

УДК 658.576.1

ПІДХОДИ ДО ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В СВІТІ ТА В УКРАЇНІ

Павлюк Н.Ю., канд. техн. наук, Сігал О.І., канд. техн. наук

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Желябова, 2а, Київ, 03680, Україна

У статті розглядаються підходи до видалення муніципальних твердих побутових відходів у світі та ЄС. Визначено, що пріоритетом для України є використання енергетичного потенціалу ТПВ для виробництва теплової енергії для потреб населення, що дозволить замінити відповідну кількість природного газу. Запропоновано концепцію підходу до впровадження ТЕЦ на ТПВ для міст України з різною чисельністю населення.

В статье рассматриваются подходы к удалению муниципальных твердых бытовых отходов в мире и ЕС. Определено, что приоритетом для Украины является использование энергетического потенциала ТБО для производства тепловой энергии для нужд населения, что позволит заместить соответствующее количество природного газа. Предложена концепция подхода к внедрению ТЕЦ на ТБО для городов Украины с различной численностью населения.

The article discusses approaches to the disposal of municipal solid waste in the world and the EU. It was determined that the priority for Ukraine is to use the energy potential of municipal solid waste for the production of thermal energy for the needs of the population, which will help to replace the appropriate amount of natural gas. There is a concept introduced to implement MSW at CHP in Ukrainian cities with different amount of population.

Бібл. 7, табл. 9.

Ключові слова: тверді побутові відходи, енергетичний потенціал ТПВ, ТЕЦ на ТПВ.

Хто генерує більше ТПВ?

Поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) перетворилося на глобальну проблему нашого часу. Зростання утворення ТПВ нерозривно пов'язане з рівнем економічного розвитку країни та стрімкою урбанізацією населення.

Підвищення рівня доходів населення приводить до збільшення споживання товарів та, відповідно, до збільшення кількості ТПВ. Однак на генерування ТПВ більш впливає рівень доходів, ніж кількість міського населення (табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл ТПВ в залежності від рівня доходів¹ та урбанізації населення [1]

	Рівень доходів населення	Кількість міського населення, млн.	Генерування ТВП, млн. т	Питоме генерування ТВП, кг/особу/рік	Залежність генерування ТВП від рівня доходів населення, %	Залежність генерування ТВП від кількості міського населення, %
I	Високий ² (60 країн)	774	602	778	46,7	26
II	Максимальне значення середнього рівня ³ (57 країн)	572	243	425	18,8	19,2
	Україна⁴	31	13	319		

¹ За класифікацією Світового Банку

² Більш, ніж 10,726 тис. долл. США ВНД на душу населення

³ 3,466-10,726 тис. долл. США ВНД на душу населення

⁴ 3,960 тис. долл. США ВНД на душу населення (2013 р.)

III	Мінімальне значення середнього рівня ⁵ (48 країн)	1 293	369	285	28,7	43,4
IV	Низький ⁶ (33 країни)	343	75	219	5,8	11,5
	Разом:	2 982				

Дані табл. 1 показують, що біля половини ТПВ генерують країни з найвищим рівнем доходів, хоча міське населення в них становить лише четверту частину від загальної кількості міського населення планети. Питоме генерування сміття в цих країнах майже в чотири рази перевищує питомі показники країн з низьким рівнем доходів. Натомість країни третьої групи, які мають 43 % урбанізованого населення планети, генерують лише 29 % ТПВ.

Підходи до системи управління ТПВ в світі

Підходи до системи управління відходами в різних країнах світу варіюються від найпростіших заходів – поховання на звалищах і полігонах, до утилізації матеріального та енергетичного потенціалу ТПВ. Вибір країни визначається, головним чином, можливістю інвестувати в організацію системи відновлення або утилізації відходів (табл. 2, 3).

