

УДК 662.65:622'11(477.53)+628.474]-913.2:662.641
DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.2-65.48>

ВОЛОГІСТЬ ТА ЗОЛЬНІСТЬ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ І ТОРФУ РОДОВИЩ ПОЛТАВЩИНИ

Серга Т.М., Голік Ю.С.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
пр. Віталія Грицаєнка, 24, 36011, м. Полтава
tetjanaserga@gmail.com, golik38@i.ua

Постійне зростання обсягів утворення відходів на території Полтавської області та переважно застосування технологій їх видалення, призводить до подальшого збільшення кількості сміттєзвалищ. Водночас, в результаті видалення побутових відходів на сміттєзвалища, втрачаються значні обсяги ресурсоцінних матеріалів, які можуть бути вторинною сировиною та замішувати традиційні невідновлювані природні ресурси. Тому, на сьогодні все більш актуальним стає перехід до нових форм управління побутовими відходами, зокрема, на регіональному рівні, які здійснюють акцент на технології відновлення відходів задля оптимального використання їх ресурсного потенціалу та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Поряд з цим, залишаються задачі, які окреслені концепцією сталого розвитку: зниження викидів парникових газів, зменшення використання викопних невідновлюваних видів палива, зниження маси побутових відходів та площ, зайнятих полігонами й звалищами, рециклінг відходів.

У статті наведено результати експериментального дослідження вологості та зольності побутових відходів і торфу родовищ Полтавщини як важливих фізико-хімічних показників, що визначають ефективність їх енергетичного використання. Метою дослідження є оцінювання та порівняльний аналіз вологості й зольності побутових відходів і торфу для визначення їх придатності до формування композиційних сумішей. У роботі використано експериментальні методи визначення вологості та зольності з подальшим узагальненням і аналізом отриманих результатів.

Встановлено, що окремі фракції побутових відходів характеризуються підвищеною вологістю та значною варіативністю зольності, що негативно впливає на їх теплотехнічні характеристики. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технологій перероблення побутових відходів, підвищення ефективності їх енергетичного використання та зменшення екологічного навантаження на довкілля. *Ключові слова:* побутові відходи, торф, вологість, зольність, регіон, фізико-хімічні властивості, термічне перероблення, сталий розвиток, композиційна суміш.

Moisture and ash content of domestic waste and peat from deposits in the Poltava region. Serha T., Holik Yu.

The steady increase in waste generation in the Poltava region, coupled with the predominant use of disposal technologies, is leading to a further rise in the number of landfills. At the same time, the disposal of household waste in landfills results in the loss of significant amounts of valuable materials that could serve as secondary raw materials and replace traditional non-renewable natural resources. Therefore, the transition to new forms of household waste management is becoming increasingly relevant today, particularly at the regional level, with a focus on waste recovery technologies to optimize the use of their resource potential and reduce the negative impact on the environment. At the same time, the challenges outlined by the concept of sustainable development remain: reducing greenhouse gas emissions, decreasing the use of non-renewable fossil fuels, reducing the volume of municipal waste and the land area occupied by landfills and dumpsites, and recycling waste.

This article presents the results of an experimental study of the moisture content and ash content of municipal solid waste and peat from deposits in the Poltava region as important physicochemical indicators that determine the efficiency of their use for energy production. The aim of the study is to evaluate and conduct a comparative analysis of the moisture content and ash content of municipal solid waste and peat to determine their suitability for forming composite mixtures. The study employs experimental methods for determining moisture content and ash content, followed by a synthesis and analysis of the results.

It was found that certain fractions of municipal solid waste are characterized by high moisture content and significant variability in ash content, which negatively affects their thermal properties. The results obtained can be used to optimize household waste processing technologies, improve the efficiency of their energy utilization, and reduce the environmental impact. *Key words:* municipal solid waste, peat, moisture content, ash content, region, physicochemical properties, thermal processing, sustainable development, composite mixture.

Постановка проблеми. Сучасний стан системи поводження з побутовими відходами в Україні характеризується низьким рівнем їх перероблення та захороненням на полігонах. При цьому, значна частка побутових відходів має високий вміст вологи та мінеральних домішок, що безпосередньо впливає на їх енергетичну цінність та вибір технологій пере-

роблення. Особливої уваги потребує дослідження фізико-хімічних характеристик відходів, зокрема вологості та зольності, які є ключовими параметрами при обґрунтуванні ефективних способів їх термічного перероблення. Паралельно, торф родовищ Полтавщини розглядається як альтернативний енергетичний ресурс, який може бути використаний



як самостійне паливо або як компонент композиційних паливних сумішей разом із побутовими відходами. Однак недостатньо вивченими залишаються питання порівняльного аналізу вологості та зольності торфу і побутових відходів.

