

ОСОБЛИВОСТІ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ У МІСЬКИХ ТА СІЛЬСЬКИХ УМОВАХ ШВЕЙЦАРІЇ

Сараненко І.І.

Херсонський державний університет
вул. Шевченка, 14, 76018, м. Івано-Франківськ
saranenkoinna@gmail.com

Ефективне управління відходами є надзвичайно важливим для забезпечення екологічної стабільності та сталого розвитку. Стаття присвячена порівнянню моделей поводження з відходами в міських та сільських умовах на прикладі м. Сент-Галлена і сільської громади Ваттвіля у межах одного кантону Швейцарії й базується на аналізі морфологічного складу твердих побутових відходів, сезонних змін у їх утворенні, оцінці ефективності переробки й утилізації.

Місто Сент-Галлен вирізняється високорозвинутою централізованою інфраструктурою, що охоплює 100% населення. Використання біогазових установок дозволяє переробляти понад 40% органічних відходів, а спалювання залишкових відходів з виробленням енергії забезпечує економічну ефективність. Щорічна виручка від вторинної сировини і енергії становить близько 10 млн CHF. Інноваційні рішення, зокрема цифровий моніторинг наповненості контейнерів, впроваджено у 80% пунктів збору. Водночас високі витрати на утримання інфраструктури (15 млн CHF на рік) є викликом для міста.

Сільська громада Ваттвіль демонструє успіхи завдяки локальним рішенням, таким як компостування, що охоплює 95% органічних відходів. Незважаючи на обмежену інфраструктуру, 90% домогосподарств активно залучені до сортування сміття. Залежність від міських центрів для утилізації пластику, металу та електроніки збільшує витрати громади на транспортування до 25% місцевого бюджету. Сезонні коливання у складі відходів у Ваттвілі більш виражені: улітку частка органіки досягає 55%, тоді як у Сент-Галлені ці зміни становлять лише 5–7%.

Проведений аналіз підкреслює переваги й недоліки обох моделей. У Сент-Галлені ключовими є висока технологічність та економічна вигода, у Ваттвілі – ефективне використання локальних ресурсів та залучення громади. Виявлена необхідність розробки інтегрованих рішень, які враховують специфіку міських і сільських умов для оптимізації управління відходами.

Результати дослідження можуть бути використані для створення адаптованих стратегій поводження з відходами, розробки освітніх програм з підвищення екологічної свідомості та впровадження інноваційних технологій у регіонах з різною щільністю населення. *Ключові слова:* моделі поводження з відходами, м. Сент-Галлен, сільська громада Ваттвіль, переробка, органіки, біогаз, компостування, локальні рішення.

Features of waste management in urban and rural conditions of Switzerland. Saranenko I.

Effective waste management is critical to ensuring environmental stability and sustainable development. The article is devoted to the comparison of models of waste management in urban and rural conditions on the example of St. Gallen and the rural community of Wattwil within one canton of the Switzerland and is based on the analysis of the morphological composition of solid household waste, seasonal changes in its formation, and evaluation of the efficiency of processing and disposal.

The city of St. Gallen is characterized by a highly developed centralized infrastructure covering 100% of the population. The use of biogas plants makes it possible to process more than 40% of organic waste, and the incineration of residual waste with energy production ensures economic efficiency. The annual revenue from secondary raw materials and energy is about 10 million CHF. Innovative solutions, in particular digital monitoring of the fullness of containers, have been implemented in 80% of collection points. At the same time, high infrastructure maintenance costs (CHF 15 million per year) are a challenge for the city.

The rural community of Wattwil is showing success with local solutions such as composting, which covers 95% of organic waste. Despite limited infrastructure, 90% of households are actively involved in waste sorting. Dependence on city centers for recycling plastic, metal and electronics increases the community's transport costs to 25% of the local budget. Seasonal variations in the composition of waste in Wattwil are more pronounced: in summer, the proportion of organics reaches 55%, while in St. Gallen these changes are only 5–7%.

The conducted analysis emphasizes the advantages and disadvantages of both models. High manufacturability and economic benefits are key in St. Gallen, and efficient use of local resources and community involvement in Wattwil. The need to develop integrated solutions that take into account the specifics of urban and rural conditions to optimize waste management has been identified.