Таблиця 2. Витрати на систему управління відходами країн з різним рівнем доходів населення

Системи управління ТПВ, %	Рівень доходів населення в країні			
	Низький	Мінімальне значення середнього рівня	Максимальне значення середнього рівня	Високий
	Витрати на збір та управління, дол. США/т ТПВ			
Збір ТПВ	20...50	30...75	40...90	85...250
Полігони	10...30	15...40	20...65	40...100
Відкрити звалища	2...8	3...10	-	-
Компостування	5...30	10...40	20...75	35...90
ТЕЦ на ТПВ	-	10...100	60...150	70...200
Анаеробна переробка	-	20...80	50...100	65...150

Таблиця 3. Підходи до системи управління ТПВ в залежності від рівня доходів населення

Рівень доходів населення	Системи управління ТПВ, %					
	Захоронення		Утилізація			
	Звалища	Полігони	Компостування	Рециклінг	Спалювання	Інше
Високий	0,009	43	11	22	21*	3,6
Максимальне значення середнього рівня	32	59	1	1,4		
Мінімальне значення середнього рівня	49	11	2	5	0,2	33

⁵ 876 долл. США - 3,466 тис. долл. США ВНД на душу населення

⁶ Менш, ніж 876 долл. США ВНД на душу населення

Низький	59	13	1,3	0,5	1,3	26
Україна	74	24	0	0	1,2*	0
* ТЕЦ на ТПВ						

В Україні до кризи 2014 р. рівень доходів населення та питомий рівень генерування відходів відповідали середньому рівню доходів населення інших країн світу за класифікацією Світового банку. Нажаль, система управління ТПВ в Україні знаходиться на рівні найбідніших країн. За роки незалежності кількість ТПВ в Україні збільшилась на 25 % (табл. 4), але підходи до поводження з відходами принципово не змінилися. Як і раніше, майже всі ТПВ вивозяться для захоронення на полігони та звалища. Звалища ТПВ не тільки вилучають значні площі з господарського обігу, але й призводять до серйозних екологічних проблем та негативного впливу на здоров'я людини. Якщо в 1991 р. в Україні працювало 4 сміттєспалювальні заводи (в м. Київ, м.

Харків, м. Дніпропетровськ, м. Севастополь), то в 2014 р. працював лише 1 сміттєспалювальний завод «Енергія» в м. Києві, а решта, через неможливість реновації та належної експлуатації, за вимогами населення були зупинені.

Підписання 27 червня 20014 р. Угоди про асоціацію з Європейським Союзом зобов'язало Україну наблизити своє законодавство в сфері управління довкіллям до законодавства ЄС, зокрема в сфері управління відходами. Україні необхідно розробити та подати на розгляд Кабінету Міністрів України до кінця 2017 р. проект нормативно-правових актів з метою імплементації положень Директиви 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 19 листопада 2008 р. «Про відходи...» [2].

Таблиця 4. Динаміка генерування ТПВ в Україні

Рік	Кількість населення, тис. осіб	Обсяг зібраних ТПВ, тис. т	Питоме генерування ТПВ, кг/ особу/ рік
1991	52 056,6	9 732,0	277,4
2012	45 633,6	13 159,1	304,3
2013	45 533,0	12 660,6	318,7

Підходи до системи поводження з ТПВ в ЄС мають відповідати рамковій директиві 2008/98/ЄС «Про відходи та скасування певних директив 75/439 / ЄЕС, 91/689/ЄС та 2006/12/ЄС» [3]

Директива розглядає ТПВ як вторинний ан-

тропогенний ресурс та спрямована на попередження та скорочення утворення відходів, а також утилізацію їх матеріального та енергетичного потенціалу, калорійність якого відповідає калорійності бурого вугілля та торфу (табл. 5).

Таблиця 5. Калорійність деяких видів палива та ТПВ

Вид палива	Калорійність, МДж/кг	Країни	Калорійність ТПВ, МДж/кг
Природний газ	30...35,5	США	9...15
Кам'яне вугілля	16,7...20,9	ЄС	7,5...10,5
Буре вугілля	10...15	Японія	5,8...10,5
Торф	7...8,1	Україна	5,0...7,1

Директива запроваджує п'ятирівневу ієрархію поводження з відходами:

- 1) попередження виникнення відходів (найбажаніший варіант);
- 2) повторне використання;
- 3) переробка матеріального ресурсу (склобою, макулатури (паперу/картону), металу, пластику (у т.ч. ПЕТФ));
- 4) утилізація енергетичного потенціалу (ТЕЦ на ТПВ);
- 5) захоронення на полігоні.