Актуальність дослідження. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності використання вторинних ресурсів та зменшення негативного впливу відходів на довкілля. В умовах енергетичної нестабільності та зростання вартості традиційних енергоносіїв особливого значення набуває пошук альтернативних джерел енергії, серед яких важливе місце займають побутові відходи та місцеві паливні ресурси, зокрема торф [1].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Авторський доробок спрямований на вирішення актуальних наукових і прикладних завдань у сфері раціонального природокористування, енергозбереження та екологічно безпечного поводження з відходами. Отримані результати досліджень можуть бути використані при розробленні науково обґрунтованих підходів до формування композиційних сумішей на основі побутових відходів і торфу, а також при створенні та модернізації технологій їх перероблення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика дослідження фізико-хімічних властивостей побутових відходів, зокрема їх вологості та зольності, активно висвітлюється у сучасних наукових працях, оскільки ці показники визначають ефективність подальшого перероблення та енергетичного використання відходів. У роботах, присвячених поводженню з побутовими відходами, підкреслюється, що їх морфологічний склад і вологість суттєво впливають на процеси ущільнення, транспортування та первинне оброблення. Зокрема, встановлено залежність технологічних параметрів ущільнення від вологості відходів, що підтверджує необхідність її врахування при проектуванні обладнання та технологій [2]. Дослідження у сфері енергетичного використання відходів показують, що вологість і зольність є визначальними характеристиками при формуванні композиційних сумішей з побутових відходів. Вони впливають на теплотвірну здатність, стадії термічного розкладання та ефективність спалювання, що обґрунтовує необхідність їх детального вивчення [3]. Окрему увагу дослідники приділяють торфу як регіональному паливному ресурсу. Встановлено, що його властивості, зокрема зольність і ступінь розкладу, суттєво варіюються залежно від умов формування родовищ, що впливає на можливості його використання в енергетиці як паливних сумішей [4]. Разом з тим, у сучасних дослідженнях розглядається можливість створення композиційних сумішей на основі побутових відходів і торфу. Зокрема, експериментально доведено доцільність їх сумісного використання для отримання теплової енергії [5].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на наявність значної кількості наукових досліджень, присвячених фізико-хімічним властивостям побутових відходів та торфу, ряд важливих аспектів залишається недостатньо вивченим і потребує подальшого наукового обґрунтування. На сьогодні відсутній комплексний підхід до оцінювання вологості та зольності побутових відходів і торфу саме в умовах Полтавського регіону, що обмежує можливості їх ефективного спільного використання. Отже, вирішенню зазначених питань присвячена дана стаття.

Новизна. У статті вперше отримано та узагальнено результати комплексного дослідження вологості та зольності побутових відходів і торфу родовищ Полтавщини як потенційної сировини для енергетичного використання. Отримані результати розширюють наукову базу у сфері технологій перероблення побутових відходів й альтернативної енергетики, і можуть бути використані для подальших досліджень та практичного впровадження.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічне значення отриманих результатів полягає у формуванні комплексного підходу до оцінювання фізико-хімічних властивостей побутових відходів і природної паливної сировини, зокрема торфу, на основі системного аналізу їх вологості та зольності. Запропонований підхід дозволяє уніфікувати методи дослідження та забезпечити порівняльність результатів, що є важливим для подальшого розвитку технологій перероблення та енергетичного використання відходів.

Виклад основного матеріалу. Відбір проб горючих фракцій побутових відходів для визначення теплотехнічних та екологічних характеристик проводився на території сміттєзвалища селища Котельва Полтавського району Полтавської області (рис. 1). Метою відбору було отримання репрезентативних зразків, що найбільш повно характеризують склад побутових відходів та придатні для подальшого лабораторного аналізу з визначення вологості та зольності.

Для забезпечення достовірності результатів дослідження відбір здійснювали з урахуванням морфологічної неоднорідності відходів та умов їх складування. Ділянки відбору визначали таким чином, щоб вони охоплювали різні частини сміттєзвалища, зокрема зони зі свіжими та частково ущільненими відходами. Це дозволило отримати більш об'єктивну характеристику складу побутових відходів.

