

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки  
Кафедра екології та охорони довкілля

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: Оптимізація системи поводження з біоорганічною складовою  
твердих побутових відходів (на прикладі Одеського регіону України)

Виконала студентка групи МЕБ-18  
спеціальності 101- Екологія  
Гюльяхмедова Катерина Русланівна

Керівник д.г.-м.н., проф.  
Сафранов Тамерлан Абісалович

Рецензент д.економ.н., проф.  
Губанова Олена Ростиславівна

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки

Кафедра екології та охорони довкілля

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101- Екологія

Освітньо-наукова програма «Екологічна безпека»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри екології  
та охорони довкілля

Сафранов Т.А.

23 березня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гюльахмедовій Катерині Русланівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оптимізація системи поводження з біоорганічною складовою твердих побутових відходів (на прикладі Одеського регіону України)

Керівник роботи Сафранов Тамерлан Абісалович, д.г.-м.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 04 березня 2020 р. №23-С

2. Строк подання студентом роботи 12 травня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи: огляд джерел інформації щодо принципів поводження з ТПВ; дані щодо біоорганічної складової ТПВ; нормативно-законодавчі документи щодо поводження з біоорганічної складової ТПВ

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): загальна характеристика біоорганічної складової ТПВ; сучасний стан проблеми поводження з біоорганічними відходами в Україні; основні шляхи використання ресурсного потенціалу біоорганічних відходів у складі ТПВ; поводження з біоорганічними відходами в Одеській області.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): морфологічний склад ТПВ України; вміст компонентів, що містять біодоступний вуглець; вміст біоорганічних відходів у складі ТПВ по регіонах України; ринок макулатури України; розташування підприємств із переробки макулатури; схема комплексної утилізації ТПВ; схема розподілу потоку ТПВ та отримання сировини і продуктів переробки за умови відділення «вологої фракції» відходів тощо.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання	завдання прийняв
	<i>немає</i>		

Дата видачі завдання 23 березня 2020 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Огляд літературних даних щодо принципів поводження з ТПВ</i>	<i>23.03.20-31.03.20</i>	95	<i>5(відмінно)</i>
2	<i>Огляд літературних даних щодо поводження з біоорганічної складової ТПВ</i>	<i>01.04.20-10.04.20</i>	95	<i>5(відмінно)</i>
3	<i>Огляд вміст біоорганічних відходів у складі ТПВ по регіонах України</i>	<i>1'.04.20-19.04.20</i>	95	<i>5(відмінно)</i>
	<b><i>Рубіжна атестація</i></b>	<b><i>20.04.20-26.04.20</i></b>	<b>95</b>	<b><i>5(відмінно)</i></b>
4	<i>Аналіз даних схем комплексної утилізації біоорганічних відходів</i>	<i>27.04.20-30.04.20</i>	95	<i>5(відмінно)</i>
5	<i>Аналіз розподілу потоку твердих побутових відходів та отримання сировини і продуктів переробки за умови відділення «вологої фракції» відходів тощо.</i>	<i>01.05.20-05.05.20</i>	95	<i>5(відмінно)</i>
6	<i>Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.</i>	<i>06.05.20-09.05.20</i>	95	<i>5(відмінно)</i>
7	<i>Підготовка паперової або електронної версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту. Рецензування роботи.</i>	<i>07.12.19-09.12.19</i>	95	<i>5(відмінно)</i>
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		95,0	<b><i>5(відмінно)</i></b>

(до десятих)

Студент

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Гюльяхмедова К.Р.

(прізвище та ініціали)

Сафранов Т.А.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Оптимізація системи поводження з біоорганічною складовою твердих побутових відходів (на прикладі Одеського регіону України). Гюльяхмедова К.Р.**

*Актуальність теми.* Одна з найбільш невирішених проблем для більшості міст України – зменшення негативного впливу на довкілля, що створюється внаслідок неефективного поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ). Тому дослідження у цьому напрямку є актуальними.

Метою даної роботи є розробка ефективної моделі поводження з біоорганічною складовою ТПВ, при якій мінімізується вплив таких відходів на довкілля та максимально використовується ресурсний потенціал.

*Задачі дослідження:* провести класифікацію біоорганічних компонентів у складі ТПВ та їх охарактеризувати; проаналізувати просторово-часові мінливості вмісту біоорганічних компонентів ТПВ; охарактеризувати сучасний стан поводження з такими відходами в Україні та окреслити основні можливості їх використання на основі світового досвіду; сформувати оптимальну систему поводження з біоорганічними відходами у складі ТПВ; розробити оптимальну систему поводження з біоорганічними відходами у складі ТПВ для Одеського регіону та провести еколого-економічну оцінку її впровадження.

*Об'єкт дослідження* – біоорганічна складова ТПВ.

*Предметом дослідження* – оптимізація системи поводження з біоорганічною складовою ТПВ на прикладі Одеського регіону України.

*Методи дослідження.* В якості вихідних даних були використані дані щодо морфологічного складу ТПВ окремих міст України, а також офіційна статистична та екологічна інформація, що стосується ТПВ Одеської області України. В роботі були використані статистичні методи обробки та аналізу інформації, математичні моделі процесу емісії біогазу (Національна модель) та парникових газів (WARM-модель), методи системного аналізу.

*Результати дослідження, їх новизна, теоретичне та практичне значення.* Проведено класифікацію біоорганічних відходів у складі ТПВ. Розроблена оптимальна система поводження біоорганічними відходами у складі ТПВ для Одеського регіону. Наукова новизна роботи полягає у визначенні просторово-часових мінливостей вмісту біоорганічних відходів в ТПВ по регіонах України та у розробці підходу щодо еколого-економічної оцінки ефективності системи поводження з такими відходами. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування отриманих результатів при оптимізації системи поводження з біоорганічною складовою ТПВ Одеського регіону України.

*Рекомендації щодо використання результатів роботи з зазначенням галузі застосування.* Отримані можливо використовувати оптимізації системи поводження з біоорганічної складової ТПВ окремих регіонів України.

*Структура та обсяг роботи.* Складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань із 36 найменувань. Робота містить 16 рисунків, 17 таблиць. Загальний обсяг роботи – 81 сторінка.

*Ключові слова:* тверді побутові відходи, біоорганічні відходи, поводження, ресурсний потенціал.

## SUMMARY

### **Optimization of the Management System for the Bioorganic Constituent of Municipal Solid Waste (Case Study of the Odessa Region in Ukraine). Gulahmedova K.R.**

Actuality of theme. One of the most unsolved problems for most cities in Ukraine is the reduction of negative environmental impacts created by inefficient solid waste management (MSW). Therefore, the research in this area is relevant.

*The purpose of this work* is to develop an effective model for the management of the organic component of MSW, which minimizes the environmental impact of such waste and maximizes the use of resource potential.

*The purposes of the study* are to classify and characterize bioorganic constituents of MSW; to analyze the spatio-temporal variability of the content of bioorganic components of MSW; to characterize the current state of such waste management in Ukraine and to outline the main possibilities of their use on the basis of world experience; to create an optimal system of bio-organic waste management within the MSW; to develop an optimal system of bio-organic waste management within the MSW for Odessa region and to carry out an ecological and economic evaluation of its implementation.

*The object of the study* is an bioorganic component of MSW. *The subject of the research* is an optimization of the system of organic solid waste management based on the example of the Odessa region of Ukraine.

*The investigation methods.* The data on the morphological composition of MSW of individual cities of Ukraine, as well as official statistical and environmental information concerning MSW of Odessa region of Ukraine have been used as baseline data. The statistical methods of information processing and analysis, mathematical models of the process of biogas emission (National model) and greenhouse gases (WARM-model), methods of system analysis have been used in the work.

*The results of the investigation, their novelty, theoretical and practical importance.* The classification of bioorganic wastes within the MSW has been carried out. The optimal system of bio-organic waste management within the MSW has been developed for Odessa region. The scientific novelty of the work is to determine the spatio-temporal variability of the content of bio-organic waste in MSW in the regions of Ukraine and to develop an approach to the ecological and economic evaluation of the efficiency of the system of management of such waste. The practical importance of the obtained results consists of the possibility of applying the obtained results in the optimization of the system of management of the organic component of municipal solid waste of Odessa region of Ukraine.

*The recommendations for using the results of the work with indication of the scope.* It is possible to use optimizations of the treatment system for the bio-organic component of MSW in certain regions of Ukraine.

*The structure of the work.* It consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references included 36 titles. The work contains 16 figures, 17 tables. The total volume of work is 82 pages.

**Keywords:** municipal solid waste, bio-organic waste, treatment, resource potential.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУПИ БІООРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ У СКЛАДІ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	10
1.1 Харчові відходи	13
1.2 Садово-паркові відходи	16
1.3 Відходи текстилю	17
1.4 Засоби особистої гігієни	19
1.5 Аналіз морфологічного складу групи органічних відходів	20
1.6 Динаміка зміни вмісту компонентів, що містять біодоступний вуглець	23
1.7 Просторові відмінності вмісту компонентів, що містять біодоступний вуглець	24
2 СУЧАСНИЙ СТАН ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ БІООРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ	28
2.1 Законодавчі основи регулювання питання відходів	28
2.2 Сучасний стан використання біоорганічних компонентів ТПВ	30
2.2.1 Світовий досвід використання біоорганічних відходів	34
2.2.2 Використання біоорганічних відходів в Україні	39
3 ОСНОВНІ ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІООРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ У СКЛАДІ ТПВ	46
3.1 Характеристика Національної моделі	46
3.2 Порівняння різних технологій утилізації біоорганічних відходів у складі ТПВ за допомогою WARM-моделі	50
3.3 Розробка ефективної моделі використання біоорганічних відходів	52
3.4 Особливості утилізації потоку біоорганічних відходів, які легко розкладаються	53
4 ПОВОДЖЕННЯ З БІООРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ	60
4.1 Оцінка вмісту компонентів, що містять біодоступний вуглець, у побутових відходах Одеської області	60
4.2 Сучасний стан поводження з ТПВ в Одеській області	63
4.3 Порівняння різних підходів щодо поводження з біоорганічними відходами на прикладі Одеської області	65
ВИСНОВКИ	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	73
ДОДАТКИ	78

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ТПВ	тверді побутові відходи
СПВ	садово-паркові відходи
ВМР	вторинні матеріальні ресурси
ПГ	парникові гази
НПС	навколишнє природне середовище
SAP	суперпоглинаючі полімери

## ВСТУП

Світовий технічний прогрес закономірно привів до того, що існування людини стало екологічно небезпечним – перш за все, через утворення та накопичення величезної кількості відходів виробництва і споживання. Негативний вплив на здоров'я і життя людини забрудненого відходами навколишнього середовища є очевидним.

Особливе місце в складі муніципальних відходів займають тверді побутові відходи (ТПВ) – відходи споживання, які відслужили свій термін в побуті, товари і вироби, а також непотрібні людині продукти або їх залишки. Темпи утворення та накопичення ТПВ в світі в цілому і Україні, зокрема, створюють небезпеку для життя і здоров'я населення, що зумовлює необхідність регулювання даної сфери.

Найбільш поширеною практикою поводження з ТПВ в Україні є їх захоронення на полігонах і звалищах, якому піддаються близько 95% загального обсягу відходів, що утворюються. Кількість полігонів і звалищ щорічно збільшується на 3-6%.

Небезпека ТПВ для навколишнього природного середовища (НПС) та людини безпосередньо залежить від їх компонентного складу і умов розміщення. Так, ТПВ містять до 50-70% біоорганічних компонентів, з яких більше половини – харчові відходи. При захороненні в анаеробному середовищі (товща полігону ТПВ) біоорганічні компоненти є джерелом викиду звалищного біогазу, в склад якого входить 35-70% метану сильного парникового газу (ПГ), ефект глобального потепління від якого в 25 разів перевищує вплив вуглекислого газу.

У зв'язку з наявністю у складі ТПВ органічної фракції, яка легко розкладається при плюсовій температурі в ТПВ в значних кількостях починають розмножуватися різні переносники інфекційних захворювань (патогенної мікрофлори і гельмінтофауни).



Найбільш сильний вплив на обсяги утворення метану в процесі розкладання в органічних речовин в «тілі» полігону ТПВ справляють наступні групи факторів:

- умови захоронення ТПВ (параметри експлуатації полігону: майданчик для складування відходів, продування і захист від загорянь. покриття, пресування, пошарове розміщення відходів; наявність стічних і дренажних, вентиляційних систем. а також глибина полігону);

- маса захоронення ТПВ;

- кліматичні особливості місцевості (середньорічна температура і співвідношення між кількістю опадів і випаровуваністю води з поверхні ґрунту);

- вміст біоорганічних компонентів в складі ТПВ.

У зв'язку з вище викладеним особливої актуальності набуває проблема пов'язана з неефективним поводженням з органічною складовою ТПВ, внаслідок чого вони захоронюються на звалищах і полігонах та забруднюють атмосферу парниковими газами, що утворюються внаслідок анаеробної деструкції.

*Метою* магістерської роботи є розробка ефективної моделі поводження з біоорганічною складовою ТПВ, при якій мінімізується вплив таких відходів на довкілля та максимально використовується ресурсний потенціал.

Для реалізації поставленої мети були сформульовані такі *завдання*:

- 1) провести класифікацію біоорганічних компонентів у складі ТПВ та їх охарактеризувати;
- 2) проаналізувати просторово-часові мінливості вмісту біоорганічних компонентів ТПВ;
- 3) охарактеризувати сучасний стан поводження з такими відходами в Україні та окреслити основні можливості їх використання на основі світового досвіду;
- 4) сформувати оптимальну систему поводження з біоорганічними відходами у складі ТПВ;
- 5) розробити оптимальну систему поводження з біоорганічними відходами

у складі ТПВ для Одеського регіону та провести еколого- економічну оцінку її впровадження.

*Об'єктом дослідження* є органічна складова твердих побутових відходів, а *предметом дослідження* – оптимізація системи поводження з біоорганічною складовою твердих побутових відходів на прикладі Одеського регіону України.

*Матеріали і методи дослідження.* В якості *вихідних даних* були використані дані щодо морфологічного складу ТПВ окремих міст України, а також офіційна статистична та екологічна інформація, що стосується ТПВ Одеської області України. В роботі були використані статистичні методи обробки та аналізу інформації, математичні моделі процесу емісії біогазу (Національна модель) та парникових газів (WARM-модель), методи системного аналізу.

*Наукова новизна* одержаних результатів полягає у визначенні просторово-часових мінливостей вмісту біоорганічних відходів в ТПВ по окремим регіонам України та у розробці підходу щодо еколого-економічної оцінки ефективності системи поводження з біоорганічною складовою ТПВ.

*Практичне значення отриманих результатів* полягає у можливості застосування отриманих результатів при оптимізації системи поводження з біоорганічною складовою твердих побутових відходів Одеського регіону України.

*Особистий внесок здобувача.* Автором самостійно проведені роботи по збору, узагальненню, обробці і інтерпретації отриманої інформації.

*Апробація результатів роботи.* Результати дослідження магістерської роботи доповідалися та обговорювалися на: Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (19 жовтня 2018 р., Харків, ХНАДУ); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції» (8 листопада 2018 р.,

Житомир: ЖДТУ); XV Всеукраїнській науковій on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології» (28 березня 2019 р., Житомир: ЖДТУ); Міжнародній науково-практичній конференції. (4-5 квітня 2019 р., Львів, НЛТУ); Міжнародній науково-технічній конференції «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів» (23-24 квітня 2019 р., Харків, ХНУАБ); XVII Міжнародній науково-технічній конференції (2-4 жовтня 2019 р., Кременчук, КНУ імені М. Остроградського); VIII Міжнародній науковій конференції (22–25 жовтня 2019 г., Белгород, БГТУ); VII Міжнародної науковій конференції молодих вчених. (28-29 листопада 2019 р., Харків, ХНУ імені В.Н. Каразіна); Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції» (7 листопада 2019 р., Житомир, ЖДТУ); IV Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» (19 жовтня 2019 р., Харків, ХНАДУ).