The results of the research can be used to create adapted waste management strategies, develop educational programs to increase environmental awareness, and implement innovative technologies in regions with different population densities. *Key words:* models of waste management, m. St. Gallen, Wattwil village, recycling, organics, biogas, composting, local solutions.

Постановка проблеми. Ефективне поводження з відходами є однією з ключових проблем сучасності. Збільшення кількості сміття та недостатність ресурсів для переробки і вторинного використання потребують створення ефективних моделей управління залежно від специфіки населеного пункту.

Актуальність дослідження. Зростаючі обсяги відходів, особливо в умовах урбанізації, є серйозним викликом для громад і місцевих урядів. У міських умовах необхідно забезпечити централізовану інфраструктуру для збирання та переробки сміття, тоді, як у сільських громадах виникає потреба у прийнятті локальних рішень, які враховують обмежені ресурси.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Стаття спрямована на оцінювання ефективності міських та сільських систем поводження з відходами; формування пропозицій для покращення інтеграції моделей поводження з відходами та пошуку шляхів щодо зниження екологічного впливу відходів на довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукова література активно висвітлює проблеми поводження з відходами протягом останніх десятиліть. Питанням безпеки присвятили свої роботи у 2012–2014 рр. вчені: Буряк Н.Б. [1], Ніканоров С.О. [2], Попович В.В. [3], Некос А.Н., Попович Н.В., Пресадько В.А., Уткіна К.Б. [4]; у 2022 році вплив освіти на інформування громадян, успішність впровадження практик сортування та переробки відходів досліджували Томчук М. та Томчук С. [5]. У монографії Ремез Н.С. розглянутий досвід України та світу поводження з відходами, наведені результати експериментальних досліджень та математичного моделювання процесів [6].

Закордонні науковці у своїх роботах величезну увагу приділяють проблематиці гарбології, централізованим підходам до утилізації сміття: роздільному збору та створенню заводів для переробки у містах; компостуванню органіки та повторному використанню матеріалів [7]. Виробництво енергії з твердих побутових відходів у країнах з низьким і середнім рівнем доходу вивчали Е.М. Dickson, А. Hastings, J. Smith (Нігерія) [8].

Серед вчених країн ЄС, відомі: Агнешка Понятовська, Моніка Кісіль і Даміан Панасюк (Республіка Польща) [9], Дебора Лаура Шнайдер, Анке Нойман Дженал, Райнер Ден (Швейцарська Конфедерація) [10], Костянтин Мірча Орлеску, Іоана Аліна Костеску (Румунія) [11], Надія Благоева, Ваня Георгієва, Деляна Дімова (Республіка Болгарія) [12], Вікторія Йордачі та Стела Чобу (Республіка Молдова) [13].

Наукові дослідження сприяють впровадженню інновацій у цій сфері, покращують екологічну ситуацію, стимулюють перехід до більш сталих моделей поводження з відходами.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. На сьогоднішній день недостатньо досліджений механізм взаємодії інтегрованих моделей для населених пунктів щодо утилізації складних фракцій. Внаслідок цього виникають питання щодо адаптації міських підходів до сільських громад; зменшення їх залежності від міської інфраструктури; розробка спільних практик взаємодії для покращення управління; визначення найбільш проблемних категорій відходів.

Новизна. У статті наведене детальне порівняння моделей поводження з відходами у міській та сільській громадах на основі гарбологічного аналізу,

на прикладі населених пунктів Швейцарії: Сент-Галлені та Ваттвілі.

Методологічне та загальнонаукове значення. На основі результатів проведеного аналізу можливе формування основи для розробки локальних інтегрованих стратегій поводження з відходами.

Викладення основного матеріалу. Територіальний устрій Швейцарії має свої особливості. До складу держави входять 20 кантонів та 6 напівкантонів. Метою даної роботи є порівняння моделей поводження з відходами у місті та сільській громаді в межах одного кантону. Завдання: визначення морфологічного складу та логістики твердих побутових відходів у мікрорайоні та місті Сент-Галлен і сільської громади Ваттвіль. Об'єктами є тверді побутові відходи міста Сент-Галлена та сільської громади Ваттвіля. Предметом є моделі поводження з відходами у міському та сільському середовищі. Спостереження та аналіз проводилися з грудня 2023 року по листопад 2024 року [7, 14–17].