В Україні така система поводження з відходами має бути впроваджена до 2018 р.

Підходи до ТПВ в великих містах ЄС відповідають концепції:

- селективний збір ТПВ з наступним їх сортуванням;
- роздільний збір великогабаритних матеріалів (побутової та офісної техніки, будівельного сміття);
- роздільний збір небезпечних відходів (батарейок, акумуляторів, медичних відходів, залишків розчинників, фарб, лаків та інших хімікатів тощо), які ускладнюють процес очистки газоподібних продуктів згоряння ТПВ;
- термічна переробка змішаних ТПВ житлового фонду з відпуском теплової та електричної енергії міському споживачу (ТЕЦ на ТПВ).
- захоронення ТПВ на обладнаних полігонах, які унеможливають забруднення навколишнього середовища викидами звалищного газу або фільтрату. Захороненню підлягають лише ті відходи, матеріальний та енергетичний потенціал яких неможливо утилізувати.

ТЕЦ на ТПВ

Термічна утилізація несорттованих ТПВ з житлового фонду з використанням енергії більш приваблива з позиції екології, ніж вироблення тієї ж кількості енергії на звичайній ТЕЦ при спалюванні викопного палива плюс переробка або поховання еквівалентної кількості відходів. Цей пункт концепції набуває все більшу привабливість для України у зв'язку із втратою значної кількості джерел видобутку вугілля.

Як показує світовий досвід, тверді побутові відходи є найдоступнішим, постійно зростаючим поновлюваним джерелом енергії, що найбільш

економічно доцільно спалювати на теплових електростанціях. За кордоном практично на всіх сучасних сміттєспалювальних підприємствах тепла енергія, що виділяється в процесі термічної переробки ТПВ обов'язково відпускається споживачеві або використовується для вироблення електроенергії.

Нормативи на викиди для ТЕЦ на ТПВ встановлює Директива 2010/75/ЄС від 24.11.2010р. про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення) [4].

Директива встановлює норми й правила, спрямовані на попередження та зниження викидів з метою досягнення високого рівня захисту навколишнього середовища в цілому. Директива замінила Директиву 2000/76/ЄС від 4.12.2000 «Про спалювання відходів». Директива поширюється зокрема на установки, що задіяні в таких видах діяльності:

- Видалення або утилізація відходів на сміттєспалювальних установках або когенераційних установках з використанням відходів (від 3 та від 10 т/добу).
- Видалення або використання (утилізація) безпечних відходів з об'ємом понад 50 т /добу.
- Використання (утилізація) або її поєднання з видаленням для безпечних відходів об'ємом понад 75 т/добу.

Ця ж Директива 2010/75/ЄС амінила Директиву 2001/80/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2001р. про обмеження викидів певних забруднюючих речовин у повітря великими спалювальними установками, та встановлює граничні обсяги викидів для спалювальних установок. Порівняння нормативних величин викидів забруднюючих речовин для енергетичних установок, що спалюють тверде паливо та для установок для спалювання ТПВ та побічного спалювання відходів показує, що нормативи на викиди для ТЕЦ на ТПВ більш жорсткі, ніж для ТЕС, що спалюють вугілля, а також інші види твердого палива (табл. 6).

Незважаючи на те, що будівництво таких заводів обходиться досить дорого, часто вони складають конкуренцію захоронення відходів на полігонах. Причина цьому – введення високих

податків на захоронення відходів.