*Публікації.* За темою магістерської роботи опубліковано: 1 стаття у фаховому виданні, 1 стаття в науковому журналі, 12 матеріалів і тез доповідей на міжнародних та університетських конференціях.

*Структура та обсяг роботи.* Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку посилань (36 найменувань). Робота містить 16 рисунків, 17 таблиць. Загальний обсяг роботи – 81 сторінка.

## 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІООРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Визначення терміну «тверді побутові відходи» наведене в галузевих нормативних документах України, зокрема, у «Правилах надання послуг зі збирання та видалення твердих і рідких побутових відходів» [1]. Згідно цих правил, це відходи, які утворюються в процесі життя і діяльності людини і накопичуються у житлових будинках, закладах соцкультпобуту, громадських, навчальних, лікувальних, торговельних та інших закладах (це харчові відходи, предмети домашнього вжитку, сміття, опале листя, відходи від прибирання і поточного ремонту квартир, макулатура, скло, метал, полімерні матеріали тощо) і не мають подальшого використання за місцем їх утворення.

Аналіз літературних джерел свідчить щодо різноманіття даних складу ТПВ. Дослідження експериментальних даних призводить лише до одного висновку, що морфологічний склад ТПВ ніколи не залишається однаковим і увесь час його треба досліджувати.

Серед компонентів ТПВ необхідно виділяти такі, що містять біодоступний вуглець, або *біоорганічні відходи*, органічні відходи, що легко розкладаються), отже, здатні до розкладання за рахунок природних біологічних процесів, що відбуваються як у тілі полігону, так і в спеціальних установках з біологічної переробки відходів.

Відповідно до Національного Кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні [2], до таких відходів відносяться папір і картон, текстиль, харчові відходи, деревина, садово-паркові відходи, засоби особистої гігієни, гума та шкіра.

Серед даних компонентів виділяється окрема група відходів, які легко розкладаються – харчові та садово-паркові відходи. Решту компонентів також можна класифікувати (табл. 1.1).

В наступних підрозділах охарактеризуємо деякі з вищевказаних компонентів.

Таблиця 1.1– Класифікація біоорганічних відходів у складі ТПВ

Органічні відходи, які легко розкладаються (вологі відходи)		Потенційні вторинні матеріальні ресурси				Небезпечні відходи
Харчові відходи	Садово-паркові відходи	Папір та картон	Текстиль	Деревина	Шкіра та гума	Засоби особистої гігієни (підгузки тощо)

### 1.1 Харчові відходи

Харчові відходи – це харчові продукти, які повністю або частково втратили свої первинні споживчі властивості в процесах їх виробництва, переробки, застосування або зберігання. Поняття «харчові відходи» включає залишки їжі людини, а також відходи кухень і пекарень, підприємств харчової промисловості. Склад їх змінюється в залежності від джерела надходження. Відходи кухень після відповідної стерилізації з метою знешкодження збудників інфекції можна використовувати для відгодівлі свиней разом з комбікормом. Відходи мають, здебільшого, середній вміст протеїну і високий – жиру. Харчові відходи – частина побутових відходів, одна з екологічних проблем суспільства споживання.

Зазвичай харчові відходи складаються на 70 % із води і на 30 % із твердих речовин. Хімічний склад харчових відходів складається з багатьох компонентів. Баластні домішки харчових ТПВ представлені кістками, боєм скла та фаянсу, металічними кришками та банками. За джерелами утворення харчові відходи поділяються на: відходи житлової забудови, громадських установ, відходи підприємств харчової промисловості.

Найбільшою невизначеністю характеризується потік харчових відходів від мережі громадського харчування, установ та організацій.

Вміст харчових відходів восени різко збільшується. Це пов'язано з більшим вживанням фруктів і овочів. І якщо навесні частка харчових відходів становить близько 25 % від усіх побутових відходів, то восени вона може зрости до 55 %. За нашими розрахунками, харчові відходи складають приблизно 50% від загальної маси групи біоорганічних відходів.

Аналіз даних для 27 населених пунктів України з населенням від 10 до 1000 тис. дозволив визначити, що вміст харчових відходів у ТПВ українських міст склав 33,89% у середньому, змінюючись від 10 до 55% (рис.1.1).

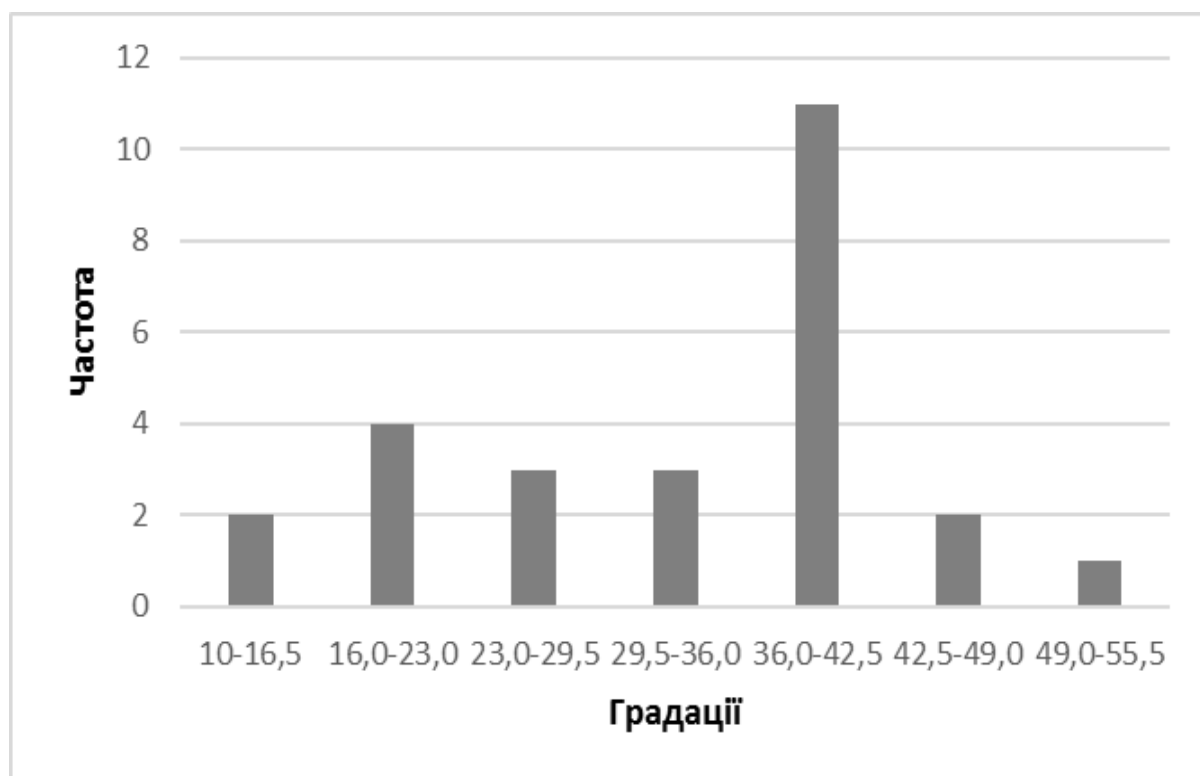


Рис. 1.1 – Розподіл вмісту харчових відходів у містах України з населенням 10-1000 тис. чол.

*Розрахунок кількості харчових відходів.* Харчові відходи утворюються не лише у житловому секторі, а й у громадських установах. Але їх кількість характеризується найбільшою невизначеністю. Серед громадських установ виділимо окремо заклади громадського харчування та їдальні при громадських установах як найбільші утворювачі харчових відходів. В нашому дослідженні розглянемо харчові відходи, що утворюються в навчальних закладах, зокрема, у школах-інтернатах. Це є важливим, оскільки існують пілотні проекти щодо компостування харчових відходів у школах. Відповідно до [3], питома утворення відходів складає 125 кг/учня за рік при 20 кг/учня у школах.

Відзначимо, що харчові відходи в таких установах утворюються за двох умов: 1) в процесі приготування їжі; 2) за рахунок недоїдків, зіпсованої харчової продукції.

І якщо кількісні показники другого потоку харчових відходів досить важко визначити та прогнозувати, то утворення харчових відходів в процесі приготування їжі можна оцінити кількісно.

Для цього необхідно скористатися такими даними: норми харчування у загальноосвітніх школах-інтернатах, меню закладу та дані щодо питомої ваги неїстівної частини харчових продуктів при їх холодній та гарячій кулінарній обробці.

За такої інформації визначення маси харчових відходів, які утворюються в процесі приготування їжі, складається з таких етапів:

- 1) складання набору харчових продуктів за меню;
- 2) визначення маси продуктів, необхідних для приготування їжі за нормами харчування та використання продуктів для приготування різних страв;
- 3) розрахунок неїстівної частини сформованого набору продуктів.

Розрахунки можна проводити на одного учня, а меню закладу доцільно досліджувати не менше як за тиждень.

На прикладі школи-інтернату м. Одеса нами проведені розрахунки із визначення утворення харчових відходів в процесі приготування їжі. Для цього розглянуте меню закладу з вказаними масами необхідних продуктів.

В табл. 1.2 приведені дані щодо мас харчових відходів від певних продуктів в розрахунку на одного учня.

Таблиця 1.2 – Утворення харчових відходів (неїстівної частини продуктів) у столовій школи-інтернату м. Одеса

Продукт	г/учень	Продукт	г/учень
Крупа	0,64	Буряк, морква	24
Яйце	0,26	Капуста	5
Картопля	150,4	Цибуля	1,92
Сир твердий	0,45	Хек	43,5
Сосиски молочні	0,26	Кури I категорії	50,7

Як бачимо, загальна маса харчових відходів, які утворюються в процесі приготування їжі, складає 277,12 г. При загальній кількості учнів 130 осіб, у школі-інтернаті утворюється 8 кг 314 г харчових відходів за день, не рахуючи можливого поповнення за рахунок недоїдків.

## 1.2 Садово-паркові відходи

Садово-паркові відходи (СПВ) є складовою ТПВ і відносяться до групи відходів, які також здатні до біологічного розкладання. На групу біоорганічних відходів припадає близько 60% від загальної маси ТПВ, з них майже половину складають харчові відходи, а на другому місці знаходяться паперові та картонні відходи (22%), а третє місце посідають СПВ (15%). Разом із харчовими відходами, СПВ формують групу біоорганічних відходів, які легко розкладаються.

Відмітимо, що вміст СПВ в загальному потоці ТПВ міст України характеризується найбільшою невизначеністю. В багатьох довідниках (до



1990 р.) та базах даних така категорія, як СПВ, взагалі відсутня або об'єднана з харчовими відходами. Якщо проаналізувати дані досліджень вмісті біоорганічних компонентів в ТПВ регіонів України, то можна визначити, що вміст СПВ змінювався від 0,8% (Волинська область) до 6,6% (Вінницька область), коефіцієнт варіації склав 34,7%, а це означає, що сукупність даних не є однорідною. Автори роботи [4] наголошують, що за останні роки відбулося значне скорочення вмісту СПВ: з 15,9% до 3,8%, але пов'язують це з тим, що зі складу СПВ виведені гума та шкіра та засоби особистої гігієни (загалом 2,8%) [5].

### 1.3 Відходи текстилю

Відходи текстилю – це зношені чи забруднені: одяг, обшивка меблів, ковдри, простирадла, рушники, залишки крою та шиття. Текстиль (тканинні відходи) можна розділити на такі різновиди: шерсть; мішковина; джгут; пінополіуретан; поліефір; поліестр; нейлон; коврова тканина; матраци з ватним чи поролоновим наповненням; шкіра.

Текстильні відходи поділяють на відходи виробництва та споживання. Текстильні відходи виробництва - це відходи технологічних процесів виробництва волокон, ниток, тканин і швейних виробів.

Текстильні відходи споживання – це в першу чергу одяг, який вийшов з ужитку, та в кінцевому підсумку потрапляє в ТПВ і становить 4-6%. Текстильні відходи виробництва за видами сировини прийнято розділяти на три основні групи:

- 1) текстильні відходи з натуральної сировини (бавовняне волокно, лляне волокно, вовна, натуральний шовк);
- 2) текстильні відходи з хімічної сировини (хімічні нитки і волокна штучні та синтетичні);

3) текстильні відходи з змішаної сировини (суміші на основі натуральних і хімічних волокон).

Відходи текстильної промисловості поділяють в залежності від їх подальшого використання: прядкові, що вживаються в суміші з основною сировиною на вироблення пряжі; ватні, переробляються в суміші з основною сировиною в вату; валяльно-повстяні, переробляються в неткані текстильні матеріали; не прядкові, що використовуються у вигляді вагомих клапотях тканин.

Текстильні відходи утворюються на підприємствах текстильного виробництва на різних технологічних стадіях. Потім слідує утилізація відходів текстилю. На підприємствах бавовняної промисловості в процесі переробки бавовни, а також в прядильному, ткацькому, оздоблювальному та ватяному виробництвах утворюються бавовняні відходи, більшу частину яких використовують у власному технологічному циклі.

Відходи промисловості з виробництва вовни є відходи, що утворюються при первинній обробці вовни, виготовлення вовняної пряжі, вовняних тканин, частина яких використовують у власному технологічному циклі, а іншу - як вторинну сировину.

У швейній промисловості відходи утворюються в процесі підготовки матеріалів і самого розкрювання деталей швейних виробів, що представляє собою вагомий клапоть тканин і використовується в якості вторинної сировини для виробництва вторинних текстильних матеріалів.

Кількість текстильних відходів споживання в складі ТПВ перевищує текстильні відходи виробництва. Їх можна вважати одним з основних джерел вторинної сировини для отримання вторинних текстильних матеріалів.

#### 1.4 Засоби особистої гігієни

Ця продукція становить особливу небезпеку для навколишнього середовища, обсяги відходів ростуть, але тільки зараз в світі починають впроваджувати систему переробки продуктів жіночої гігієни і підгузки. Поки це дороге задоволення, але користь і вигода може окупити витрати.

Підгузки здатні розкладатися на звалищі біля 500 років і забруднювати ґрунтові води і ґрунти. Сучасне поводження з дитячими підгузками аналогічно поводженню із засобами гігієни для дорослих. Підраховано, що в перші 2,5 року життя дитина в розвинених країнах, в середньому, використовує таку кількість підгузків, яку, по впливу на навколишнє середовище, можна порівняти з подоланням 2100-3500 км на машині з бензиновим двигуном.

Жінки щорічно витрачають 1,3 млн. тонн жіночих гігієнічних продуктів. Крім того, в зв'язку старінням населення в світі зростає число людей, яким потрібні підгузки для дорослих.

На жаль, поки навіть в розвинених країнах немає офіційних програм переробки продуктів жіночої гігієни, але такі компанії, як Knowaste, працюють над технологіями переробки використаних підгузки і інших абсорбуючих санітарних продуктів. Процес виглядає приблизно так: матеріали дезінфікуються, пластмаса і деревна маса відокремлюються. Деревна маса використовується для виготовлення таких речей, як устілки для взуття, масляні фільтри, паперові вироби, абсорбція матеріали і шпалери. Пластик переробляють в вініловий сайдинг і черепицю. Суперпоглинаючі полімери (SAP) використовуються в сільському господарстві. Knowaste і інші нечисленні компанії надають послуги з переробки підгузків і прокладок на платній основі. В якості експерименту програма працює в каліфорнійському місті Санта-Кларита, в Бірмінгемі (Великобританія) і Нанаймо в Британській Колумбії в Канаді. Деякі

виробники пропонують екологічні продукти гігієни, які розкладаються. Їх можна самостійно компостувати, наприклад, на дачі.