Для виконання поставлених завдань обрано мікрорайон міста Сент-Галлен, який є домішкою для людей різної національності, включаючи тимчасово переміщених осіб з України, з кількістю мешканців – 360 осіб. На території мікрорайону розміщено 6 видів сміттєприймачів: вуличні смітники для змішаних відходів, паперових пакетів, алюмінієвих та жерстяних банок, окремо для білого, зеленого та коричневого скла. У магазинах розміщені смітники для PET-пляшок, LED-лампочок, CD/DVD дисків, батарейок, балонів від збитих вершків, фільтрів для води, для картону, поліетиленових упаковок та пластику (рис. 1).

Розглянемо сезонний морфологічний склад твердих побутових відходів (табл. 1); міську й сільську моделі поводження з відходами (табл. 2) та їх переваги і недоліки у Сент-Галлені [14–16] та Ваттвілі [17] (табл. 3).

Потрібно зазначити, що морфологічний склад відходів міста та сільської громади відрізняється від відходів мікрорайону меншою кількістю категорій та має певні сезонні особливості. У місті улітку кількість органічних відходів зростає через харчові залишки та зелені відходи садівництва і фермерства.

Узимку їх кількість зменшується, а у Ваттвілі залишається суттєвим через господарські відходи. Частка паперу та картону взимку є найвищою, що пов'язано зі споживанням товарів у пакуванні. Улітку зменшується через зниження ділової активності. Частка пластику, скла, металів, залишкових відходів стабільна протягом року або незначно змінюється.

При порівнянні моделей поводження з відходами визначено, що у Сент-Галлені потужності біогазових установок дозволяють переробляти до 40% органіки. Заводи з переробки пластику та металу обслуговують не лише місто, а й сусідні громади, що підвищує ефективність системи.

У Ваттвілі 95% органічних відходів переробляється через компостування. Відсутність великих цен-