Значна частина підприємств для спалювання відходів належить провідним енергетичним компаніям, і інтерес енергетиків до цього джерела енергії продовжує зростати. ТПВ вже давно і практично у всіх промислово розвинених країнах розглядаються як одно з перспективних поновлюваних джерел отримання тепла і

електроенергії. Ведеться будівництво нових ТЕЦ на ТПВ, причому, як правило, зі значною часткою капітальних вкладень з боку енергетичних компаній. Динаміка виробництва енергії з ТПВ, що представлена в табл. 7, підтверджує зростаючий інтерес європейських країн до ТЕЦ на антропогенному джерелі енергії – міських твердих побутових відходах.

Таблиця 6. Граничні обсяги викидів забруднюючих речовин для установок, що спалюють ТПВ або тверде паливо, мг/м³

Найменування	Установки, що спалюють ТПВ		Енергетичні установки для спалювання твердих палив**
	середньодобові	середньопівгодинні	
Тверді частинки	10	30	20...30
Сумарний органічний вуглець (COB)	10	20	
Оксиди азоту (NO _x) *	200...400	400	200...300
Оксиди сірки (SO _x)	50	200	200...400
Хлорид водню (HCl)	10	60	Не нормується
Фторид водню (HF)	1	4	-//-
Важкі метали:			
Ртуть (Hg)	0,05		
Кадмій, талій (Cd + Tl)	0,05		-//-
Сумарні інші: (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V)	0,5		
Діоксини та фурани	0,1		-//-

* в залежності від сукупної номінальної ефективної теплової потужності, МВт

** для існуючих установок для спалювання відходів із номінальною потужністю, що перевищує 6 тон на годину, нових установок для спалювання відходів, або існуючих установок для спалювання відходів із номінальною потужністю, що не перевищує 6 тон на годину

Таблиця 7. Динаміка виробництва електричної і теплової енергії з ТПВ в ЄС

Вид енергії, що виробляється з ТПВ, млрд. кВт*год	2006 р.	2010 р.	2020 р. (проект)
Електрична	12	16	24
Теплова	23	30	39

Вирішальними факторами, що визначають потужність ТЕЦ на ТПВ, є прогнозовані обсяги ТПВ, що надходять на спалювання, та їх характеристика (зокрема теплотворна спроможність).

Кількість генерування ТПВ залежить від ряду

факторів, до яких в першу чергу відносяться чисельність населення в конкретному регіоні, а також політика регіональної влади в галузі поводження з відходами: встановлення тарифів на захоронення відходів, стимулювання впроваджен-

ня роздільного збору та сортування ТПВ.

Підходи до управління ТПВ в Україні

Основні підходи до управління ТПВ в Україні визначаються законом України від 05.03.1998 №187 / 98-ВР «Про відходи» [5], який потребує доопрацювання для приведення у відповідність до Директиви 2008/98/ЄС «Про відходи». Варто відмітити, що, відповідно до Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вдосконалення механізму правового регулювання та посилення відповідальності у сфері поводження з відходами» від 02.10.2012 № 5402-VI [6], ст. 32 Закону України «Про відходи» доповнюється п. «і», згідно з яким з 1 січня 2018 року забороняється захоронення неперероблених (необроблених) побутових відходів.

Для України енергетичне використання ТПВ

набуває стратегічного значення. Україна потребує близько 80 млн. Гкал теплової енергії для потреб населення. Сумарний енергетичний потенціал відходів становить 20...28 % від цієї величини, в залежності від калорійності ТПВ.

Однак проект Загальнодержавної програми поводження з відходами на 2013 – 2020 роки [7] наголошує пріоритет на провадження організаційної, виробничої, науково-технічної, природоохоронної та іншої діяльності у сфері поводження з відходами у впровадженні дієвої системи заготівлі, збирання та переробки відходів **ЯК ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ**.

Прибутковість галузі переробки відходів як вторинної сировини залежить, крім іншого, від морфології ТПВ, яка відрізняється в залежності від рівня доходів населення (табл. 8).