У всіх інших випадках використані прокладки і підгузки просто закопують і утрамбовують на полігонах разом із побутовим сміттям.

### 1.5 Аналіз морфологічного складу групи біоорганічних відходів

Морфологічний склад ТПВ є важливою характеристикою, оскільки визначає можливості використання відходів як вторинних матеріальних ресурсів (ВМР) і визначає потенційні негативні ефекти в навколишньому середовищі при захороненні відходів. Вивчення змін морфологічного складу ТПВ необхідно для створення ефективної системи управління ТПВ на різних рівнях – від муніципального до національного.

При розробці регіональних планів управління відходами та при проектуванні систем утилізації окремих ВМР слід виходити з морфологічного складу і, відповідно, кількісної оцінки потенціалу окремих компонентів ТПВ, яка є індивідуальною для кожного населеного пункту.

Морфологічний склад ТПВ змінюється: якщо в кінці XIX століття в складі ТПВ великих міст (наприклад, Лондона) налічувалося 8 компонентів, то на сьогоднішній день в складі ТПВ мегаполісів зустрічається більше 70 компонентів. Ці зміни, очевидно, пов'язані з науково-технічним прогресом. Як відомо, на морфологічний склад ТПВ міст впливають: рівень добробуту населення, сезон року, підхід до відбору вторинної сировини. Відзначимо, що кожен населений пункт має індивідуальний морфологічний склад ТПВ, хоча дослідження [4, 6] показали, що можна виділити три типи морфологічного складу ТПВ :

- 1) для міст з населенням понад 1 млн. чоловік;
- 2) для міст з населенням 10-1000 тис. осіб;
- 3) для сільських населених пунктів.

На прикладі другої групи (міста з населенням 10-1000 тис. осіб) розглянемо мінливість морфологічного складу для групи відходів. Із загальної маси групи відходів 32% складають харчові відходи, 14% - папір і картон, 3% - садово-паркові відходи [7]. Дана група складає майже 60% маси ТПВ (рис.1.2).

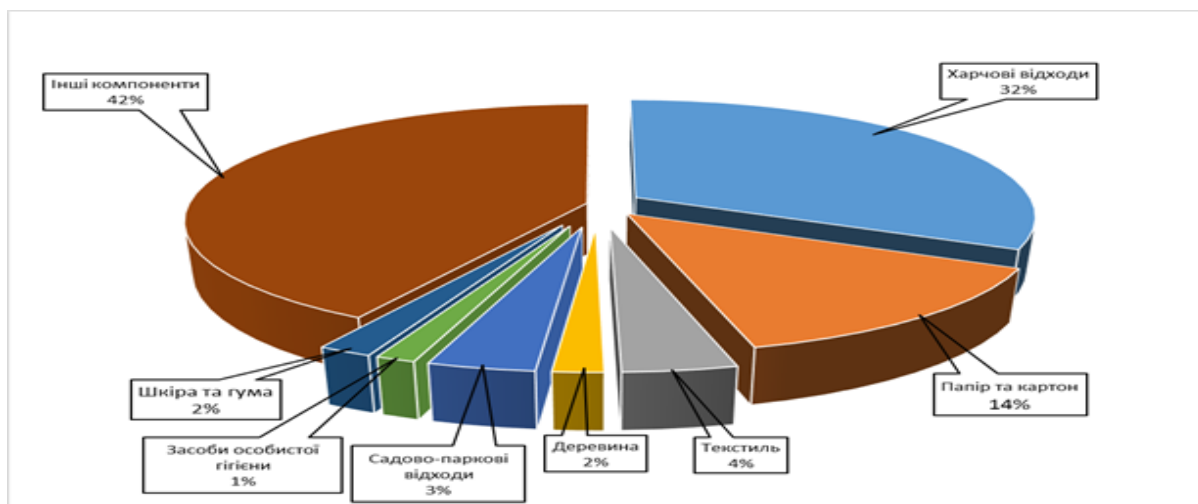


Рис. 1.2 – Морфологічний склад ТПВ України (з диференціацією потоку органічних відходів, що легко розкладаються)

Для вивчення мінливості вмісту даних компонентів в складі ТПВ нами була зібрана база даних про морфологічному складі ТПВ 27 міст України за різні роки. На жаль, має місце відсутність даних про зміст садово-паркових відходів. Також з аналізу виключили такий компонент, як засоби особистої гігієни – новий компонент, що враховується в складі ТПВ з 2000-х років. На сьогоднішній день середній вміст даного компонента становить 1,3%.

Для оцінки мінливості вмісту біоорганічних компонентів в загальній масі ТПВ був обраний коефіцієнт варіації ( $C_x$ ), що дозволяє оцінити ступінь розкиду даних щодо середнього значення:

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100\% , \quad (1.1)$$

де  $S_x$  - середньоквадратичне відхилення;  $\bar{x}$  - середнє значення.

Результати статистичної обробки вибірки даних по морфологічному складу ТПВ представлені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати статистичної обробки даних про зміст біоорганічних компонентів ТПВ для міст України з населенням 10-1000 тис. чол.

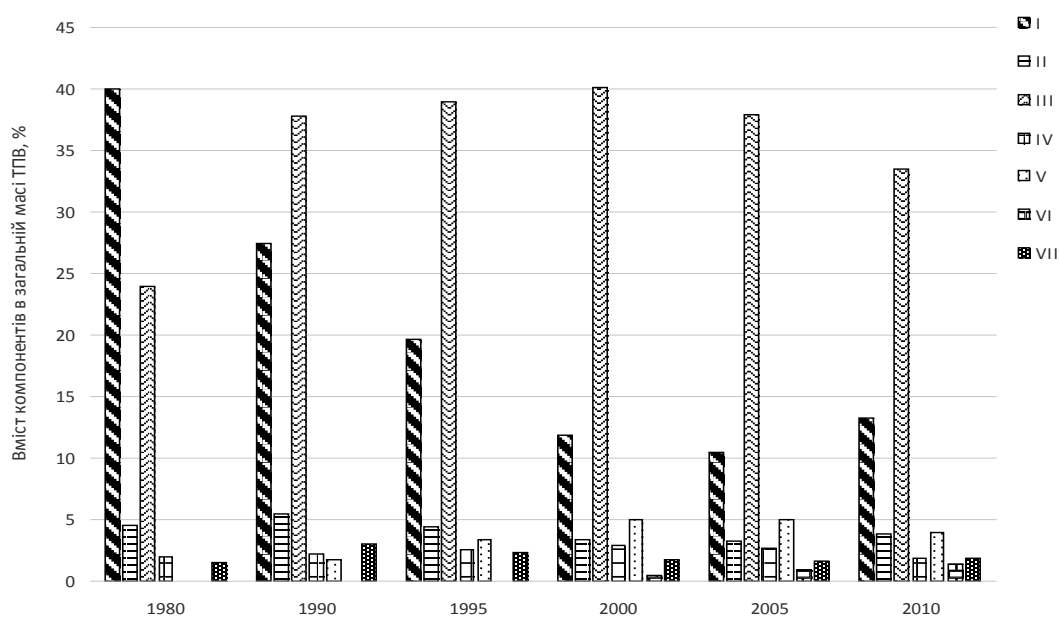
Показник	Біоорганічний компонент ТПВ				
	Харчові відходи	Папір та картон	Текстиль	Деревина	Шкіра та резина
Вміст в загальній масі ТПВ, %					
Максимальне	55,50	41,0	8,0	5,50	3,69
Мінімальне	10,0	3,83	2,0	0,30	0,48
Середнє	33,11	11,0	3,31	2,22	1,88
Середнє по даним[6]	31,49	8,81	2,95	2,72	2,24
Коефіцієнт варіації $C_v$ , %					
	32,28	70,70	48,41	76,63	76,07

Як бачимо з табл. 1.3., найбільш мінливим є вміст гуми та шкіри, а також деревини, найбільш усталеною характеристикою є вміст харчових відходів у загальній масі ТПВ. Також можна сказати, що чим більший вміст компоненту в загальній масі ТПВ, тим більш усталеною є ця величина відносно середнього значення в групі. За значеннями вибірки змісту всіх розглянутих компонентів можна вважати неоднорідними (> 33%). При цьому незначно мінливим можна вважати вміст харчових відходів, помірно мінливим – вміст текстилю, а в інших компонентів змінюється значно.

Як видно з отриманих результатів, при оцінці ресурсного потенціалу компонентів ТПВ, що містять біодоступний вуглець та розробці системи поводження з ними доцільно оперувати даними фактичних вимірювань морфологічного складу ТПВ.

## 1.6 Динаміка зміни вмісту компонентів, що містять біодоступний вуглець

За даними Національного Кадастру [2], розглянемо часові зміни вмісту окремих компонентів ТПВ, що містять біодоступний вуглець: I (папір і картон), II (текстиль), III (харчові відходи), IV (деревина), V (садово-паркові відходи), VI (засоби особистої гігієни), VII (гума та шкіра) (рис. 1.3).



*Примітка:* дані за 1980 р. взяті з джерела – Перельгін В.М., Разнощик В.В. Гигиена почвы и санитарная очистка населенных мест. М: Медицина, 1977. 198 с.

Рис. 1.3 – Вміст компонентів, що містять біодоступний вуглець, в загальній масі ТПВ за 1980-2010 рр.

Як бачимо, за період 1990-2010 рр. відбулося суттєве зниження вмісту паперу і картону у ТПВ (в 1,7 рази за період 1990-2005 рр.). Майже у 2 рази скоротився вміст шкіри і гуми. В порівнянні з 1980 р., 1,3-1,6 рази збільшився вміст харчових відходів. Також збільшився вміст садово-паркових відходів: майже у три рази, порівняно з 1990 р. Вміст деревини та

текстилю протягом 1980-2010 рр. незначно коливався. Починаючи з 2000 р., у ТПВ враховують новий компонент – засоби особистої гігієни. На сьогодні їх маса складає 1,3% від загальної маси ТПВ.

### 1.7 Просторові відмінності вмісту компонентів, що містять біодоступний вуглець

Розглянемо просторові відмінності вмісту компонентів, що містять біодоступний вуглець. Вміст цих компонентів значно відрізняється на національному рівні (табл.1.4).

З табл. 1.4 видно, що основна частка біоорганічних відходів припадає на паперову продукцію. На другому місці – харчові відходи.

Таблиця 1.4 – Вміст біоорганічних відходів у загальній масі ТПВ різних країн, %

Види компонентів	США	Країни Європи	Корея	Україна
Папір та картон	31	19,6	27	14,6
Харчові відходи	12,7	21,7	23	33,1
Шкіра та гума	3,0	-	-	1,7
Текстиль	5	3	5	4,0
Деревина	6,6	17,4	4	1,7
Інші компоненти	41,7	38,9	41	44,9

Зауважимо, що кожне місто має свій власний морфологічний склад ТПВ, який може значно відрізнятися від національних і регіональних усереднених даних. В дослідженнях А.П. Скрипника [7], В.Ю. Приходько і Т.П. Шаніної [6] показано, що морфологічний склад міст з населенням від 10 тис. до 1 млн. осіб відрізняється від морфологічного складу міст з населенням більше 1 млн. та сільських населених пунктів. Представимо



вміст органічних компонентів в загальній масі ТПВ по різних населених пунктах (рис. 1.4).

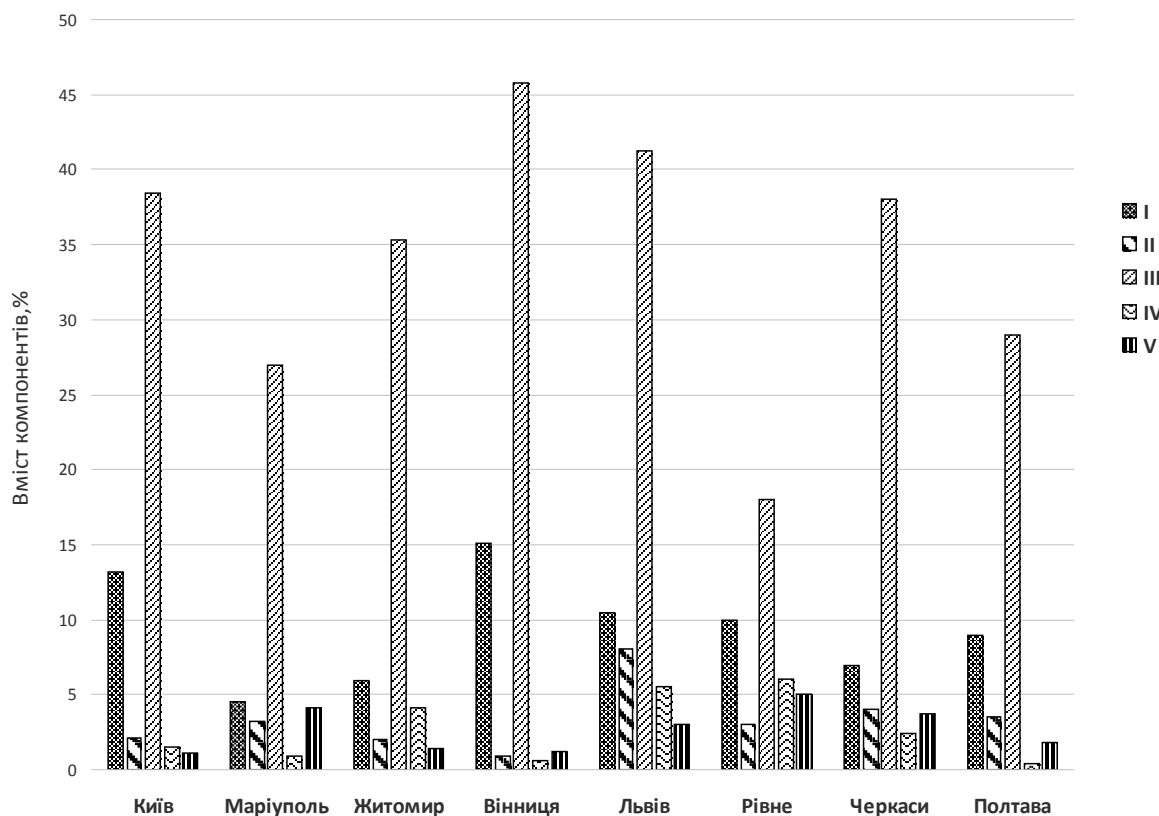


Рис. 1.4 – Вміст органічних компонентів, що швидко розкладаються, в загальній масі ТПВ окремих міст України (дані за різні роки)

Вихідними даними є фактичні дослідження щодо визначення морфологічного складу ТПВ [8-10] та дані А.П. Скрипника(за різні роки) з визначення морфологічного складу ТПВ 19 населених пунктів України.

Як бачимо, вміст компонентів, що швидко розкладаються, значно залежить від місцевих умов. Наприклад, вміст харчових відходів у загальній масі ТПВ змінювався від 45% (м. Вінниця) до 18% (м. Рівне); вміст паперу і картону коливався від 15,1% (м. Вінниця) до 4,5% (м. Маріуполь).

