

Т. М. Довга,

аспірант, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

## ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕЦИКЛІНГУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

---

*У статті розглянуто проблеми утилізації твердих побутових відходів за допомогою існуючих систем та оснащення. Запропоновано інноваційний підхід до рециклінгу відходів побуту за допомогою впровадження економічно ефективної технології на основі сучасного обладнання. Результатом цього є виробництво малозатратної та високопродуктивної теплової енергії.*

*The article deals with disposal of solid waste with the help of existing systems and equipment. The author has offered the innovative approach to recycling household waste by implementing economically effective technology based on modern equipment. The production of low cost and high-heat was found out as the result of such kind of recycling.*

---

*Ключові слова: тверді побутові відходи, рециклінг, технологія "Термоудар".*  
*Key words: domestic solid waste, recycling, technology "Thermal shock".*

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

З кожним роком в столиці України, як і в інших містах, все гостріше стоять проблеми теплозабезпечення. За даними Київської міської державної адміністрації (КМДА), в м. Києві понад 51,5% обладнання і трубопроводів теплових мереж виробили свій нормативний ресурс, близько 90% прокладено за застарілими технологіями. При цьому 70% теплових пунктів експлуатуються понад нормативних 25 років. Протягом останніх 5 років кількість їх пошкоджень збільшилось на 50% та постійно зростає. Наслідком цього є утворення в місті прориву теплотрас щогодини. Нині дефіцит теплової енергії складає 900 Гкал/год. Якщо проблему не вирішувати, то обсяг дефіциту зросте до 1,5 тис. Гкал/год. [1].

Пріоритетним напрямом вирішення цієї проблеми може бути рециклінг твердих побутових відходів, коли в результаті їх переробки отримується тепла енергія високої калорійності. Тому, зважаючи на негативний стан послуг теплозабезпечення м. Києва, важливим пріоритетом стала розробка ефективної схеми виробництва такої теплової енергії. Її невід'ємною частиною має стати програма енергозбереження та утримання стабільної вартості без зростання тарифів. У зв'язку з цим питання модернізації існуючих об'єктів системи теплопостачання необхідно розглядати, перш за все, із

точки зору залучення альтернативної енергетики та економії природних ресурсів. З цією метою в місті пропонують впровадити альтернативні види палива. Так, наприклад, використання тепла міських стоків дасть змогу зекономити 500 млн м<sup>3</sup> газу. За даними КМДА, виділено 5 млн грн. на розробку та впровадження проектів зі спалювання біопалива на окраїнах міста та використання сонячних батарей для басейну "Юність".

У зв'язку з постійним зростанням споживання природних матеріалів та надшвидким скороченням ресурсів увага світових наукових досліджень спрямована на економію сировини та повторне її використання. Вичерпність природного капіталу та зростання вартості матеріальних ресурсів створює умови для пошуку альтернативних джерел сировини та енергії. Актуальність даної проблеми пояснюється тим, що в контексті світової економічної кризи та катастрофічного стану довкілля дуже мало приділяється уваги переробці побутових відходів в Україні. Нині цей напрям на вітчизняних теренах є дуже привабливим з точки зору накопичених обсягів сміття та їх низької вартості в якості ресурсу для повторного споживання. В таких умовах значно зростає роль рециклінгу не лише як джерела для отримання вторинної сировини, а й як способу захисту та очищення довкілля від шкідливого впливу відходів.

**Таблиця 1. Динаміка виробництва теплової енергії енергокомплексу "Київенерго", м. Київ**

Структурні підрозділи енергокомплексу	Теплофікаційна потужність, Гкал/год.	Вироблено теплової енергії, млн Гкал.			Темп приросту, 2010 до 2008р., %
		2008	2009	2010	
Філія «Теплові мережі»	3106,00	4,60	4,92	5,04	+9,6
ТЕЦ-5	1874,00	4,18	4,08	4,54	+8,6
ТЕЦ-6	1740,00	3,38	3,13	3,58	+5,9
Філія «Житлотепло-енерго»	1726,00	1,91	1,92	2,04	+6,8
Завод «Енергія»	104,00	0,10	0,10	-	-
<b>Всього</b>	<b>x</b>	<b>14,17</b>	<b>14,1</b>	<b>x</b>	<b>x</b>

\*Розраховано автором за матеріалами [2].