Таблиця 8. Морфологія ТПВ в країнах з різним рівнем доходів населення

Рівень доходів населення країн в 2012 р.	Морфологія ТПВ, %					Інертні матеріали
	Органіка	Папір	Пластик	Скло	Метал	
Високий	28	31	11	7	6	17
Максимальне значення середнього рівня	54	14	11	5	3	13
Україна, м. Київ	40,6	14,2	9,3	13	1,1	21,8
Мінімальне значення середнього рівня	59	9	12	3	2	15
Низький	64	5	8	3	3	17

Після кризи 2014 р., нажаль, рівень доходів населення України значно погіршився (якщо в 2013 р. ВНД ППС дорівнювало 3,960 тис. долл. США, то в 2014 р. за даними державного комітету статистики України, ВНД ППС вже складало 3,049 тис. долл. США). В 2015 р. статистика по доходам населення ще погіршиться, зокрема через безпрецедентне зростання комунальних тарифів. Тобто, Україна в 2014 р. перейшла до категорії країн з мінімальним значенням середнього рівня доходів населення, а значить, у відходах знизиться обсяг паперу, пластику та скла, а зросте обсяг органіки та інертних матеріалів, що ускладнить роздільний збір та використання ТПВ як вторинної сировини.

Необхідно терміново переглянути Загальнодержавну програму поводження з відходами,

змінивши пріоритет з використання ТПВ як вторинної сировини на утилізацію енергетичного потенціалу ТПВ.

Основна кількість ТПВ України (43 %) генерується в 5 областях України: Київській (11,7 %), Донецькій (14,9 %), Одеській (6,6 %), Дніпропетровській (5 %) і Харківській (4,9 %) (табл. 9).

Відповідно до табл. 8, система поводження з відходами у цих областях ще тільки формується. Проаналізуємо, чи доцільно переорієнтувати її пріоритети у бік термічної утилізації ТПВ.

Концепція впровадження ТЕЦ на ТПВ в Україні

Розглянемо потенціал міст України з різною чисельністю наявного населення щодо

заміщення теплової енергії, виробленої при спалюванні природного газу, на теплову енергію, вироблену при спалюванні невідсортованих ТПВ.

За даними Мінстату 2013 р., чисельність населення України перевищувала 100 тис. осіб в 34 містах, з яких можна виділити 3 основні групи за чисельністю мешканців:

- кількість населення біля 500...600 тис.

осіб: м. Кривий Ріг Дніпропетровської обл. м. Маріуполь Донецької обл., м. Миколаїв;

- кількість населення біля 700...900 тис. осіб: м. Дніпропетровськ, м. Донецьк, м. Запоріжжя, м. Львів;

- кількість населення перевищила 1 млн. осіб: м. Київ, м. Харків, м. Одеса.

Таблиця 9. Характеристика управління ТПВ в областях, що генерують основний обсяг ТПВ в Україні

	Населений пункт	Обсяг зібраних ТПВ, %	Вторсировина, %	Рециклинг, %	Компостування, %	ССЗ, %	Полігон, звалище, %
1	Київ	7,3	0,5	10,6	0	10,1	78,7
	Київська обл.	4,4	0,7	4,6	0	0	94,8
2	Донецька обл.	14,9	0,02	0,001	0	0	100,0
3	Одеська обл.	6,6	0	0	0	0	100,0
4	Дніпропетровська обл.	5	0	0	0		85,0
5	Харківська обл.	4,9	0	0	0	0,1	99,9

Згідно даних Мінстату, в 2013 р. в Україні збиралось 319 кг ТПВ у розрахунку на одну особу. Відповідно, у 3 містах України з середньою чисельністю мешканців 500...600 тис. осіб було зібрано біля 500 тис. т ТПВ, в крупних містах з чисельністю мешканців біля 1 млн. – 1 100 тис. т ТПВ, а в містах, в яких мешкає від 1 млн. до 3 млн. осіб зібрани біля 2 млн. т ТПВ.

Середня калорійність ТПВ в Україні змінюється від 1,2 до 1,7 ккал/кг в залежності від сезонності.