За даними дослідження [4], доповненими наявними даними [6-11] та результатами досліджень А.П. Скрипника (за різні роки), нами побудована карта-схема, що ілюструє дані щодо вмісту компонентів, які легко

розкладаються, в загальній масі ТПВ по регіонам України (рис. 1.5). Додатково нами представлений вміст харчових відходів та картону і паперу. Вибір саме цих компонентів обумовлений тим, що вони, в основному, формують, потів відходів, які легко розкладаються, по-друге, їх можна розглядати як реальну вторинну сировину в сучасних умовах розвитку інфраструктури з переробки ТПВ.

Аналіз рис. 1.5, дає змогу виявити, що існують значні міжрегіональні відмінності вмісту біовідходів як взагалі, так і за окремими компонентами. Наприклад, вміст паперу і картону змінювався від 6,1% (Хмельницька область) до 27% (АР Крим), а загальний вміст компонентів, здатних до біорозкладання, коливався від 47,3% (Кіровоградська область) до 72,2% (Запорізька область).

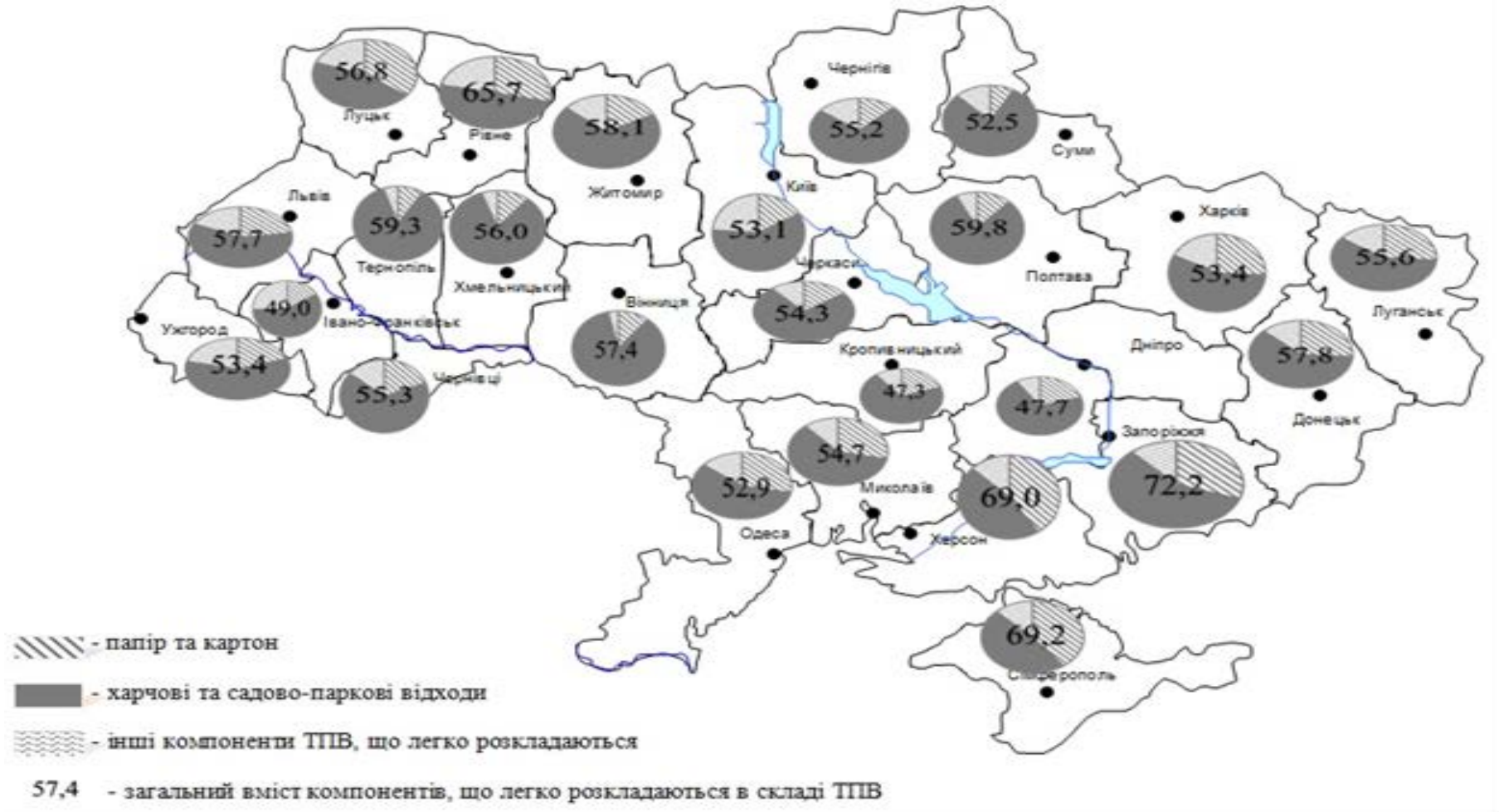


Рис. 1.5 – Вміст біоорганічних відходів у складі ТПВ по регіонах України (за різні роки)

## 2 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З БІООРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ

### 2.1 Законодавчі основи регулювання питання відходів

Правове визначення порядку поводження з відходами, їх утилізації або вторинної переробки має стратегічне значення, оскільки екологічна безпека є невід'ємною складовою життя людини в сьогоденні і майбутньому. Саме від ефективності і дієздатності певних норм, принципів, стратегій і програм залежать долі суспільства, нації і прийдешніх поколінь. Сьогодні одним з основних законів, що регулюють поводження з відходами, можна назвати Закон України «Про відходи» від 5 березня 1998 року № 187/98-ВР (в редакції від 4 жовтня 2018 року), відповідно до якого відходами вважаються будь-які предмети, матеріали і речовини, що утворилися в процесі виробництва або споживання. Також це поняття включає товари (продукцію), які частково або повністю втратили свої споживчі властивості і не використовуються в подальшому за місцем їх утворення або виявлення і від яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації або усунення.

Слід зазначити, що найбільш поширеними і звичними в повсякденному розумінні для нас є відходи, одержувані від життєдіяльності людини в житлових та нежитлових приміщеннях (тверді, рідкі відходи, крім відходів, пов'язаних з виробничою діяльністю підприємств), які не використовуються в місцях їх накопичення.

Останнім часом відбувається значне *реформування законодавчої бази з питань відходів*, в т.ч. ТПВ. Можливо, «першою ластівкою» поправка до ст. 32 Закону України «Про відходи» щодо заборони захоронення неперероблених ТПВ з 1 січня 2018 р. Це відповідає вимогам Директив 1999/31/ЄС [12] та 2008/98/ЄС [13]. Але за відсутністю механізму

практичної реалізації ця вимога Закону фактично не виконується. Далі у 2017 р. затверджено Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року [14], для виконання якої розроблений проект Національного плану управління відходами до 2030 року. Необхідно також згадати і про проект Закону України «Про управління відходами», який пройшов громадське обговорення наприкінці 2018 р. В цих документах зазначена основна стратегія поводження з ТПВ в Україні на основі ієрархії методів поводження з ТПВ (Директива 2008/98/ЕС [13]). Світовий досвід відмови від пластикових пакетів спонукав до розробки у 2019 р. законопроекту №9507 «Про зменшення кількості окремих видів відходів з поліетилену в цивільному обігу». Складна ситуація з небезпечними відходами у складі ТПВ, зокрема, батарейками, зумовила розробку законодавчої ініціативи, яка б дозволила реалізувати принцип «забруднювач платить» на прикладі утилізації відпрацьованих батарейок. Наразі правового механізму, який забезпечував би утилізацію відпрацьованих батарейок за рахунок виробника, як це відбувається у Європі, в Україні не існує. На доданок, нові законодавчі ініціативи та проекти виносяться на громадське обговорення, а також проходять процедуру стратегічної екологічної оцінки (Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку»).

Як бачимо, наразі відбувається значне реформування законодавчої бази з питань відходів та, відповідно, адміністративних методів управління відходами. Але зауважимо, що реформування законодавства відповідно до європейських вимог необхідно проводити з урахуванням можливості їх реалізації в Україні. Без створення відповідної матеріальної бази та економічних умов забезпечення реформ у галузі ТПВ, нові закони матимуть лише декларативний характер.

## 2.2 Сучасний стан використання біоорганічних компонентів ТПВ

Розв'язання проблеми ТПВ є однією з актуальних задач для сучасного суспільства. В Україні основним методом поводження з ТПВ є захоронення їх на звалищах і полігонах. За даними Національних доповідей про стан навколишнього природного середовища в Україні (з 1998 по 2015 рр.) та Мінрегіону (2016-2017 рр.), кількість полігонів і звалищ зросла з 700 у 1998 р. до 6700 у 2012 р., площа – з 5,3 тис. га до майже 10 тис. га, а обсяг ТПВ виріс з 35 до 59 млн. м<sup>3</sup> за період 2000-2012 рр. (рис. 2.1). Зниження значень показників, що розглядаються, у 2016-2017 рр. відбулося за рахунок виключення зі статистики території АР Крим та тимчасово окупованих територій Донецької і Луганської областей.

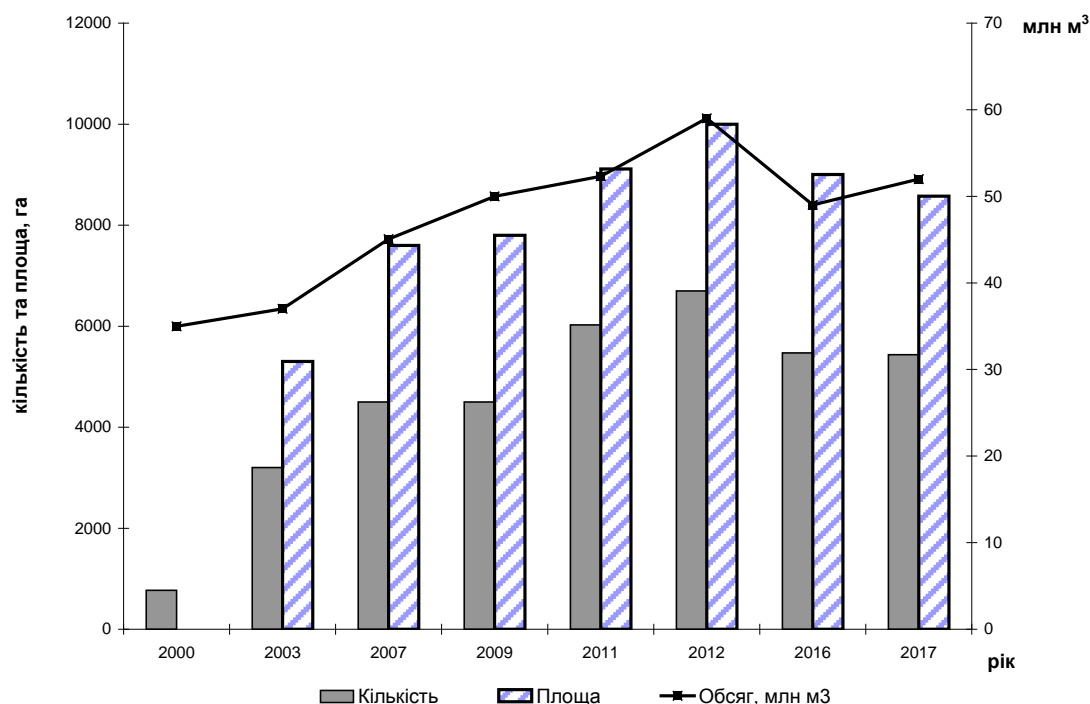


Рис. 2.1 – Динаміка зміни кількості утворених ТПВ, площі та кількості полігонів і звалищ за період 2000-2017 рр. (за даними «Національні доповіді про стан НПС в Україні та дані Мінрегіону)

З наведених даних (рис.2.1) можна зробити висновок про надзвичайну актуальність вирішення проблеми ТПВ в Україні.

В перспективі існуюча кризова ситуація буде посилюватися через зростання кількості утворюваних ТПВ: наприклад, аналіз даних щодо норм утворення ТПВ показав, що за 90 років (1920 по 2012 рр.) питомих відходоутворення зросло у 4 рази за об'ємом та у 1,6 рази за масою [15]. За даними Доповіді «What a Waste?» (2012) [16], для країн СНД прогнозується збільшення показників питомого відходоутворення у 1,5 рази за період 2012-2025 рр. З наведених даних можна зробити висновок про надзвичайну актуальність вирішення проблеми ТПВ в Україні.

Другим фактором посилення «сміттєвої кризи» є інертність суспільства у вирішенні проблеми ТПВ. Попри зміни у законодавстві, якими з 1 січня 2018 р. забороняється захоронення неперероблених (необроблених) ТПВ (ст. 32 Закону України «Про відходи»), стан проблеми фактично не змінився. А у разі захоронення ТПВ назавжди втрачають свій ресурсний потенціал і стають джерелом забруднення довкілля продуктами деструкції, займають значні ділянки та засмічують прилеглі до місця захоронення території. Негативні екологічні наслідки захоронення відходів на звалищах і полігонах настільки значні, що мали б стати потужним стимулом для переходу до іншої моделі – до ефективного поводження з ТПВ на основі «ієрархії методів поводження з відходами» та економіки «замкнутого циклу» (Директива 2008/98 / ЄС «Про відходи ...» ). Необхідною передумовою для розробки ефективної системи поводження з ТПВ є диференціація загального потоку ТПВ на окремі групи, однією з яких є потік органічних відходів, що легко розкладаються .

Поводження з біоорганічною складовою ТПВ розглядається як необхідний елемент загальної стратегії вирішення проблеми відходів.

Директива ЄС по захороненню [13] передбачає поетапне зниження обсягів захоронення біоорганічних відходів на звалищах і полігонах. Але

наразі в Україні відбувається валовий збір та захоронення ТПВ (в т.ч. біоорганічних відходів), а елементи роздільного збирання не забезпечують використання потенціалу біоорганічних відходів (окрім паперу і картону). Сучасний стан поводження з ТПВ в Україні дозволяє використати лише незначну частину біоорганічних відходів, а саме за рахунок: 1) відбору та утилізації макулатури за рахунок прийому від населення та відбору на сміттесортувальних лініях (близько 20); 2) компостування органічної складової ТПВ.

Отже, основна маса відходів видалється на полігони і звалища. Єдиним варіантом використання «ресурсного потенціалу» відходів в такому випадку є отримання біогазу, але доцільно воно лише на великих сучасних полігонах ТПВ (14 установок).

Станом на 30.09.2019 р., установки зі збору біогазу працювали на 19 полігонах ТПВ, а отриманий біогаз спалювався, частково з генерацією електричної енергії. Як показали наші розрахунки за 2017 р., таким чином вилучали лише 2% від загального обсягу утвореного у місцях захоронення ТПВ метану [8]. Решта місць захоронення ТПВ є джерелами пролонгованого впливу на довкілля, зокрема, у вигляді емісії парникових газів (ПГ). І хоча на сектор «Відходи» припадає лише 4% загальної емісії ПГ в Україні [17], він єдиний, який з 1990 р. має позитивну динаміку викидів, а емісія ПГ від захоронення ТПВ зросла на 26% за період 1990-2016 рр. Отже, невикористання ресурсного потенціалу таких відходів призводить до посилення екологічних проблем, пов'язаних із захороненням. А відвернення емісії ПГ за рахунок ефективного використання біоорганічних відходів можна розглядати як елемент стратегії зменшення викидів ПГ до атмосфери відповідно до Паризької угоди (2015 р.). Попутно відмітимо, що ПГ утворюються і за інших методів поводження з ТПВ – спалювання, відкритого компостування.