Мета дослідження — удосконалення існуючих систем переробки сміття на основі запровадження сучасних, прогресивних технологій виробництва теплової енергії та виявлення еколого-економічної ефективності від запровадження сучасних технологій рециклінгу твердих побутових відходів.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблеми утилізації побутових відходів для України є надзвичайно актуальними. Питання застосування рециклінгу цих відходів, енергозатратність технологій, обсяги шкідливих викидів та економічна ефективність нині залишаються дискусійними. Вирішенню проблем поводження з побутовими відходами присвячено праці як вітчизняних, так і зарубіжних вчених: О.Ф. Балацького, Л.Г. Мельника, В.Г. Петрука, Ю.Ю. Туниці, В.Я. Шевчука, Н. Робінсона та інших.

Поряд з цим використання відходів у якості вторинної сировини в Україні не до кінця досліджене. Недостатньо обґрунтовано доцільність впровадження сучасних технологій щодо зменшення забруднення довкілля та економії ресурсів. Вимагають додаткового вивчення методи переробки відходів з утворенням теплової енергії на екологічно безпечній основі. Це вимагає проведення додаткових досліджень у цій сфері та обрахунку економічної та екологічної ефективності рециклінгу побутових відходів в Україні.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Вирішення проблеми забезпеченості сировиною на національному рівні в Україні можна шляхом формування ринку вторинних ресурсів. Його основою стануть продукти переробки, які в якості вторинної сировини зможуть частково забезпечити виробництво певних видів продукції. Вже досить поширене виробництво паперу, паперового посуду, тари, теплоізоляційного матеріалу — ековати, деяких волокнистих і полімерно-паперових плит та інших будівельних матеріалів із перероблених відходів, які не потребують значних матеріальних вкладень. Порівняно з іншими товарами вони є дешевшими і вимагають лише енергетичних витрат. Якщо розвивати ринок товарів із сировини рецикльованих твердих побутових відходів разом із впровадженням альтернативної енергетики, то результат з точки зору економії ресурсів та коштів буде ефективнішим.

Результатом рециклінгу відходів побуту може бути не лише виробництво певного виду товару, а й надання окремих видів послуг. Поряд зі створенням продукції із вторсировини рециклінг сміття включає виробництво електроенергії, газу, палива, а також теплової енергетики як продукту з високою потужністю. Суть такого методу полягає в цільовій переробці побутового сміття за допомогою спеціального устаткування та технології. Його запровадження зможе вирішити проблему обігріву помешкань багатьох міст України, а особливо м. Києва, де ця проблема стоїть надто гостро.

Головним напрямом інвестування, який зможе вирішити дві існуючі в місті проблеми — накопичення відходів та нестача теплової енергії — може стати метод переробки твердих побутових відходів на заводі "Енергія". Це є однією з основних перспектив отримання дешевшої теплової енергії. Запровадження його в м. Києві дозволить додатково отримати 270 тис. Гкал/год.

Щороку в м. Києві за рік утворюється приблизно 1 млн т твердих побутових відходів (ТПВ). Майже половину з них складають харчові відходи, а інші 50% — це поліетилен, пластмаса, гума, скло, метали, деревина — є цінними складовими, які через відсутність роздільного збирання, служб із сортування та складування не утилізують і без переробки заховують. Тому за допомогою сучасних технологій переробки сміття на сміттєспалювальних заводах можна отримати додаткове, екологічно безпечне джерело теплової енергії, яке сприятиме вирішенню проблеми утворення полігонів та пов'язаних з цим проблем. Слід зазначити, що введення в експлуатацію заводу дозволило припинити експлуатацію двох київських полігонів. До 2007 р. на заводі "Енергія" було перероблено 3557 тис. т, або 14,2 млн м<sup>3</sup> твердих побутових відходів, вилучено із шлаку 14571 т металобрухту, реалізовано споживачам 252 тис. Гкал теплової енергії у вигляді пари та гарячої води. Найбільшу кількість побутового сміття масою 235 тис. т знешкодили у 2006 р. Нині завод "Енергія" переробляє щороку до 25% твердих побутових відходів, що утворюються у м. Києві [1].