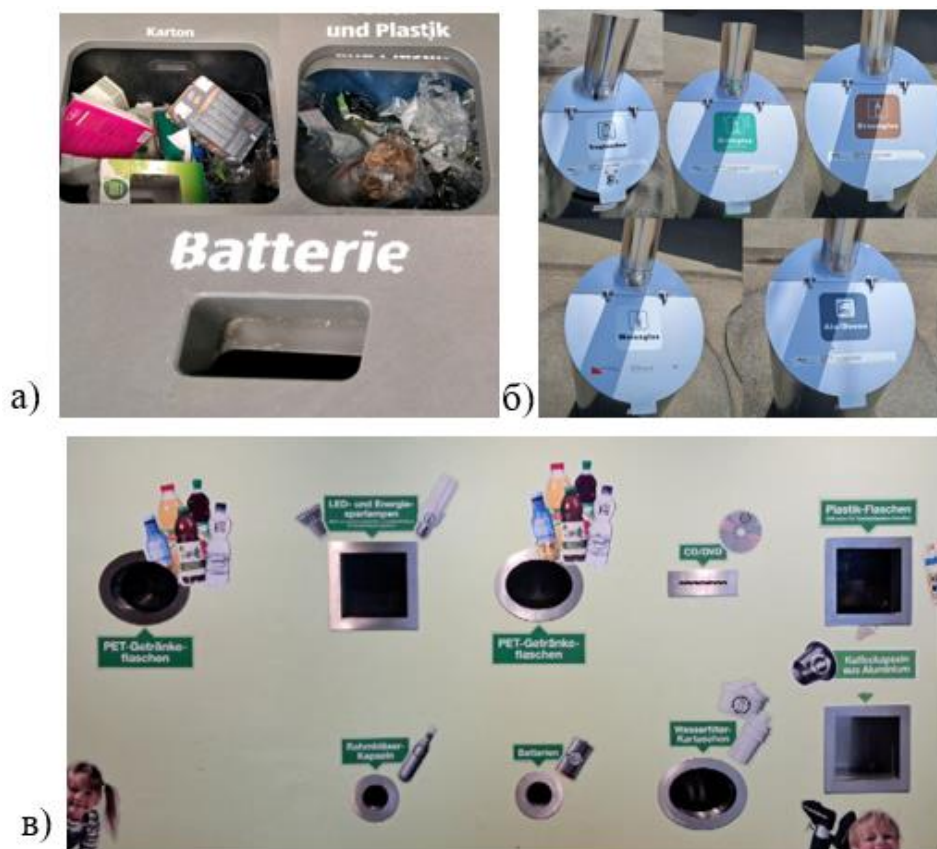


Рис. 1. Сміттєприймачі мікрорайону: а) для картону, пластику і поліетиленових упаковок; б) для паперових пакетів, зеленого, коричневого, білого скла та для алюмінієвої тари; в) для PET-пляшок, LED-лампочок, CD/DVD-дисків, батарейок, балонів від збитих вершків, фільтрів для очищення води

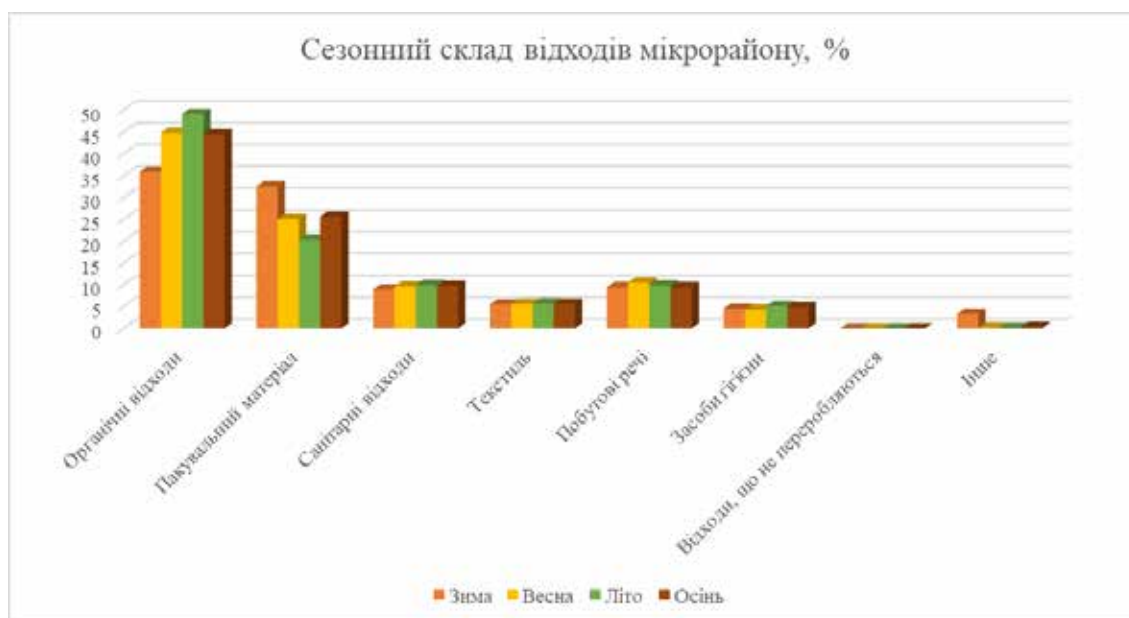


Рис. 2. Морфологічний склад відходів мікрорайону (%) у різні пори року

Таблиця 1

**Сезонний морфологічний склад твердих побутових відходів населених пунктів
та рівень їх переробки**

№ з/п	Категорія відходів	Сезон	м. Сент-Галлен		с. Ваттвіль	
			частка у складі, %	рівень переробки, %	частка у складі, %	рівень переробки, %
1.	Органічні відходи	зима	25,0	90,0	40,0	95,0
		весна	35,0	90,0	50,0	95,0
		літо	40,0	90,0	55,0	95,0
		осінь	35,0	90,0	50,0	95,0
2.	Папір, картон	зима	25,0	95,0	20,0	90,0
		весна	20,0	95,0	15,0	90,0
		літо	15,0	95,0	10,0	90,0
		осінь	20,0	95,0	15,0	90,0
3.	Пластик	усі сезони	12,0	60,0	8,0	50,0
4.	Скло		10,0	100,0	5,0	100,0
5.	Метал		5,0	100,0	3,0	100,0
6.	Текстиль		3,0	70,0	2,0	60,0
7.	Електронні відходи		2,0	80,0	1,0	70,0
8.	Небезпечні відходи		1,0	100,0	0,5	100,0
9.	Залишкові (неперероблювані)		17,0	0,0	20,0	0,0