Прийнята у 2017 р. «Національна стратегія управління відходами в



Україні до 2030 року» передбачає «розроблення плану заходів щодо зменшення обсягів захоронення побутових відходів, що біологічно розкладаються». Але вважається [18, 19], що *першоосновою ефективного використання біоорганічних відходів є виділення органічних відходів, що легко розкладаються, із загального потоку ТПВ в момент утворення*. Тим самим ми підвищуємо ресурсну цінність решти потоку відходів, що незабруднені відходами, які легко загнивають. А також додатково забезпечуємо екологічну чистоту продуктів біохімічної переробки органічних відходів, що легко розкладаються. Практична реалізація вилучення відходів, що легко розкладаються, може бути організована шляхом установки диспоузерів з подальшою переадресацією у систему водовідведення, розвитку компостування у приватному секторі, створенням умов для приймання і подальшої утилізації потоку органічних відходів, що легко розкладаються. Всі ці напрямки успішно реалізуються в країнах ЄС. Наприклад, в контейнери чорного кольору можна викидати органічні відходи, що легко розкладаються. А компостування відходів приватних домогосподарств є розповсюдженою практикою. В Україні подібні відходи приватного сектору в містах майже не компостуються. В 2018 році розпочав роботу проект «Компола», в рамках якого 200 українських шкіл отримали компостери для переробки харчових відходів. Проект має на меті «підвищення рівня екологічної освіти та залучення молоді до практичних навичок сталого розвитку та споживання».

На сьогодні є основним рушійним фактором змін у сфері поводження з ТПВ. Громадська робота починається з активного виховання молоді, підвищення обізнаності населення і до реалізації практичних кроків для вирішення питань відходів. Варто звернути увагу на громадський проект «Україна без сміття», всеукраїнський соціальний проект «Батарейки, здавайтеся», акції та проекти Всеукраїнської екологічної ліги тощо. Необхідною умовою євроінтеграції вітчизняної практики поводження з

ТПВ є обмін досвідом в рамках стажувань, семінарів, тренінгів та освітніх проектів між країнами ЄС та Україною. Додаємо, що більшість успішних проектів з утилізації окремих компонентів ТПВ – це громадська ініціативи. Більшість громадських проектів з утилізації складових ТПВ неприбуткові та фінансуються за рахунок фандрейзінгу та фаундкрафтіngu – ефективних інструментів для реалізації принципу розширеної відповідальності виробника. Наприклад, в Одесі шляхом фаундкрафтіngu були зібрані кошти на сміттєсортувальну станцію.

Громадська зацікавленість у вирішенні проблеми ТПВ є необхідною умовою успішної реалізації Регіональних та місцевих планів управління відходами. Наприклад, попереднє сортування ТПВ утворювачем відходів дозволяє підвищити ефективність вилучення ресурсоцінних фракцій до 80%.

### 2.2.1 Світовий досвід використання біоорганічних відходів

У країнах Європейського Союзу управління відходами побудоване на виконанні відповідних Директив Європейської Комісії та національного законодавства. Директиви визначають порядок поводження з відходами, а національні уряди встановлюють цільові показники вилучення вторинних матеріальних ресурсів тому чи іншому виду відходів. Основне завдання – звести кількість відходів, що відправляються на полігони, – до мінімуму.

В ЄС ще в кінці 1990-х років було взято курс на радикальне скорочення біоорганічних відходів. Ідеальним способом переробки органічних кухонних, садових і сільськогосподарських відходів є компостування.

Всього в ЄС компостуванню піддається 1/5 всіх відходів. Основним стимулом для розвитку таких технологій стало прийняття директива 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 року по захороненню відходів [20].

Директива до 2006 року мала на меті скорочення обсягів біоорганічних відходів, які направляються на полігони, на 75% в порівнянні з 1995 р. Для досягнення цієї мети країни ЄС розробили відповідні плани по скороченню захоронення на полігонах біоорганічних відходів. Для скорочення обсягу цих відходів застосовують різні альтернативні технології, в т. ч. компостування.

Найбільш високий рівень компостування біоорганічних відходів досягнутий в Нідерландах, Бельгії, Австрії та Німеччини (більше 50%); найнижчий – у Великобританії та Ірландії (менше 5%).

Для виконання приписів директиви по захороненню відходів і скорочення кількості органіки на полігонах в більшості країн ЄС вивезення біоорганічних відходів на полігони заборонено.

За даними Євростату на 2010 р., всього 4 країни в Європі - Данія, Бельгія, Голландія та Швейцарія – захоронювали на полігонах менше 20% своїх відходів за рахунок застосування інших технологій переробки. В середньому ж в ЄС захоронюють на полігонах близько 2/3 всіх відходів.

Основними інструментами скорочення обсягів біоорганічних відходів, які захоронюються є: відповідні законодавчі акти; добровільні угоди і стимули; заборони на поховання несортованих муніципальних відходів; заборона на поховання біоорганічних муніципальних відходів; введення спеціальних критеріїв для оцінки якості сортування відходів, що вивозяться на полігони.

Унікальний інструмент пропонує Великобританія: торгівля дозволами на захоронення біоорганічних муніципальних відходів.

Великі виробництва (composter plants) при цьому охоплені Європейською мережею компостування (European Compost Network), що налічує 72 асоційованих члена з 27 країн ЄС, і яка обслуговує понад 3000 підприємств. Широко пропагуються «найкращі практики», з яких відзначимо наступні.

*Домашнє компостування в Італії (П'ємонт).* Проектом, здійснюваним з 2004 р. під загальним керівництвом «громадського консорціуму», охоплено 19 місцевих комун.

Програма мала на увазі три мети: покращити систему збору відходів, зменшити їх утворення і скоротити плату, що стягується з домогосподарств за їх вивезення. Просування проекту включало в себе такі заходи, як підготовка виставок, роз'яснювальна робота з місцевими муніципалітетами та громадськими організаціями, школами і сім'ями. На спеціальних курсах навчали різним способам компостування, поширювали технічну документацію і безкоштовно роздавали відповідні керівництва.

Кожне домогосподарство було забезпечено спеціальним обладнанням. Склалась мережа «ековолонтерів», яка активно брала участь в проекті; всю роботу обслуговував свій інтернет-сайт. В результаті методами «селективного» збору харчових відходів стали користуватися до 80% домогосподарств комун; 90% домогосподарств, як показав аналіз, освоїли способи домашнього компостування «на належному рівні»; повсюдно скоротилася плата за вивезення ТПВ.

*Домашнє компостування в графстві Кент (Великобританія).* Проект, що охоплює 95 тис. домогосподарств, реалізується з 1996 р., компостують переважно овочеві і фруктові відходи, а також дрібну садово-огородню зелень. Крім поводження з відходами, програма включає в себе «свідомий шопінг» (під гаслом «як заздалегідь мінімізувати відходи»), скорочення обсягів рекламної пошти, просування послуг по прокату різної побутової техніки замість її придбання, заохочення повторного використання предметів побуту. За пільговими цінами учасникам проекту було продано 103 тис. компостерів, а школи були забезпечені ними безкоштовно. Більш ніж 200 консультантів працювали з волонтерами, які потім надавали послуги домогосподарствам.

*Комунальне компостування у Фландрії (Бельгія).* Проект здійснюється з 1996 р. і охоплює понад 2 млн домогосподарств. Комунальне компостування в даному випадку означає систему, де створюються центри, куди домогосподарства найближчих місцевостей доставляють свої відходи для компостування.

На відміну від більшості інших проектів, дана програма розрахована не тільки на людей, що живуть в приватних будинках з садами, а й на тих, хто живе в багатоквартирних будинках. Створені «парки» розрізняються своїми розмірами - від малих (беруть участь менше 50 сімей) і середніх (від 50 до 100 сімей) до великих (беруть участь понад 100 сімей); в останньому випадку для компостування будуються спеціальні «павільйони». Фінансова підтримка надається муніципалітетами; роботи з компостування виконуються в основному волонтерами. Отриманий компост потім використовується в садах, парках і посадках.

*Загальнонаціональна кампанія «Love Food, Hate Waste» в Великобританії.* У проекті, що здійснюється з 2007 р. і спонсорується Міністерством екології країни, широко задіяні домогосподарства, муніципалітети та громадські організації.

Оголошені цілі проекту – скоротити використання пакувальних матеріалів, створити систему запобігання харчових відходів і відповідним чином змінити споживчу поведінку британців. Використовувалися наступні «інструменти»:

- а) широке висвітлення проекту в ЗМІ - газетах, журналах, на радіо;
- б) рекламування – поширення брошур, проведення зустрічей з громадянами;
- в) використання Інтернету – підтримка сайту, що містить поради, рекомендації і більш розлогі матеріали про компостування;
- г) залучення торгуючих організацій – підприємства роздрібної торгівлі як учасників програми;

д) залучення громадських організацій – особливо жіночих асоціацій;  
е) участь місцевої влади – їх залучення в проект і інформування про хід його здійснення.

Моніторинг за розвитком проекту показав, що з початку його здійснення в масштабах країни вдалось запобігти утворенню 130 тис. т харчових відходів

У Великобританії на основі добровільної угоди між супермаркетами і організацією «Програма дій по відходам і ресурсам» реалізується проект з поширення пакувальних матеріалів, що розкладаються.

Угода підписана 35 великими роздрібними мережами і дистриб'юторами, що представляють 92% бакалійного ринку країни. Особливий розділ програми - робота з домогосподарствами: в цій частині реалізуються ініціативи щодо скорочення харчових відходів у населення. У загальнонаціональному масштабі розгорнута програма «Національний промисловий симбіоз», що охоплює протяжні виробничі ланцюжки - від видобутку (отримання) сировини до управління відходами. Ключове слово «симбіоз» в даному випадку означає розширюється практику обміну матеріалами між різними виробництвами на широкій географічній основі. Одночасно в країні розвивається проект «Переполовинити звалища», орієнтований на скорочення відходів, що виникають при будівництві або знесення споруд.

У Франції компанія «Eco-Emballages» здійснює підготовку кадрів і консультування всіх бажаючих, але переважно студентів інженерного профілю, з питань мінімізації відходів пакувальних матеріалів [21].

В Ірландії під егідою Національного комітету із запобігання відходів працює так звана «Ініціатива зеленого бізнесу », що надає сприяння підприємствам і організаціям в трьох сферах - відходи, водні ресурси та енергетика. Крім того, тут розгорнуті програми по технічному сприянню, фінансуванню і стимулюванню малих і середніх підприємств, неурядових

організацій та місцевої влади, які здійснюють проекти щодо запобігання утворення відходів. Створено Центр чистих технологій - неприбуткова дослідницька організація, що забезпечує наукову підтримку в даній області.

У Фінляндії реалізується програма «Розумніше з меншими відходами», яка співпрацює з приватними підприємцями, муніципальними властями і домогосподарствами.

В Австрії закон «Про управління відходами» передбачає початковий екодизайн продуктів, відповідну організацію виробничих і розподільних процесів і роботу зі споживачами. Серед іншого розвиток тут отримали:

1) «блошиний ринок» на основі Інтернету, через який продаються товари народного споживання, будівельні та садові інструменти; 2) центри ремонту та обслуговування - десятки невеликих центрів, де можна дешево відремонтувати побутову електротехніку; 3) програми в дусі «змінити стиль життя», що роблять акцент на послуги замість придбання товарів.

В Австралії, наприклад, працює система мішків із бирками і розігруються призи за участь у роботі схеми роздільного збору (на кожен мішок, призначений для роздільного збору відходів, прикріплюється бирка зі штрих-кодом; щотижня проводиться розіграш, після чого мішок переможця перевіряють – і якщо відходи в ньому відсортовані належним чином, він одержує приз

Як і в Україні, у розвинених державах, найпроблематичнішим є муніципальний сектор: змішані відходи, які створюються мільйонами людей. Але закордоном і тут досягнуто такого прогресу, який мало хто пророкував ще років 10 тому. Деяким європейським муніципалітетам вдалося вийти на рівень, характерний для комерційних відходів (70—80 %). Міста, регіони і навіть цілі держави подолали у сфері роздільного збирання і переробки 50 %-й бар'єр – показник, після подолання якого залишкові відходи становлять меншу частку, що є психологічно дуже важливим.

### 2.2.2 Використання біоорганічних відходів в Україні

Біоорганічні відходи в Україні сьогодні в основному не утилізуються, а видаляються на полігони та звалища. З біоорганічних відходів, що входять до складу ТПВ, утилізуються лише папір і картон, а також незначна частина харчових та СПВ.

Основна ситуація, яка відбувається з відходами паперу та картону в Україні та в інших країнах світу, представлена на рис.2.3. Термін розкладання на звалищі становить 2 – 3 місяці для газетного паперу, 1 рік для картону і 2 роки для офісного паперу. Виготовлення паперу з вторсировини вимагає меншого споживання ресурсів, тому є більш екологічним. Переробка тони макулатури заощаджує 20000 літрів води, електроенергії близько 1000 КВт, зменшує кількість викидів вуглекислого газу на 1700 кг, в порівнянні з виробництвом паперу з дерева. Відпадає необхідність використовувати хімічні речовини.

Переробці підлягають сухі і чисті паперові відходи. Упаковка з паперу не повинна містити залишків харчових продуктів або інших забруднень. Сміття з паперу, який підлягає переробці, слід викидати в контейнер синього кольору, якщо він встановлений біля будинку. Такий колір маркування баків для побутових відходів діє в європейських країнах. В Україні можливі відмінності в маркуванні контейнерів для збору паперових відходів. На рис.2.4. представлено географічне розташування підприємств України із переробки паперу та картону.



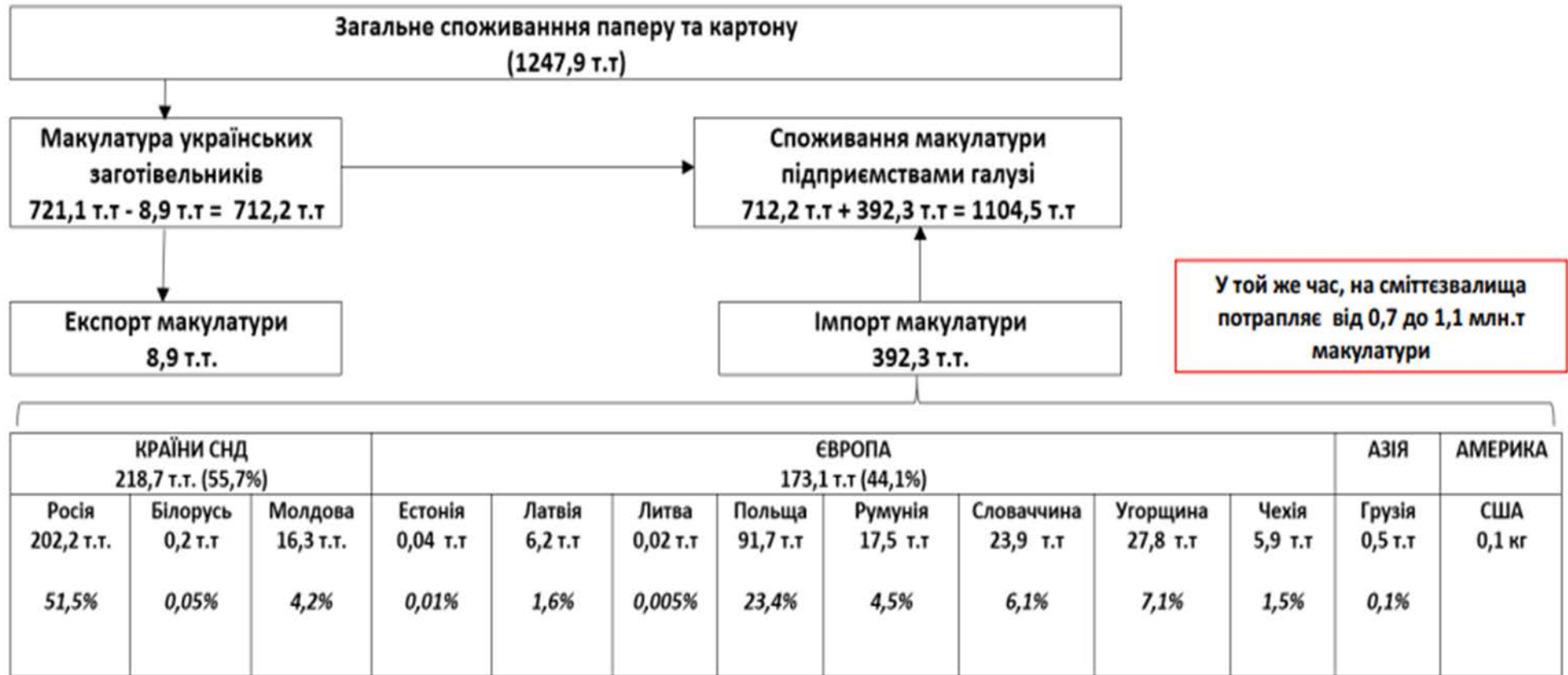


Рис.2. 3 – Ринок макулатури України за підсумками 2018 року  
(за даними Українського виробничо-екологічного об'єднання «Укрвторма»)



Рис.2.4 – Розташування підприємств із переробки макулатури  
(за даними за даними Українського виробничо-екологічного об'єднання «Укрворма»)

Щодо текстильних відходів споживання, які також входять до складу біоорганічних, то вони мають змішаний склад, розділені за типами волокон, часто забруднені і являють собою вагомий клопоть тканин.