Відповідно до статутних документів, київський сміттєспалювальний завод "Енергія" належить до складних інженерних об'єктів та входить до енергокомплексу "Київенерго", що забезпечує повний цикл енергопостачання м. Києва, з єдиним процесом виробництва, транспортування і збуту теплової та електричної енергії. Показники виробництва теплової енергії в м. Києві наведено в табл. 1.

У 2009 році Київенерго виробила 14,1 млн Гкал теплової енергії, що на 0,5% менше від аналогічного показника попереднього року. Зменшення виробітку теплової енергії зумовлено більш високою середньою температурою повітря у 1-му кварталі 2009 р. та обмеженнями газопостачання теплоджерел компанії.

Завод "Енергія" — один з двох діючих сміттєспалювальних заводів України. Потужність підприємства дозволяє переробляти близько 250 тис. т побутових відходів щороку, при цьому виробляючи теплову енергію для потреб споживачів. У 2009 р. підприємством було перероблено 184,7 тис. т сміття, що на 20,3% менше показника попереднього року. Такий стан виник через недотримання перевізниками відходів зобов'язань, які покладаються на них під час отримання дозволу на надання цього виду послуг. Умовою їх діяльності є постачання визначеного ліміту відходів для потреб заводу. Проте протягом 2009 р. на завод перевізниками було поставлено лише 57,2% від загального обсягу запланованого сміття. Поряд з цим, київляни отримують лише 54% від загальної кількості виробленого тепла в місті, що зумовлено високим рівнем зношеності теплотрас. Щоб вирішити цю проблему, слід детально осучаснити існуюче обладнання на заводі та запровадити нові технології з виробництва теплової енергії з побутового сміття.

Для України такий метод рециклінгу побутових відходів є досить прийнятним, адже він не потребує інвестицій на встановлення новітніх технологічних ліній для

виробництва продукції, а тепло-ва енергія рецикльованих відходів зможе забезпечити постійний обігрів помешкань декількох житлових районів м. Києва. Це одночасно допоможе вирішити проблему накопичення відходів побуту, адже на території Київської області налічується 388 полігонів та звалищ загальною площею 625,3 га, з яких 155 (65,6 га) є несанкціонованими. Тим часом сміттєспалювальний завод потребує вагомих коштів для реконструкції та модернізації. Загальна вартість таких заходів становить 250 млн грн., з яких більше 100 млн грн. направлять на створення системи очищення газових викидів від шкідливих речовин.

Для підвищення ефективності переробки побутового сміття у м. Києві пропонується оновити обладнання на заводі "Енергія", встановивши обладнання для використання технології "Термоудар". Розроблена російськими вченими на ВАТ "НПФ "Енергія" (м. Москва) та пропонується технологія Термоудару (високошвидкісного низькотемпературного піролізу твердих побутових відходів), зможе повністю вирішити екологічні проблеми міста, тому що в її основі лежать принципово нові технологічні підходи. Сутність їх в тому, що процес рециклінгу ТПВ проходить за модульною схемою, де попередньо відсортований та подрібнений матеріал просушують (без втрати вологи, яка очищується, збирається та використовується в роботі заводу), а потім за допомогою процесу окислення чи піролізації отримують корисні продукти — висококалорійний піролізний газ та цінний вуглеподібний залишок. Останній служить сировиною для виробництва добрив та використовується в будівній галузі. А піролізний газ можна використовувати для отримання теплової енергії як для власного споживання, так і для продажу. При цьому завдяки окисленню та камері мідної каталізації газоочищення всі шкідливі речовини виділяються в твердий залишок, а їх викиди, включаючи діоксини, практично рівні нулю [3].