Таблиця 2

Моделі поводження з відходами у міських та сільських умовах

№ з/п	Критерії	м. Сент-Галлен	с. Ваттвіль
1.	Населення	76328 (2021)	8837 (2020)
2.	Тип відходів	Переважають пластик, папір, скло	Більшість органічні відходи
3.	Рівень переробки	Високий – понад 70%	Високий – понад 60%, залежно від фракції
4.	Основні методи переробки	Біогазові установки, централізовані заводи	Локальне компостування передача на переробку
5.	Система збору	Організований роздільний збір з багатьма пунктами	Невеликі пункти збору, розташовані локально
6.	Інфраструктура	Розвинена: сортувальні станції, біогазові установки	Обмежена: акцент на місцеві рішення
7.	Поводження з органікою	Збирається централізовано для виробництва біогазу	Компостується на фермах або в домашніх умовах
8.	Поводження зі склом	Повний збір та переробка через спеціалізовані центри	Здається до регіональних пунктів переробки
9.	Пластик	Сортується (PET, HDPE), передається на переробку	Переробляються лише обмежені види (PET, HDPE)
10.	Метал	Повністю переробляється	Повністю переробляється
11.	Електронні відходи	Спеціальні пункти збору	Передаються до центрів у сусідніх містах
12.	Небезпечні відходи	Спеціалізована утилізація	Передаються до регіональних центрів
13.	Залишкові відходи	Спалюються з отриманням енергії	Спалюються з отриманням енергії
14.	Участь громади	Активна, підтримується міськими кампаніями	Висока, через низьку централізацію системи

Таблиця 3

Переваги та недоліки моделей поводження з відходами

Критерії	м. Сент-Галлен	с. Ваттвіль
Переваги		
Екологічна ефективність	75% відходів переробляється або використовується повторно	65% відходів переробляється, зокрема 95% органіки компостується локально
Інноваційність	Використання цифрових датчиків у 80% смітєвих контейнерів для моніторингу наповненості	Поєднання традиційних практик (компостування органіки) з передачею 30% складних відходів до міських центрів
Соціальна активність	Близько 80% населення бере участь у програмах сортування та екологічних ініціативах	90% домогосподарств бере участь у сортуванні та компостуванні органіки
Економічна вигода	Виручка від вторсировини та енергії – близько 10 млн CHF на рік	Економія на транспортуванні органіки становить до 20% місцевого бюджету громади
Інфраструктура	100% населеного пункту охоплено централізованою системою збору, 4 біогазові установки, 2 переробні заводи	10 пунктів збору, зокрема для скла, паперу, пластику; локальне компостування органіки
Недоліки		
Залежність від інших систем	Незначна залежність завдяки централізованій системі, переробка відходів здійснюється на місці	Залежність від міських центрів для переробки 30% пластику, 100% електроніки та металу
Сезонні коливання	Незначні: 5–7% органічних відходів улітку через харчові залишки та зелені відходи	Сезонний ріст органічних відходів до 55% улітку та восени через активне садівництво та фермерство
Інфраструктурні обмеження	Витрати на утримання інфраструктури – 15 млн CHF на рік	Відсутність переробних центрів, витрати на транспортування складних фракцій складають до 25% бюджету
Економічні витрати	Високі: середня вартість утримання системи збору й переробки – 200 CHF на домогосподарство на рік	Низькі: 50 CHF на домогосподарство на рік завдяки локальним рішенням

трів призводить до необхідності передавання складних відходів у міста, що підвищує витрати громади.

Головні висновки. Сент-Галлен має розвинену інфраструктуру, яка дозволяє ефективно переробляти великі обсяги відходів. Основна увага приділяється централізованим технологіям, таким як біогазові установки та заводи з переробки пластику й металу.