Для скорочення обсягів відходів, що видаляються на звалища і полігони ТПВ, і зменшення їх негативного впливу на НПС текстильні відходи необхідно залучати до матеріального виробництва в якості вторинної сировини. Будь-яка технологія переробки текстильних відходів повинна включати стадії підготовки вторинної текстильної сировини, склад операцій якої залежить від джерела надходження сировини та його подальшого використання. Так, підготовка вторинної сировини, що надходить від населення, включає наступні технологічні операції: дезінфекцію, обезпилювання, сортування, прання або хімічистку, різання і розволокнення. При підготовці вторинної текстильної сировини, що надходить зі сфери виробництва, такі технологічні операції, як дезінфекція, прання або хімічистка, відпадають.

Більшу частину текстильних відходів виробництва і споживання використовують в якості вторинної сировини при виробленні нетканих матеріалів. Технологічний процес виробництва нетканих матеріалів складається в основному з чотирьох етапів: підготовка волокна (розволокнення, очищення, змішування), формування волокнистого полотна, закріплення волокон в полотні, обробка отриманого матеріалу. Існує багато видів продукції, одержуваної від текстильних відходів виробництва і споживання, - це утеплювачі різного призначення, канати, шнури, мішечні тканини та інші вироби.

Переробка текстилю та виготовлення одягу з переробленого текстилю – нова перспективна галузь для України. Це можливість і зменшити обсяги текстилю, який викидається на звалища, і для розвитку нового сегмента бізнесу та дизайну, і просувати «зелений» спосіб життя.

Як, вже зазначалося вище приблизно 4-6% всього побутового сміття в Україні - це текстиль, який міг би бути використаний повторно, але, разом з тим, викидається на звалища. В Україні повторним виробництвом зі старих речей і одягу займаються близько 30 дрібних компаній.

У текстильній промисловості відходи завжди перероблялися у власному виробництві. Але у нас немає культури збору відходів. За нашою інформацією, в Україні у вторинній переробці використовується близько 3% відходів – при тому, що в ЄС це більше 70%. І це при тому, що ми завозимо секонд-хенд з-за кордону, але у нас ніхто не намагається налагодити такий бізнес.

У Європі виробництво одягу зі старого одягу вже перетворилося в окремий тренд. В цьому напрямку працює ряд компаній і дизайнерів. «Столицею» цієї моди став Берлін, де таких ініціатив дуже багато. Виник навіть окремий вид дозвілля - екскурсії по магазинах, які продають вироби з переробленого текстилю. Так як це бренд, ціни істотно вище, ніж на звичайну новий одяг. Стартова ціна за чоловічу сорочку від 150 євро. Налагодилося тісне співробітництво між дизайнерами і компаніями по переробці текстилю, такими як «Соекс»: їм можна на вигідних умовах замовити певну кількість тканини.

Голландська компанія «Mud Jeans» працює з ношеними джинсами: джинсову тканину подрібнюють до вати і з неї роблять нову тканину для нових штанів. Подібні компанії також є в Фінляндії, Данії та інших скандинавських країнах, і в Азії, зокрема в Китаї та Тайвані.

Так що переробка текстилю або пошиття одягу з переробленого текстилю - це екологічна ініціатива, підприємці можуть почати свій проект за гранти. Найбільш доступна програма – проект ЄС «Горизонт 2020». Він розрахований на 6 років і щороку пропонують нові грантові програми. Там можна отримати грант на відповідні наукові розробки, просування лідерства індустрії, модернізацію процесів.

Ще одна можливість - ініціатива «План дії ЄС щодо одягу». Можна також приєднатися до трьох голландським компаніям, які в рамках цієї програми взяли грант на розробку нових, більш утилітарних моделей костюма і тканин, які можна було б віддавати на повторну утилізацію. Також доступне кредитування від Європейського інвестиційного банку та ЄБРР. Закупити інноваційне обладнання можна і за підтримки українського Центру ресурс-ефективного і чистого виробництва.

В Україні, а саме в м.Одеса ще в 2018 році запрацювала благодійна організація «Речі, які допомагають», яка безкоштовно встановлює в різних частинах міста спеціальні бокси для збору непотрібного або зіпсованого одягу та текстилю. Тепер замість того, щоб викидати річ, можна віддати її в благодійні організації або на переробку. На сьогодні вони стоять на території Зеленого театру (парк Шевченка), в Impact Hub Odessa (вул. Грецька, 1а), а також на території житлових комплексів «Руслан і Людмила», «Гольфстрім» і «Альтаір». Команда веде переговори з ще декількома ОСББ, торговими комплексами, компаніями та організаціями. Наприклад, співробітники Netpeak Agency і iQSpace вже проявили бажання скористатися можливістю віддати речі на переробку і встановити контейнер у себе в офісі

За 18 місяців проект встановив по всьому місту 40 зелених контейнерів і 20 дерев'яних боксів для збору речей, куди одесити принесли 185 тонн речей. З них 40 тонн були передані благодійним фондам для громадян похилого віку, дитячих будинків. Іншу частину речей проект переробив або реалізував в магазині «Добробутік».

В результаті вдалося виручити 904 888,69 гривні, з яких 602 343,06 гривні пішли на покупку медичного обладнання в дитячу обласну лікарню, 160 000 гривен на обладнання в пологовий будинок № 4, а решта 142 545,63 гривні пішли на покупку ліків для дитячих лікарень міста.

### 3 ОСНОВНІ ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІООРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ У СКЛАДІ ТПВ

Поводження з відходами розглядається як джерело емісії ПГ. Основні процеси, для яких проводиться інвентаризація викидів ПГ [2]: видалення відходів, біологічна обробка відходів, інсинерація і відкрите спалювання відходів, очищення і скид стічних вод.

Для оцінки емісії ПГ (зокрема, метану) використовують методи масового балансу і згасання (розкладання) першого порядку, в основу яких покладений процес анаеробної деструкції органічної речовини з утворенням відповідних продуктів розкладання. На основі методу згасання першого порядку розроблені дві найбільш використовувані моделі: 1) модель IPCC, запропонована МГЕЗК; 2) модель LandGEM (Landfill Emission Gas Model – LandGEM), розроблена Агентством з охорони довкілля США (U.S. EPA). В Україні оцінка емісії метану з місць захоронення ТПВ (при складанні Національного Кадастру) проводиться за допомогою Національної багатокомпонентної моделі на основі методу загасання першого порядку третього рівня деталізації (далі - Національна модель), яка розроблена в Інституті технічної теплофізики Національної Академії Наук України (Національний Кадастр ..., 2015) [22].

#### 3.1 Характеристика Національної моделі

Національна модель використовується в розрахунках викидів метану при складанні Національного кадастру [2]. Модель заснована на залежності утворення метану від характеристик відходів і умов захоронення, які визначають проміжний розрахунковий показник – кількість органічного вуглецю, здатного біологічно розкладатися і, відповідно, переходити в метан. Основою для розробки Національної моделі є методика оцінки емісії

метану, яка запропонована Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) і розробки [22].

Емісія метану з місць захоронення відходів  $Q(t)^{em}$  розраховується наступним чином:

$$Q(t)^{em} = [Q(t) - R] \cdot (1 - OX), \quad (3.1)$$

де  $Q(t)$  – кількість метану, що утворюється за час  $t$  т;

$R$  – маса зібраного метану, т;

$OX$  – фактор окислення метану (через відсутність даних = 0).

Таким чином, за умови відсутності системи збору та утилізації біогазу на полігонах ТПВ емісія метану повністю визначається величиною утворення в тілі полігону ( $Q(t)$ ).

Утворення метану при похованні ТПВ, вивезених за поточний і попередні роки, розраховується як:

$$Q(t) = \sum_{j=1}^m \sum_{s=1}^n A \cdot k_j \cdot MWS_i \cdot MWS_{i,j} \cdot L_{oi,j} \cdot e^{-k_j \cdot (t-x)}, \quad (3.2)$$

де  $A$  – нормалізуючий множник, який визначається за формулою (3.3)

$$A = (1 - e^{-k_j}) / k_j, \quad (3.3)$$

де  $k_j$  – постійна темпів утворення метану для  $j$ -го компонента ТПВ, рік<sup>-1</sup> (табл. 3.1);

$MWS_i$  – загальна маса ТПВ, похованих в рік  $i$ , т / рік;

$MWS_{s,j}$  – вміст  $j$ -го компонента в ТПВ в  $i$ -му році, %;

$t$  – розрахунковий рік (якщо необхідно провести розрахунки за один рік, то  $t = 1$ ), рік;

$x$  – період, за який вносяться дані, рік;

$L_{oi,j}$  – потенціал утворення метану в рік  $i$ , т $CH_4$  / тТПВ.

$$L_{oi,j} = DOC_j \cdot DOC_F \cdot F \cdot 16/12 \cdot MCF_i, \quad (3.4)$$

де  $DOC_j$  – загальна кількість органічного вуглецю, здатного біологічно розкладатися, в  $j$ -ій фракції, тС/ ТПВ;

$DOC_F$  – частина вуглецю, яка бере участь в реакціях розпаду ( $DOC_F = 0,5$ );

$F$  – вміст метану в біогазі ( $F = 0,5$ );

16/12- коефіцієнт перерахунку вуглецю в метан;

$MCF_i$ - фактор корекції утворення метану, що залежить від захоронення ТПВ (табл.3.2).

Як видно з наведених рівнянь, кількість метану, який утворюється в місцях захоронення ТПВ, залежить від ряду факторів, що характеризуються певною специфікою на національному та регіональному рівнях: морфологічний склад і вміст біодоступного вуглецю в окремих компонентах ТПВ, а також умови захоронення ТПВ (природні і технічні).

Основним джерелом вуглецю для утворення метану є компоненти ТПВ, які містять біодоступний вуглець.

Показник  $k_j$  - це одна з констант моделі, яка визначає швидкість розкладання відходів і виробництво біогазу, визначається покомпонентно і залежить від таких факторів, як вологість, рН відходів, вміст біогенних елементів і температура, тобто частково від кліматичних особливостей території, де розташоване місце поховання ТПВ (табл.3.1).



Таблиця 3.1 – Значення параметрів  $k_j$  на різних рівнях деталізації [23]

№	Компонент	$k_j, \text{рік}^{-1}$			
		IPCC модель	Ukraine LFG Model	Національна модель	
				національний рівень	регіональний рівень
I	Папір та картон	0.06	0.027	0.048	0.024
II	Текстиль				
III	Харчові відходи	0.185	0.135	0.110	0.120
IV	Деревина	0.03	0.0135	0.024	0.012
V	Садово-паркові відходи	0.1	0.068	0.07	0.06
VI	Засоби особистої гігієни	0.1	–	0.048	0.120
VII	Шкіра та гума	–	0.0135	0.048	0.012
Середнє значення для України	для	0.1296	0.0948	0.0829	–
		0.1127	0.0879	0.0875	
Середнє значення для Одеської області	для	–	0.0749	–	0.0758

Таблиця 3.2 - Значення показника  $MCF_i$  (Керівні принципи, 2006 [24])

Типи полігонів та звалищ	$MCF_i$
Керовані анаеробні	1.0
Керовані піванаеробні	0.5
Некеровані глибокі	0.8
Некеровані неглибокі	0.4
Некласифіковані	0.6
Середнє значення для України, починаючи з 2008 (Національний Кадастр..., 2018)	0.726

Значенням  $MCF_i = 0,6$  для некласифікованих полігонів і звалищ рекомендується користуватися як уставне значення в разі відсутності інформації про розподіл місць захоронення за першими чотирма категоріями. Як видно з табл. 3.2, уточнення даного параметра для України підвищує точність розрахунків.

### 3.2 Порівняння різних технологій утилізації біоорганічних відходів у складі ТПВ за допомогою WARM-моделі

Нами проведений альтернативний аналіз різних технологій поводження з біоорганічними відходами з використанням моделі Waste Reduction Model(WARM). За допомогою порівняння базового та альтернативного сценаріїв поводження з ТПВ, WARM дозволяє оцінити енергетичні наслідки і викиди ПГ. В основі моделі лежить концепція життєвого циклу в дещо скороченому варіанті, який можна визначити як «життєвий цикл відходів». Для практичної реалізації моделі WARM розроблена програма, яка дозволяє оцінити і порівняти утворення ПГ для різних методів поводження з компонентами ТПВ, включаючи зміни в споживанні матеріальних і енергетичних ресурсів, необхідних для виробництва продукції, які в процесі використання переходять в категорію відходів [25].

Таблиця 3.3 – Утворення ПГ за різних методів поводження з ТПВ [25]

Поводження	ПГ	Оцінка викидів за Кадастром [2]	
		маса, тис. тCO <sub>2</sub> -екв.	динаміка 1990-2016 гг., %
Захоронення	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, НЛОС	8231,30	25,96 ↑
Спалювання	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> , C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	11,32	68,7 ↓
Компостування (ТПВ та інші відходи)	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O, C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	34,68	0,9 ↑

Модель WARM розраховує емісію ПГ з урахуванням наступних факторів (процесів): 1) емісія ПГ протягом «життєвого циклу» продукції, включаючи обраний метод поводження з нею в якості відходів; 2) ступінь впливу на поглинання вуглецю – виробництва продукту, рециклінгу та розміщення відходів; 3) ступінь заміни первинних енергетичних ресурсів, що також зменшує емісію ПГ при виробленні енергії. Програма WARM була використана нами для порівняння різних технологій утилізації

біоорганічних відходів у складі ТПВ. Для розрахунку були обрані такі види біоорганічних відходів, як: харчові відходи, садово-паркові відходи, деревина, папір та картон. Як базовий варіант поводження з вищезазначеними відходами було обрано захоронення. Результати розрахунку представлені в табл. 3.4 (маса відходів дорівнювала 100 т).