Техніко-економічна оцінка проекту Теплоудару передбачає його окупність за 2,5 роки з моменту пуску підприємства, а вартість проекту 6 млн євро. Результатом його впровадження має стати отриманий ефект: поліпшення санітарного стану міста, покращення екологічної обстановки, значне (більш ніж у 10 разів) зниження витрат на поховання відходів і ліквідацію екологічних наслідків зберігання відходів, значне (більш ніж у 10 разів) уповільнення розширення земельних площ, займаних полігонами для поховання відходів отримання корисних продуктів (піролізного горючого газу, гарячої води і вуглеподібного залишку) і, як наслідок, збільшення потоку прибутку, одержуваної від реалізації цих продуктів.

Для порівняння доцільності інвестиційних вкладень в застарілі технології заводу "Енергія" нами пропонується короткі розрахунки та опис техніко-технологічних характеристик обладнання для установок інноваційної для України технології термоудару. Переробний комплекс складається з модулів, кількість яких може бути необмеженою. Його територія може становити до 2 га, але мінімальна потреба одного модуля складає 0,4 га. Для переробки 50 тис. т/рік необхідно 5 модулів, які повністю здатні працювати автономно та можуть бути споруджені поетапно. Санітарна зона навколо комплексу повинна складати 500 м, що не суперечить вимогам санітарно-епідеміологічної служби. Кінцевою продукцією комплексу з переробки ТПВ є висококалорійний піролізний газ — пальне, гаряча пара та вуглеподібний про-

**Таблиця 2. Очікуваний дохід від виробництва гарячого пару (t 300 °C), отриманого шляхом переробки ТПВ, грн.**

Порядок розрахунку	Розрахунок	Результат
Переробка вхідної сировини за добу (2 зміни*8год)	2 т/год * 16 год	32 т/добу
Обсяг води у вхідній сировині (40% - середня частка вмісту води)	32 т/добу * 40%	12,80 т
Розрахунок вартості води, отриманої в результаті переробки вхідної сировини (6,74 – вартість 1 м <sup>3</sup> води для юридичних осіб)	12,80 т * 36,0	460,800 грн
Розрахунок вартості води, отриманої в результаті переробки вхідної сировини за рік	460,80 * 300	138240,00 грн

\* Розраховано автором за матеріалами [3].

дукт — матеріал для будівельної індустрії (чи добриво).

Економічним підґрунтям впровадження вищевказаної технології стають розрахунки рентабельності та окупності наведеного нижче проекту. Вихідною умовою розрахунків є один комплекс із продуктивністю переробки ТПВ 2 т/год., або 10 тис. т/рік. У заключній частині наводяться розрахунки для комплексу, що складається з п'яти установок для заявленої потужності 50 тис. т/рік. Слід зазначити, що наведений розрахунок очікуваного прибутку слід здійснювати для трьох видів вихідного продукту окремо (табл. 2—4).

Відповідно до нормативної документації, на власні потреби комплекс використовує 20% пари. Тоді дохід від рециклінгу ТПВ з утворенням гарячого пару, який можна буде продавати та який можна використовувати для різних цілей складатиме 110592,00 грн./рік.

Крім гарячого пару, продуктом рециклінгу ТПВ є висококалорійний піролізний горючий газ. В порівнянні з генераторним, калорійність якого становить 1500—2000 Ккал/м<sup>3</sup>, калорійність піролізного газу в 2—2,5 рази вище і складає 4500—5000 Ккал/м<sup>3</sup>. Його прибутковість наведено в табл. 3.