Ваттвіль покладається на локальні рішення, такі як компостування та пункти збору. Переробка складних фракцій пов'язана з містом.

Порівняння ілюструє, як міські й сільські громади можуть доповнювати одна одну в управлінні відходами.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження можуть бути використані для розробки універсальних стратегій поводження з відходами в регіонах з різною щільністю населення; створення освітніх програм для популяризації сортування сміття; впровадження інноваційних технологій переробки.

Література

1. Бурак Н.Б., Лукаш С.В. Проблеми збирання, транспортування та утилізації твердих побутових відходів в Україні. *Національний вісник НЛТУ України*. 2012. С. 82–90.
2. Ніканоров С.О. Закордонний досвід формувань будівель та споруд сміттєпереробних комплексів. *Архітектурний вісник КНУБА*. 2014. Вип. 4. С. 241–249.
3. Попович В.В. Пожежна безпека стихійних сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів. Збірник наукових праць ЛДУ БЖД. 2012. № 21. С. 140–147.
4. Уткіна К.Б., Пересацько В.А., Некос А.Н., Попович Н.В. Стан і перспективи поводження з відходами в рамках розроблення стратегії розвитку Харківської області до 2020 року. *Український географічний журнал*. 2015. № 4. С. 58–63.
5. Томчук М., Томчук С. Розвиток екологічної свідомості студентів інформаційними засобами. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти*. Серія «Педагогіка. Психологія», Вип. 1, 2022. С. 39–50.
6. Ремез Н.С. Стратегічні підходи до вирішення проблеми побутових відходів: монографія / Ремез Н.С., Дичко А.О., Шмарін С.Л., Крайчук С.О., Остапчук Н.О. Рівне: Волин. обереги, 2023. 460 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi75/0056203.pdf> (дата звернення: 20.11.2024).
7. Edward Humes. Garbology: Our Dirty Love Affair With Trash. Avery, 2012. 277 p.

8. Dickon T.M., Hastings A., Smith J. Energy production from municipal solid waste in low to middle income countries: a case study of how to build a circular economy in Abuja, Nigeria. *Frontiers in Sustainability*, Sec. Circular Economy, Volume 4, 30 May 2023. URL: <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1173474> (дата звернення: 20.11.2024).
9. Poniatowska A., Kisiel M., Panasiuk D. Municipal Waste Management in Poland Compared to Other European Union Countries. *Studia Ecologiae Et Bioethicae*. 2021. 19 (4), pp. 85–95.
10. Laboratory for Waste Management. Publications. URL: <https://www.psi.ch/en/les/publications> (дата звернення: 04.11.2024).
11. Constantin Mircea Orlesku, Ioana Alina Costescu. Solid waste management in Romania: current and future issues. *Environmental Engineering and Management Journal*. May 2013, Vol. 12, No. 5, 891–899 p.
12. Nadezhda Blagoeva, Vanya Georgieva and Delyana Dimova. Relationship between GDR and Municipal Waste: Regional Disparities and Implication for Waste Management Policies. *MDPI Sustainability*, 2023. No. 15. 23 p. 15193.
13. Victoria Iordachi, Stela Clobu. Waste Management-best practices for the republic of Moldova. *Culegere de articole stiintifice ale Conferentei Stiintifice Internationale "Competitivitate si Inovare in economia cunoasterii"*, Editia XXII-a, 25–26 septembrie 2020, Kishinev, pp. 171–181.
14. Newsletter Woche, 2023, 2024. Kanton St. Gallen. URL: <https://www.sg.ch/umwelt-natur/nachhaltigkeit.html#stq=%D0%B2%D1%96%D0%B4&stp=1> (дата звернення: 07.12.2023).
15. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation.
1. Der Bundesrat. Das Portal der Schweizer Regierung. URL: <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/zugang-zu-amtlichen-dokumenten-der-bundesverwaltung.html> (дата звернення: 07.12.2023).
16. Switzerland. European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/en> (дата звернення: 07.12.2023).
17. Abfallkalender. Wattwil. URL: <https://www.wattwil.ch/> (дата звернення: 09.12.2024).