Таблиця 3.4 – Порівняння технологій утилізації біоорганічних відходів за допомогою WARM-моделі

Види поводження з відходами	Види відходів			
	Папір та картон	Харчові відходи	Деревина	Садові-паркові відходи
	зміна утворення ПГ, $10^3$ т $CO_2$			
Рециклінг (Recycled)	-368,85	-	-	-
Компостування (Composted)	-63,42	-67,65	11,82	34,94
Спалювання (Composted)	-	-71,82	-	37,00
Анаеробне зброджування (Anaerobically Digested)	-	-60,03	-	41,61
Скорочення споживання вихідних матеріалів (Source reduced)	-621,67	-420,19	-317,18	-

Аналіз табл. 3.4 дає змогу виявити, що найбільш привабливим з точки зору зменшення емісії ПГ є скорочення споживання вихідних матеріалів. Саме такий підхід до раціонального використання сировини дозволяє зменшити надходження ПГ до атмосфери. Наприклад, у випадку 100 т паперу це складає  $621,67 \cdot 10^3$  т, що еквівалентно викидам від 11 транспортних засобів. Інша ситуація виникає у випадку садово-паркових відходів. Будь-які методи поводження з ними дають більшу емісію, аніж захоронення [26,27].

### 3.3 Розробка ефективної моделі використання біоорганічних відходів

Ми вважаємо, що першоосовною ефективного використання біоорганічних відходів є виділення органічних відходів, що легко розкладаються (див. табл. 1.1), із загального потоку ТПВ в момент утворення [18, 19]. Цей підхід покладений в основу Концепції управління твердими муніципальними відходами, яка розроблена в ОДЕКУ [18, 28]. Відповідно до цієї Концепції, загальний потік відходів в місці утворення розподіляється на такі потоки: 1) органічні речовини, що легко розкладаються; 2) потенційні вторинні матеріальні ресурси, в т.ч. інертні мінеральні великогабаритні відходи; 3) небезпечні відходи.

З огляду на характеристики компонентів ТПВ, що містять біодоступний вуглець (табл. 1.1), нами представлені основні напрямки утилізації (рис. 3.1).

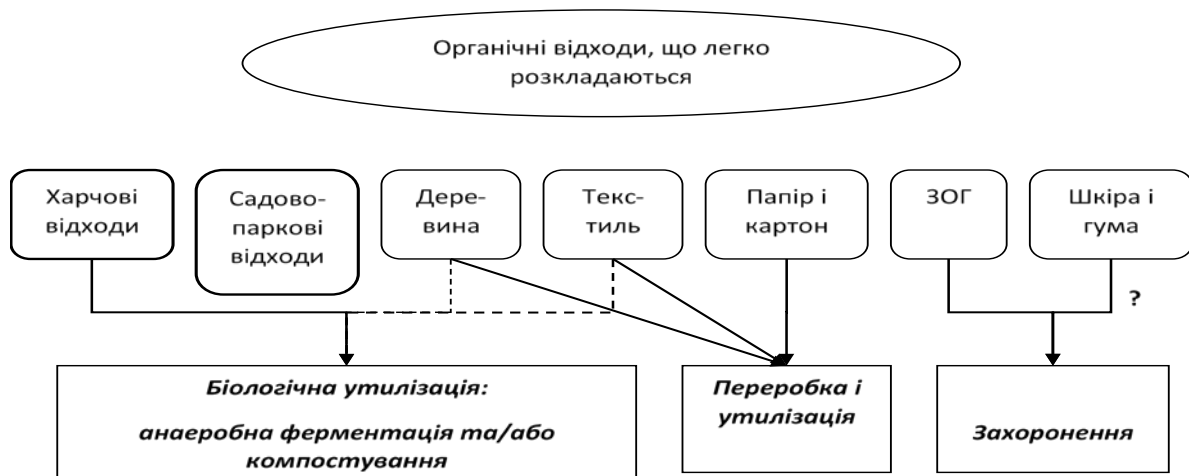


Рис. 3.1 – Напрямки утилізації компонентів ТПВ, що містять біодоступний вуглець

Щодо засобів особистої гігієни, то найбільш доцільним було б термічне знешкодження, але з огляду на неможливість селективного збору відходів, що становлять біологічну небезпеку, найбільш вірогідним є їх захоронення. Така група відходів, як шкіра і гума, також можуть бути захоронені через значну диференціацію складу, що ускладнює утилізацію.

Проте, в загальній масі таких відходів лише 1,6%. Альтернативою для захоронення цих двох груп відходів може стати термічна обробка різними методами. Такі компоненти, як деревина і текстиль, можуть бути утилізовані окремо, а у разі відсутності спеціальних методів, додаватися до групи харчових і СПВ, що спрямовуються на біологічну утилізацію. Щоправда, необхідна попередня обробка таких відходів.

Рекомендовані напрямки утилізації біоорганічних відходів наведені у табл. 3.5.

### 3.5 Особливості утилізації потоку органічних відходів, які легко розкладаються

Отже, на початковому етапі життєвого циклу ТПВ необхідно забезпечити відділення потоку таких відходів – харчових і садово-паркових (це так звана «волога фракція» ТПВ). І якщо у випадку харчових відходів їх важко відокремити від решти відходів, що утворюються в житловому секторі, то СПВ є відокремленими від решти відходів в момент утворення. Але за існуючою на сьогодні практикою поводження вони долучаються до загального потоку ТПВ, який далі надходить на звалища і полігони.

Найкращім підходом щодо поводження, наприклад з СПВ є їх компостування, яке може проводитись аеробним (відкритим) та анаеробним способом. Окреме збирання СПВ та можливість долучити до них харчові відходи є реальною основою для впровадження ефективної системи поводження з ТПВ.

Але спільне компостування СПВ та харчових відходів має певні обмеження щодо подальшого використання компосту по причині можливого забруднення СПВ важкими металами.

Таблиця 3.5 – Напрями поводження з біоорганічними відходами у складі ТПВ [29]

Група відходів	Види	Особливості поводження	Продукт	Коментар
Потенційні вторинні матеріальні ресурси	Папір та картон	збір, сортування та рециклінг	сировина для целюлозно-паперових комбінатів	певна частина фракції не підлягає переробці, але може бути додана до органічних відходів, які легко розкладаються, що надходять на МБО
	Текстиль	збір, сортування та повторне використання	секонд-хенд ганчір'я	ефективне повторне використання, скрутна переробка
	Деревина	подрібнення, МБО або використання як палива	пелети	найбільшого поширення набуло використання в якості палива
	Гума та резина	захоронення чи спалювання		внаслідок значного розмаїття складу і незначного вмісту сортувати і переробляти економічно не вигідно
Органічні відходи, які легко розкладаються	Садово-паркові	механіко-біологічна обробка (МБО): компостування або анаеробна ферментація	біогаз і/або компост	найбільш ефективною є анаеробна ферментація, оскільки дозволяє отримати два продукти - біогаз і компост, а також нульову емісію парникових газів
	Харчові відходи			
Небезпечні відходи	Засоби особистої гігієни	спалювання або захоронення		відносяться до біологічно небезпечних відходів, вимагають спеціальних походів до поводження

Відомо, що рослини здані поглинати забруднюючі речовини, а окремі з них накопичуються у листві і згодом переходять до СПВ. Тому необхідно проводити біохімічні дослідження таких відходів, на основі якого приймати рішення щодо спільного або окремого компостування або ферментації з харовими відходами. За умови забруднення СПВ їх доцільно компостувати окремо та використовувати цей компост: як добриво для міських ґрунтів або (при значному забрудненні) переробити отриманий компост повторно для зменшення маси. Для ефективного використання СПВ необхідно визначити їх кількісні та якісні характеристики, відповідно до яких приймати рішення щодо утилізації таких відходів. Також необхідно визначити допустимий вміст забруднюючих речовин в СПВ, які компостуються, з огляду на можливі напрямки використання такого компосту [5].

Найкращім підходом до диференціації потоку ТПВ з метою отримання ВМР є виокремлення із загального потоку групи органічних відходів, які легко розкладаються. І якщо у випадку харчових відходів їх важко відокремити від решти відходів, що утворюються в житловому секторі, то СПВ є відокремленими від решти відходів в момент утворення. Але за існуючою практикою поводження вони долучаються до загального потоку ТПВ, які далі надходять на звалища і полігони. Невикористання ресурсного потенціалу таких відходів та розкладання на полігонах і звалищах призводить до утворення та емісії парникових газів до атмосфери. Наприклад, якщо врахувати середній вміст СПВ в ТПВ українських міст (3,6%), то захоронення річної маси таких відходів призведе до утворення 1,42 тис. т метану за перший рік після розміщення, що складає 5,4% від загальної емісії метану від деструкції біоорганічних компонентів ТПВ на звалищах і полігонах (розрахунки виконані на основі Національної багатокомпонентної моделі на основі методу згасання першого порядку третього рівня деталізації, що використовується при складанні Національного Кадастру).

Відділяючи органічну фракцію, яка легко розкладається, із

загального потоку ТПВ у момент утворення, ми тим самим підвищуємо ресурсну цінність як потоку ВМР, так і забезпечуємо екологічну чистоту продуктів біохімічної переробки органічних відходів, що легко розкладаються. небезпечні відходи з ТПВ, за відсутності адресного збору, залишаються в потоці ВМР. Для попередження зниження якості вторинних матеріальних ресурсів відділення органічних відходів, які легко розкладаються, повинно відбуватися в мінімально короткі терміни після її утворення.

Можливі три варіанти досягнення необхідної умови:

1) відділення органічних відходів, що легко розкладаються, від загального потоку відбувається у момент утворення цієї фракції за допомогою її подрібнення в диспозері з подальшою переадресацією в систему каналізації (висотні будинки і будинки підвищеної комфортності, об'єкти міської інфраструктури);

2) вилучення органічних відходів, що легко розкладаються, здійснюється за рахунок компостування, зброджування та/або вермікультивування за місцем утворення (будинки приватного сектора);

3) виділення органічної фракції із загального потоку ТПВ проводиться шляхом організації «роздільного збору» за місцем утворення з переадресацією на підприємства по промисловому виробництву біоорганічної продукції (для будь-якого типу селітебного району, але найбільш доцільне в районах типової забудови) [18, 28].

Реалізація принципу диференціації потоку ТПВ в момент утворення дає змогу отримати високоякісну сировину з харчових та СПВ для подальшої переробки. В якості методу утилізації харчових та садово-паркових відходів рекомендуємо анаеробну ферментацію, що дозволяє отримати два цінних продукти – біогаз та компост, а також попереджає емісію ПГ.

Для потоку відділеної в момент утворення органічної фракції, що легко розкладається, авторами Шаніна Т.П., Губанова О.Р., Сафранов Т.А.,



Коріневська В.Ю. розроблена корисна модель, яка рекомендує спосіб комплексної утилізації, при якому її піддають послідовній обробці: анаеробній ферментації з отриманням біогазу і твердого продукту, а отриманий твердий продукт піддають аеробному компостуванню [28]. Технологічна схема реалізації цього способу утилізації органічних відходів представлена на рис. 3.2.

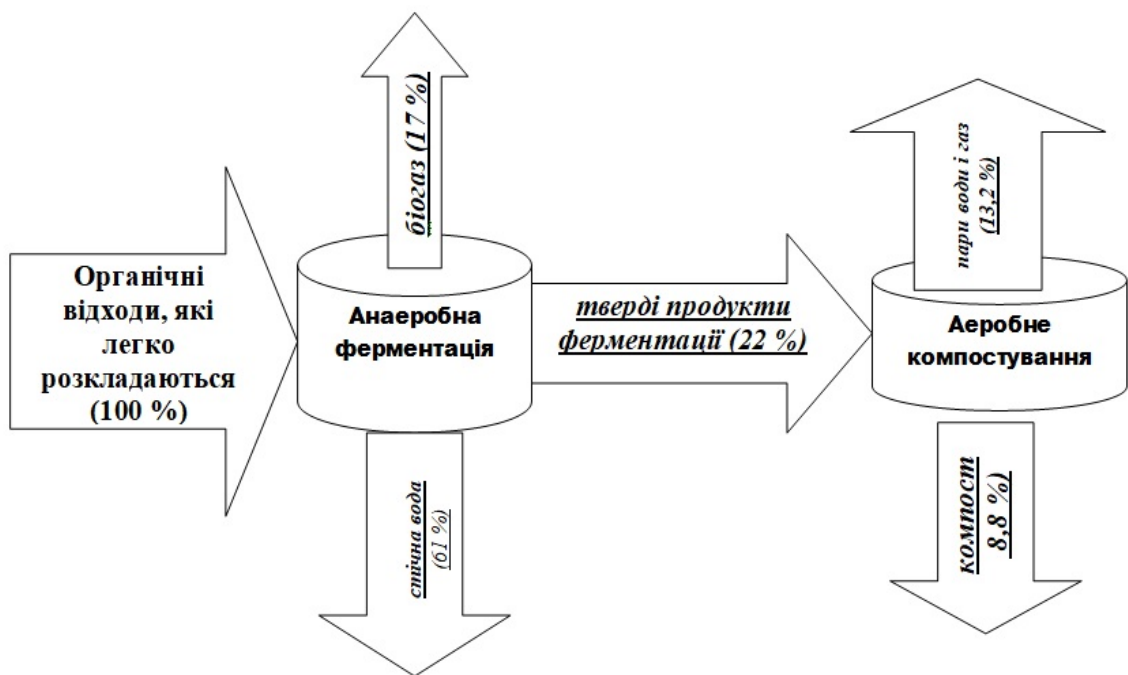


Рис. 3.2 – Схема комплексної утилізації біоорганічних відходів [28]

Додатковим джерелом органічної сировини можуть бути промислові органічні відходи, що легко розкладаються (наприклад, від харчової промисловості), сільськогосподарські відходи і осадки із загальноміських очисних споруд.

Якщо не проводити другий етап комплексної утилізації біоорганічних відходів для зменшення маси отриманих твердих продуктів ферментації, то отримаємо фактично нульову емісію  $CO_2$  та парів  $H_2O$  (за винятком технологічних втрат біогазу  $\approx 5\%$ ) [19].

В загальному випадку систему управління та поводження з ТПВ із

вилученням потоку органічних відходів, що легко розкладаються, можна представити у вигляді схеми на рис. 3.3 без урахування глибини вилучення як «вологої фракції», так і глибини подальшого сортування «сухої фракції» на сміттесортувальній лінії [19].

Авторами роботи [19] показано, що за умов охоплення населення сортуванням на рівні 23% та глибини сортування «сухої фракції» на сміттесортувальній лінії – 80%, для загального потоку ТПВ вилучення окремих ресурсоцінних фракцій становитиме: ВМР – 5,9%; харчові відходи – 8,3%; садово-паркові – 9,8%. Разом це становитиме 24% від загальної маси ТПВ, що означає перевищення визначеного Національною Стратегією рівня перероблення відходів на рівні 15% до 2023 року.



Рис. 3.3 – Схема розподілу потоку твердих побутових відходів та отримання сировини і продуктів переробки за умови відділення «вологої фракції» відходів [18]

Але за відсутності комплексів механіко-біологічної переробки «вологої фракції» вона спрямовується на полігон, що не дозволяє досягти 15% рівня переробки. Тому у цьому випадку досягнення рівня переробки 15% можливе за рахунок збільшення охоплення населення роздільним збиранням хоча б на рівні 50%.