Аналогічно до пару, на власні потреби комплекс використовує 20% газу. Тому дохід від продажу результату рециклінгу ТПВ у формі висококалорійного піролізного газу, який можна використовувати для різних цілей, становитиме 364247,6 євро/рік.

Результатом роботи комплексу з переробки ТПВ є також вуглеподібний продукт, який може бути використаний в будівельній промисловості в якості крихти-наповнювача. Також він використовується і як висококалорійна добавка до сухих видів палива та має високу калорійність — 7200 Ккал/кг. Його прибутковість наведено в табл. 4.

Отже, дохід від рециклінгу ТПВ з утворенням вуглеподібного продукту складе 81600 грн./рік.

Пропоновані переробні лінії повністю забезпечують власні технологічні потреби в теплі, парі й практично повністю — в електроенергії. Позитивним моментом є те, що при таких способах переробки відходів можливе поетапне введення заводу в експлуатацію, оскільки лінії можна поєднувати. Максимальна проектна потужність складає 50 тис т/рік. Вихід на проектну потужність може проходити поетапно завдяки модульному принципу комплексу. Нарощування продуктивності починається з 10 тис. т/р., далі відповідно 20, 30, 40 і 50 тис. т/р. Модульна схема зручна ще й тим, що залучені інвестиції витрачаються поступово, частина з них починає окупатися у момент введення в експлуатацію 2, 3 і т.д. черги. Для невеликих населених пунктів і міст може бути кращою саме мала потужність комплексу, і тоді таке виробництво доцільно буде вводити в дію, а високі витрати на утримання заводу великої потужності не ляжуть важким тягарем на місцевий бюджет. Вартість основного обладнання комплексу потужністю 50 тис. т/рік представлено в табл. 5.

При цьому затрати на переробку ТПВ при викорис-



**Таблиця 3. Очікуваний дохід від виробництва висококалорійного піролізного горючого газу, триманого шляхом переробки ТПВ, грн.**

Порядок розрахунку	Розрахунок	Результат
Переробка вхідної сировини за добу (2 зміни*8год)	2 т/год * 16 год	32 т/добу
Обсяг органіки у вхідній сировині (50% - середній обсяг вмісту органіки)	32 т/добу * 50%	16,0 т
Перерахунок в літри для потреб газу (0,8 - коефіцієнт переведення в літри для газу)	16000 кг * 0,8	12800 л
Вартість виробленого газу в день (1,36 - середня вартість розфасованого генераторного газу)	12800 л * 1,36 грн.	17408,00 грн.
Розрахунок вартості газу, отриманого в результаті переробки вхідної сировини за рік	17408 грн. * 300	5222400,00 грн.

\* Розраховано автором за матеріалами [3].

**Таблиця 4. Очікуваний дохід від виробництва вуглеподібного продукту, триманого шляхом переробки ТПВ, грн.**

Порядок розрахунку	Розрахунок	Результат
Переробка вхідної сировини за добу (2 зміни*8год)	2 т/год * 16 год	32 т/добу
Обсяг неорганіки у сировині, що виділяється в вуглеподібний продукт (10% - середній обсяг неорганіки)	32 т * 10%	3,2 т
Вартість створеного продукту (85 грн. - середня ринкова вартість)	3,2 т * 85 грн.	272,00 грн.
Вартість створеного вуглеподібного продукту за рік	272,0 * 300	81600,00 грн.

\* Розраховано автором за матеріалами [3].

**Таблиця 5. Характеристика комплексу з переробки ТПВ з використанням технології "Термоудару"**

Обладнання	Кількість	Вартість, млн грн.
Лінія ручного сортування	1	5,00
Камера сушки	5	0,90
Камера нагрівання	5	1,10
Дробарка	5	4,00
Камера окислення	5	9,00
Блок мідної каталізації	5	13,50
Допоміжне обладнання, конвектори	x	8,30
Система автоматичного управління	x	8,00
Проектно-технічна документація	1	5,20
Інсталяція, пуско-налагодка комплексу та навчання персоналу	x	5,00
Всього	x	60,00

\* Узагальнено автором за матеріалами [3].