Відбір проводили з поверхневого шару та з глибини приблизно 100 см, що дозволяло врахувати вплив процесів зволоження, ущільнення та часткового біологічного розкладання відходів. Підготовлені проби поміщали у поліетиленові пакети для запобігання втрати вологи та зміни фізико-хімічних властивостей до моменту проведення лабораторних



а)



б)

Рис. 1. а) сміттєзвалище селища Котельва; б) зважування дослідних зразків

досліджень. Надалі зразки використовували для визначення вологості та зольності побутових відходів за стандартними методиками.

Такий підхід до відбору та підготовки проб дозволяє отримати достовірні експериментальні дані щодо енергетичних характеристик побутових відходів та забезпечує коректність подальших розрахунків при оцінюванні можливості їх використання як компонентів композиційних палив.

Для дослідження було підготовлено зразки таких компонентів, як папір і картон, глянцева папір, пластик: поліпропілен та поліетилен, текстиль синтетичний, дерев'яні вироби й торф (рис. 2). Попереднє підготування побутових відходів і торфу до експериментального дослідження включало сортування та подрібнення зразків.

Вологість палива впливає на процес спалювання, оскільки висока вологість знижує теплотворну здатність досліджуваних зразків палива, ускладнюючи цим процес горіння. Зольність палива – це критичний показник, висока зольність може вказувати на значну кількість неспалених речовин і, відповідно, на низьку температуру згорання.

Визначення вологості побутових відходів і торфу проводилося термостатичним методом [6]. Метод заснований на висушуванні наважки палива в сушильній шафі при температурі 105-110°C та обчисленні втрати маси. Зольність досліджуваних зразків визначено за допомогою методу повільного озолення у електропечі муфельній СНОЛ 1,6,2,5.1./11М1У4,2 [7]. Даний метод полягає в тому, що початкову температуру муфельної печі збільшують протягом 30 хв до 250 °С, через наступні 30 хв – до 500 °С та ще протягом 1 години – до 800 °С. Методика визначення зольності побутових від-

ходів передбачає вимірювання кількості неорганічного (мінерального) залишку після повного згорання зразка побутових відходів. Зольність є важливим показником при оцінці енергетичного потенціалу відходів, оскільки зола не згорає і не дає енергії.

Вагу досліджуваних зразків до та після висушування визначено за допомогою аналітичних ваг з точністю до 0,0001 г (рис. 3). Використовуючи програмне забезпечення Microsoft Excel, результати оброблених даних дослідження вологості наведені у таблиці 1 і таблиці 2.

Експериментальні дослідження таблиці 1 показують, що такі компоненти як текстиль (15,438%), папір глянцева (13,176%) й деревина (12,816% й 11,743%) мають найвище значення вологості порівняно з пластиком (4,821 й 6,047%). Це свідчить про своєрідну структуру зразків, що має здатність поглинати вологу. Тому рекомендовано висушувати вищенаведені компоненти перед використанням їх як палива для запобігання зниження теплотворної здатності. Низький вміст вологи торфу (7,267%) пояснюється тим, що для дослідження останній використовувався у спресованому вигляді.

Аналізуючи таблицю 2, можна зробити висновок, що найвище значення зольності має торф, який становить 17,072%. Це вказує на значний вміст неорганічних компонентів у торфі. Наступним за величиною показнику є папір глянцева (11,452%), який в своєму складі може містити значну кількість негорючих речовин (рис. 3).

Білий або сіро-коричневий колір свідчать, що в золі залишився низький відсоток вуглецю. Чорна зола свідчить про високий відсоток вуглецю, що залишився в золі. Тобто, зола є індикатором ефективності спалювання побутових відходів.