При спалюванні всіх ТПВ, що утворюються в містах першої групи з чисельністю мешканців біля 600 осіб, можна виробити від 0,5 до 0,7 млн. Гкал, що складає 5,8...8,2 % потенціальної частки ТПВ у відпущеному підприємствами теплокомуненерго (ТКЕ) теплової енергії населенню. В містах другої групи – від 1,1 до 1,5 млн. Гкал, що складає 6,7...9,5 %, в містах третьої групи – від 1,9 до 2,7 млн. Гкал, що складає 5,1...7,2 %. Тобто, використання ТПВ для виробництва теплової енергії підприємствами ТКЕ для потреб населення може замінити від 400 до 600 млн. м³ природного газу, або 5...8 % від по-

треб ТКЕ.

Для населених пунктів першочергове завдання – знаходження найбільш простого, економічно доцільного шляху повного усунення відходів з виробленням максимально можливої кількості теплової та електричної енергії.

Вважаємо за доцільне впровадження ТЕЦ на ТПВ для міст з чисельністю населення більше, ніж 700 тис. осіб, а для міст з чисельністю населення більше 100 тис. осіб – встановлення когенераційних сміттєспалювальних модулів, вироблених на вітчизняному обладнанні, з виробництвом теплової енергії в опалювальний сезон та електричної енергії в неопалювальний сезон.

Для реалізації цієї концепції необхідно:

- залучити інвесторів для закупівлі ТЕЦ на ТПВ найкращих світових практик, система очистки викидів яких має відповідати Директиві 2010/75/ЄС;

- створити підгалузь, здатну розробити технологію та організувати виробництво сміттєспалювальних модулів, утилізаційного та газоочисного обладнання для невеликих і середніх населених пунктів для комплексної

переробки ТПВ та утилізації їх енергетичного потенціалу, чим, зокрема, створити нові робочі місця.

Для реалізації цього рішення необхідно внести зміни до проекту «Загальнодержавної програми поводження з відходами на 2013 – 2020 роки» [7] щодо пріоритетного впровадження ТЕЦ на ТПВ та прискорити прийняття закону України «Про затвердження Загальнодержавної програми поводження з відходами на 2013 – 2020 роки» відповідно до якого має бути створено інфраструктуру поводження з відходами, наближену до вимог законодавства Європейського Союзу.

Також необхідно визначити ТПВ як альтернативне джерело енергії та внести відповідні зміни до закону України «Про альтернативні джерела енергії». Очевидно, що надання «зеленого» тарифу на теплову енергію та внесення відповідних

змін до закону України «Про теплопостачання» сприятиме залученню інвестицій та стимулюванню суб'єктів господарювання використовувати ТПВ для виробництва теплової енергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. *What a Waste*. A Global Review of Solid Waste Management. - World Bank, 2012. – 98 p.
2. <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=247612342>.
3. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>.
4. www.minjust.gov.ua/file/33301.
5. zakon.rada.gov.ua/go/187/98-вр.
6. zakon.rada.gov.ua/go/5402-17.
7. http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/NT0577.html.

APPROACHES TO THE PROBLEM OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN THE WORLD AND IN UKRAINE

Pavliuk N.Y., Sigal O.I.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, vul. Zhelyabova, 2a, Kyiv, 03680, Ukraine

Municipal solid waste (MSW) is an important energy resource for combined heat and power (CHP) production.

The article discusses approaches to the disposal of municipal solid waste in the world and the EU. It was determined that the priority for Ukraine is to use the energy potential of MSW for the production of thermal energy for the needs of the population, which will help to replace the appropriate amount of natural gas. There is a concept introduced to implement MSW at CHP in Ukrainian cities with

different amount of population.

References 7, tabl. 9.

Key words: municipal solid waste, Waste-to-Energy, CHP by MSW

1. *What a Waste*. A Global Review of Solid Waste Management. - World Bank, 2012. – 98 p.
2. <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=247612342>
3. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>
4. www.minjust.gov.ua/file/33301
5. zakon.rada.gov.ua/go/187/98-вр
6. zakon.rada.gov.ua/go/5402-17
7. http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/NT0577.html

Получено 16.04.2015

Received 16.04.2015