблемы обращения с отходами в странах Европы. Приведены существующие методы обезвреживания отходов и проанализированы их недостатки. Обоснован метод переработки твердых бытовых отходов с целью получения сырья для альтернативных источников энергии. Установлена эффективность сбора и использования в Украине свалочного газа (биогаза).*

**Ключевые слова:** экология, среда, отходы, утилизация, сжигание, биогаз, свалки, топлива.

Надійшла 17.03.2016  
Received 17.03.2016