Папір і картон



Папір глянцевий



Поліетилен



Поліпропілен

Текстиль
синтетичний

Дерев'яні вироби



Торф

Рис. 2. Відібрані проби побутових відходів і торфу

Рис. 3. Вміст золи після прожарювання торфу (а)
та паперу глянцевого (б)

Головні висновки. У результаті проведеного дослідження вологості та зольності побутових відходів і торфу родовищ Полтавщини встановлено, що побутові відходи характеризуються підвищеною вологістю та значною варіативністю зольності, що обумовлено їх гетерогенним складом і сезонними коливаннями. Це негативно впливає на їх енергетичну цінність та ускладнює процеси термічного перероблення. Визначення вологості та зольності у побутових відходах і торфу важливе для розуміння ефективності процесу спалювання та потенційного впливу на довкілля, оскільки високе значення вологості знижує теплоту згорання, а високе значення зольності може збільшувати кількість шлаку та золи, що ускладнює управління відходами після їх спалювання. Таким чином, використання отриманих результатів сприятиме підвищенню ефективності ресурсозбереження,



Рис. 3. Аналітичні ваги ANG220C

Таблиця 1

Усереднені результати визначення вологості твердого палива

Показник	Вид палива							Торф ⁵
	Папір і картон ¹	Папір глянцевий	Пластик		Текстиль синтетичний ³	Деревина ⁴		
			поліпропілен (PP)	поліетилен (LDPE) ²		ясен	сосна	
Вологість, %	11,472	13,176	4,821	6,047	15,438	12,816	11,743	7,267

Таблиця 2

Усереднені результати визначення зольності твердого палива

Показник	Вид палива							Торф ⁵
	Папір і картон ¹	Папір глянцевий	Пластик		Текстиль синтетичний ³	Деревина ⁴		
			поліпропілен (PP)	поліетилен (LDPE) ²		ясен	сосна	
Зольність, %	5,011	11,452	0,85	1,012	1,364	2,321	1,233	17,072

Примітка:

¹ – папір та картон різного розміру та різної щільності непридатний для сортування як сировина через забрудненість;² – LDPE – поліетилен високого тиску, низької щільності;³ – шматки щільної тканини (синтетика);⁴ – дерев'яні вироби;⁵ – брикетований низинний торф.

розвитку альтернативної енергетики та впровадженню екологічно безпечних технологій поводження з відходами на регіональному рівні.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати дослідження вологості та зольності побутових відходів і торфу родовищ Полтавщини відкривають широкі можливості для їх практичного та наукового застосування. У практичній площині результати можуть бути використані для створення ефективних композиційних сумішей

на основі побутових відходів і торфу з покращеними теплотехнічними характеристиками й оптимізації процесів термічного перероблення з урахуванням вологості та зольності сировини. У науковому аспекті результати дослідження можуть слугувати основою для подальшого вивчення фізико-хімічних й енергетичних властивостей побутових відходів і торфу та розроблення математичних моделей прогнозування теплотвірної здатності та ефективності композиційних сумішей.

Література

- Голік Ю. С., Ілляш О. Е., Монастирський О. М., Чепурко Ю. В., Серга Т.М. Оцінка енергоресурсного потенціалу територіальних громад Полтавської області як складової енергетичної безпеки. *SCIENTIFIC RESEARCH IN THE MODERN WORLD* : Proceedings of III International Scientific and Practical Conference Toronto, Canada 12-14 January 2023. С. 205–215.
- Березюк О. В. Експериментальне визначення компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттевозі з урахуванням їхньої відносної вологості. *Наукові праці БНТУ*. 2019, № 4. С. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2019-4-43-49>.
- Корінчевська Т., Михайлик В., Снежкін Ю. Термічні характеристики палива з твердих побутових відходів. *Scientific Works*. 2023. № 87(1). С. 13–19. DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i1.2685>.
- Коніщук В. В., Шумигай І. В., Душко П. М., Мартиненко В. В. Моніторинг сучасного стану торфовищ Західного Полісся. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 53–62. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2024.314923.

5. Голік Ю. С., Серга Т. М. Експериментальне дослідження теплотворної здатності побутових відходів і торфу як твердого палива. *Збірник наукових праць НУК*. 2025. № 3 (501). С. 219–224. DOI: [https://doi.org/10.15589/znp2025.3\(501\).26](https://doi.org/10.15589/znp2025.3(501).26).
6. ДСТУ CEN/TS 15414-1:2021. Тверде відновлювальне паливо. Визначення вмісту вологи висушуванням. Частина 1. Загальна волога (CEN/TS 15414-1:2010, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=96976 (дата звернення: 26.03.2026).
7. ДСТУ EN ISO 21656:2021. Тверде відновлювальне паливо. Визначення вмісту золи (зольності) (EN ISO 21656:2021, IDT; ISO 21656:2021, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96978 (дата звернення: 26.03.2026).

Дата першого надходження статті до видання: 30.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026