танні такого комплексу за рік складуть близько 300 тис.євро. Термін окупності пропонованого проекту становить 2,5 роки. Враховуючи внутрішню норму прибутковості (40%), а також слабку залежність від локальних коливань ринкової ситуації з рециклінгу ТПВ є привабливим для інвестування в сучасних умовах і має мінімальний інвестиційний ризик [4].

### ВИСНОВКИ

Технологія "Термоудар" як метод переробки відходів є високорентабельним з точки зору залучення інвестицій і високоефективним з точки зору технології, що лежить в основі діяльності комплексу. Проблему фінансування таких проектів можна вирішити, скориставшись досвідом високорозвинених країн. Там джерелами коштів на реалізацію екологічних програм, окрім бюджетного фінансування, виступають окремі екологічні податки, штрафи і збори за фактичне забруднення довкілля фізичними та юридичними особами. Ресурси накопичуються у спеціальних екологічних фондах і мають програмно-цільове використання на науково-технічні екологічні розробки, реалізацію екологічних програм, фінансування природоохоронних заходів. Відомо, що розміри таких штрафів в європейських країнах надто великі, і це, без сумніву, залишає відбиток на діяльності підприємства, а за їх несплату загрожує кримінальна відповідальність. В Україні система екологічних штрафів

поки що практично не діє. Тим часом досвід Сполучених Штатів Америки показує, що розміри екологічних штрафів можуть досягати декількох сотень мільйонів доларів. На ці кошти в Україні можливо реалізувати навіть найсміливіші екологічні проекти.

Крім того, будівництво та облаштування вищенаведених переробних комплексів як у великих, так і в малих містах, а також селищах повністю дасть змогу вирішити ряд найважливіших проблем муніципального характеру. Весь запропонований комплекс та продукти його діяльності екологічно безпечні, тому відсутні викиди в повітря шкідливих речовин, що є характерною особливістю для технології "Термоудару". Комплекс має повністю автономне забезпечення електроенергією, теплом та гарячою водою, має можливість продавати продукти переробки промисловим об'єктам, а також задовольняти потреби населення. До переваг цього методу можна віднести очищення території від ТПВ, знищення діючих полігонів та запобігання утворенню нових. Відбуватиметься економія бюджетних коштів за рахунок мінімізації витрат на вивіз ТПВ та їх переробку на стороні.

Для м. Києва запропонований проект буде дуже вигідним з точки зору залучення інвестицій, оскільки використання високоефективної технологічної лінії з переробки ТПВ у масштабах міста дозволить збільшити обсяги сировини для вторинної переробки ТПВ до 100%, значно поліпшити екологічний стан; знизити обсяги необроблених побутових відходів, що вивозяться на полігони; виключити витрати, пов'язані з ліквідацією екологічних наслідків поховання відходів; сповільнити (а в подальшому, при широкому використанні таких комплексів, призупинити) процес розширення земельних площ, що відводяться для поховання відходів. Крім того, його впровадження дозволить забезпечити тепловою енергією декілька житлових районів та вирішити проблему обігріву помешкань.

### Література:

1. Київська влада візьметься за модернізацію системи тепlopостачання [Електронний ресурс]: за даними Київської міської державної адміністрації. — Режим доступу: <http://www.kmv.gov.ua/news.asp?IdType=1&Id=224032>.
2. Річний звіт АК "Київенерго" за 2010 рік.
3. Переработка твердых бытовых отходов [Електронний ресурс]: за даними Компанії ООО НПФ "Енергія". — Режим доступу: [http://www.energyresearch.ru/tbo\\_rus/](http://www.energyresearch.ru/tbo_rus/).
4. Владимир Артемов. Столицу обеспечат качественным теплом // Комсомольская правда в Украине. — № 315. — С. 3.

Стаття надійшла до редакції 31.05.2011 р.