За умови 48%-го охоплення населення роздільним збиранням (3 етап реалізації Національної Стратегії [14], авторами статті [18] визначено: ВМР – 12,3%; харчові відходи – 17,3%; садово-паркові – 9,8%, що разом становитиме лише 39,4% за необхідних 50%! Це означає, що необхідно збільшити охоплення населення роздільним збиранням до 65% або виділити додаткові потенційні ресурси – деревина та залишки сортування, що можна розглядати як паливо [18]. Як бачимо, залучення біоорганічних відходів у загальну систему управління та поводження з ТПВ є необхідним.

## 4 ПОВОДЖЕННЯ З БІООРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Для Одеської області проблема ТПВ є досить актуальною. До 2005 року в Одесі для утилізації твердих побутових відходів використовувалися два полігони – ТПВ-1 в районі «Дальницьких кар'єрів» (Овідіопольський і Біляївський райони Одеської області) та ТПВ-2 в районі цементного заводу (вул. Хутірська, 70). В даний час полігон залишився один – на території «Дальницьких кар'єрів», який працює з 1968 р. У 2005 році, з огляду на численні скарги мешканців, що проживають і працюють в районі кар'єра цементного заводу, виконавчим комітетом Одеської міської ради було прийнято рішення закрити друге звалище. Площа полігону «Дальницькі кар'єри» складає 96,2 га, відстань від м.Одеса 45 км, загальне навантаження – 700 тис. тонн/рік. На сміттєзвалище приймаються тверді побутові та промислові відходи 3-4 класів небезпеки.

На сьогодні в Одеській області утворюється близько 5,6 млн. м<sup>3</sup> ТПВ, а це 9% від загального об'єму утворюваних відходів в Україні. Практично весь обсяг ТПВ захоронюється на звалищах і полігонах, загальна кількість яких в 2017 р. склала 614 , а площа – 1274,9 га [31].

### 4.1 Оцінка вмісту компонентів, що містять біодоступний вуглець, у побутових відходах Одеської області

Дані щодо вмісту компонентів, які здатні до біорозкладання, у ТПВ Одеської області, наведені в роботі [4]. За цими даними, морфологічний склад ТПВ Одеського регіону представлений на рис. 4.1.

Більш детально морфологічний склад ТПВ охарактеризований у Звіті [32]. За цими даними, морфологічний склад ТПВ Одеського області представлений на рис.4.2.

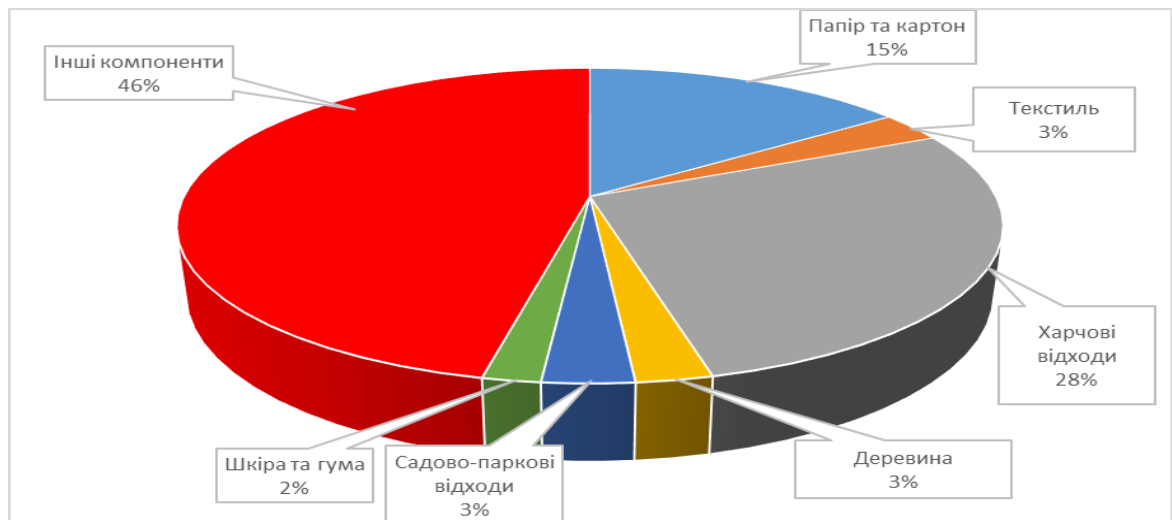


Рис. 4.1. – Морфологічний склад ТПВ в Одеській області [4]

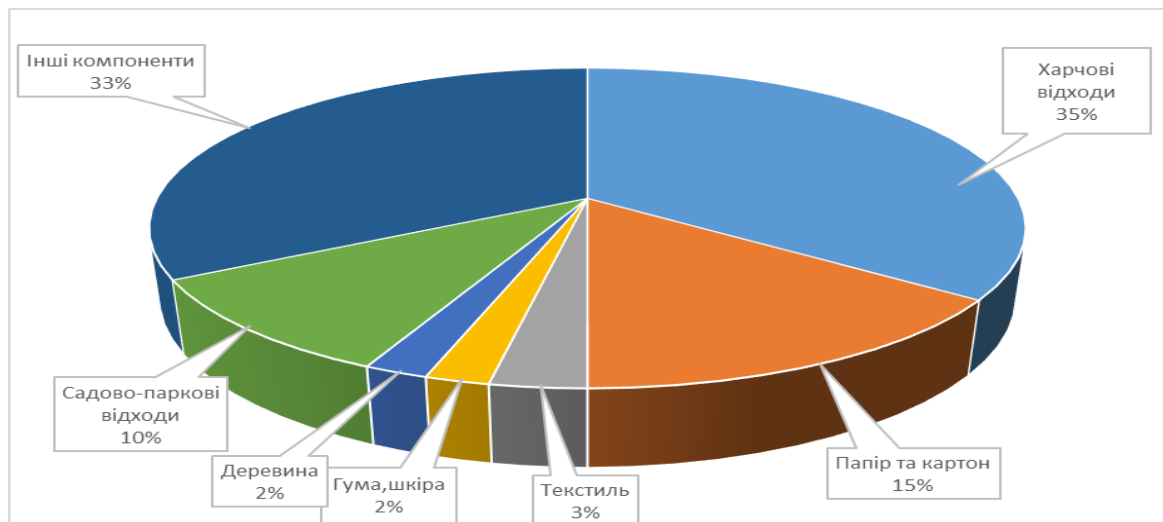


Рис. 4.2 – Морфологічний склад ТПВ в Одеській області [32]

Порівнюючи морфологічний склад ТПВ за даними [4] та [32], можна стверджувати, що основна відмінність полягає у визначенні вмісту садово-паркових відходів та харчових відходів.

За даними анкетного опитування щодо морфологічного складу ТПВ міст та районів Одеської області (18 анкет) [32], розрахуємо середній вміст досліджуваних компонентів ТПВ.

Для оцінки мінливості вмісту окремих компонентів у складі ТПВ на території Одеської області використаємо коефіцієнт варіації. Дані для

розрахунку даного показника наведені в [32]. Результати розрахунку приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Мінливість вмісту компонентів ТПВ, що містять біодоступний вуглець на території Одеської області

Показник	Компонент ТПВ					
	Папір і картон	Харчові відходи	Деревина	Текстиль	Гума і шкіра	Садово-паркові відходи
Середній вміст, %	7,61	19,26	4,53	4,60	3,47	11,35
Коефіцієнт варіації, %	93,69	90,26	99,06	82,70	72,16	72,08

Аналіз табл.4.1. дозволяє стверджувати, що найбільш мінливим є вміст садово-паркових відходів, а також гуми та шкіри, найбільш усталеною характеристикою є вміст відходів деревини у загальній масі ТПВ.

За даними [32] на території Одеської області за 2012-2016 рр. утворилось 922 тис. т ТПВ. Оцінка компонентів ТПВ у загальній утвореній масі представлена в табл.4.2.

Аналіз табл. 4.2. свідчить, що найбільшою масою характеризуються харчові відходи, а найменшу мають відходи деревини та гуми і шкіри. Отже, для відвернення негативного впливу біоорганічних відходів доцільно впровадити утилізацію найбільших за масою вторинних ресурсів з метою недопущення їх захоронення на звалищах і полігонах.

Таблиця 4.2 – Маса утворених компонентів ТПВ за 2012-2016 рр. на території Одеської області

Компонент ТПВ	Маса компонента ТПВ, т
Папір і картон	138300
Харчові відходи	322700
Деревина	18440
Текстиль	27660
Гума і шкіра	18440
Садово-паркові відходи	92200
Інші компоненти	304260

## 4.2 Сучасний стан системи поводження з ТПВ в Одеській області

В Одеській області є основа для створення ефективної системи поводження з ТПВ: існують організації по утилізації вторсировини, розроблена інтерактивна карта розташування міських пунктів прийому вторсировини і предметів, які вимагають особливої утилізації «Куди здати відходи» і т. п. Розроблена основа для ефективного управління і поводження з ТПВ – Програма поводження з ТПВ в Одеській області на 2013-2017 рр. Основними напрямками цієї Програми були: 1) будівництво нових полігонів (близько 40); 2) роздільний збір; 3) впровадження сміттесортувальних комплексів; 4) будівництво заводів по переробці ТПВ (м. Ізмаїл, м. Котовськ). Але через відсутність фінансування програма не була реалізована. Нині в Одеській області розробляється новий проєкт Програми поводження з ТПВ в Одеській області на 2018-2022 рр.

Проєкт програми поводження з ТПВ в Одеській області на 2018-2022 роки (Проєкт програми, 2017 р.) розроблено в рамках USAID Проєкт «Муніципальна владна реформа в Україні». Ця програма містить принципово новий підхід до вирішення проблем ТПВ з урахуванням європейського досвіду та реформи, що відбуваються в галузі управління ТПВ на національному рівні. Програма передбачає створення чотирьох санітарних сміттєзвалищ замість існуючих. Програма також передбачає створення регіональних комплексів з очищення та утилізації ТПВ, що включає: сортувальну лінію, біогазову установку, яка виробляє тепло, електроенергію та компост, та теплиці для вирощування сільськогосподарської продукції. Один із показників - швидкість переробки. До 2022 року загальний коефіцієнт переробки ТПВ повинен досягти 26% від загального обсягу відходів. .

Якщо припустити, що рівень вилучення харчових, садово-паркових відходів становить 100%, і цей отриманий потік відходів, які легко розкладаються (+15% неконденційної макулатури), піддати анаеробній

ферментації за способом [17], отримаємо 74060 т біогазу та 95842 т компосту. З 2019 року вартість 1 кВт·ч електроенергії з відходів за зеленим тарифом складає 370,15 коп. Отже, при врахуванні 5% технологічних втрат та виходу електроенергії з 1 м<sup>3</sup> біогазу отримаємо дохід в 433 млн. грн.

Додатковим джерелом є отримання доходу є тверді продукти ферментації, хоча слід зауважити, що їх склад треба дослідити через забрудненість вихідної сировини – садово-паркових відходів.

Відділяючи органічну фракцію, яка легко розкладається, із загального потоку ТПВ у момент утворення, ми тим самим підвищуємо ресурсну цінність так званої «сухої» фракції, а також забезпечуємо екологічну чистоту продуктів біохімічної переробки органічних відходів, що легко розкладаються. При сортуванні «сухої» фракції ТПВ підвищується ефективність вилучення окремих ресурсоцінних фракцій на сміттесортувальній лінії. Таким чином, створення умов для виокремлення біоорганічних відходів, які легко розкладаються і решти у вигляді «сухої» фракції забезпечить сировиною регіональні комплекси, які, можливо, замінять існуючі в області полігони і звалища ТПВ.

За офіційними даними, в Одеській області роздільного збору ТПВ не було (Мінрегіон, 2019 р.), але насправді в Одесі є окремі приватні ініціативи щодо роздільного збору ТПВ - «Вторма», «Місто майбутнього». Взагалі відсутні вибрані дані про обсяги вторинної сировини, але ми припускаємо, що вона є незначною міському рівні та особливо на рівні регіону. Паралельно з ініціативами роздільного збору ТПВ в регіоні діє система пунктів переробки. Але немає даних про обсяги прийнятих видів вторинної сировини, що характерно для всіх регіонів України.



#### 4.3 Порівняння різних підходів щодо поводження з біоорганічними відходами на прикладі Одеської області

Ефективність природоохоронних заходів на різних рівнях оцінюють за допомогою екологічних, соціальних і економічних показників-результатів.

Екологічний результат полягає в зниженні негативного впливу на довкілля і поліпшенні його стану, скорочення обсягів забруднення, що надходять у НПС і рівня його забруднення (концентрації шкідливих речовин у водоймах, атмосфері, рівень шуму, радіації і тощо), а також у збільшенні кількості і поліпшенні якості придатних до використання земельних, лісових, водних ресурсів і атмосферного повітря.

Соціальний результат полягає в поліпшенні умов життя населення, підвищенні ефективності громадського виробництва, збільшенні національного багатства країни. Соціальний результат, який можна виразити в грошовій формі, називається соціально-економічним.

Економічний результат виражається в грошовій формі і полягає в зниженні або запобіганні втратам природних ресурсів, живої і громадської праці, у виробничій і невиробничій сферах і у сфері особистого споживання [33]. В якості критеріїв еколого-економічної оцінки різних варіантів поводження з біоорганічними компонентами ТПВ приймемо:

- 1) емісію ПГ за різних підходів до поводження з відходами – екологічний критерій;
- 2) дохід, отриманий за різних підходів до поводження з відходами – економічний критерій.

До економічних критеріїв можна віднести дохід від можливого продажу додаткових квот на викиди ПГ [34], які з'являються при впровадженні ефективної системи поводження з ТПВ.

Розглянемо такі варіанти поводження з біоорганічною складовою ТПВ в Одеській області (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Варіанти поводження з біоорганічними відходами в Одеській області

1-й варіант (базовий)	2-й варіант (видобуток і утилізація біогазу)	3-й варіант ефективна система поводження з біоорганічними компонентами на основі Концепції [28]
захоронення всіх відходів на звалищах і полігонах області	впровадження системи збору і утилізації біогазу на полігоні Дальницькі Кар'єри. Решта відходів області захоронюється	диференціація потоку ТПВ з виділенням та подальшою механіко-біологічною утилізацією біоорганічних відходів, сортування сухої фракції (див. рис. 3.3)

Перший варіант поводження з ТПВ (рис. 4.3, а) полягає в розміщенні усієї маси відходів на звалищах і полігонах. Як бачимо, в наступному 2017 р., з цієї маси в атмосферне повітря виділиться 1,6 тис. т метану.

Другий варіант (рис. 4.3, б) полягає в облаштуванні системи збору біогазу на полігоні Дальницькі Кар'єри. При цьому враховуємо, що максимально можлива кількість зібраного метану не перевищує 70%. Таким чином, розміщення річної маси відходів на полігоні забезпечить отримання приблизно 900 т метану за 2017 р.

Якщо врахувати, що полігон експлуатується з 1968 р., то реальний об'єм метану, який можна отримати, буде на порядок вище. Більш детальні розрахунки не проводилися.

При впровадженні ефективної системи поводження з ТПВ в Одеській області найбільш реально виділити і використати харчові, садово-паркові відходи, які можна розглядати в якості сировини для компостування. Припустимо, що рівень їх вилучення із загального потоку складе 100 %. Таким чином, виключаючи харчові відходи із загального потоку ТПВ, отримаємо незабруднений потік вторинних матеріальних ресурсів, одним з компонентів якого є папір і картон, що характеризуються найбільшим вмістом біодоступного вуглецю. Відомо, що близько 15 % макулатури не придатні для переробки, отже, мають бути переспрямовані на полігони і звалища або для виробництва компосту.

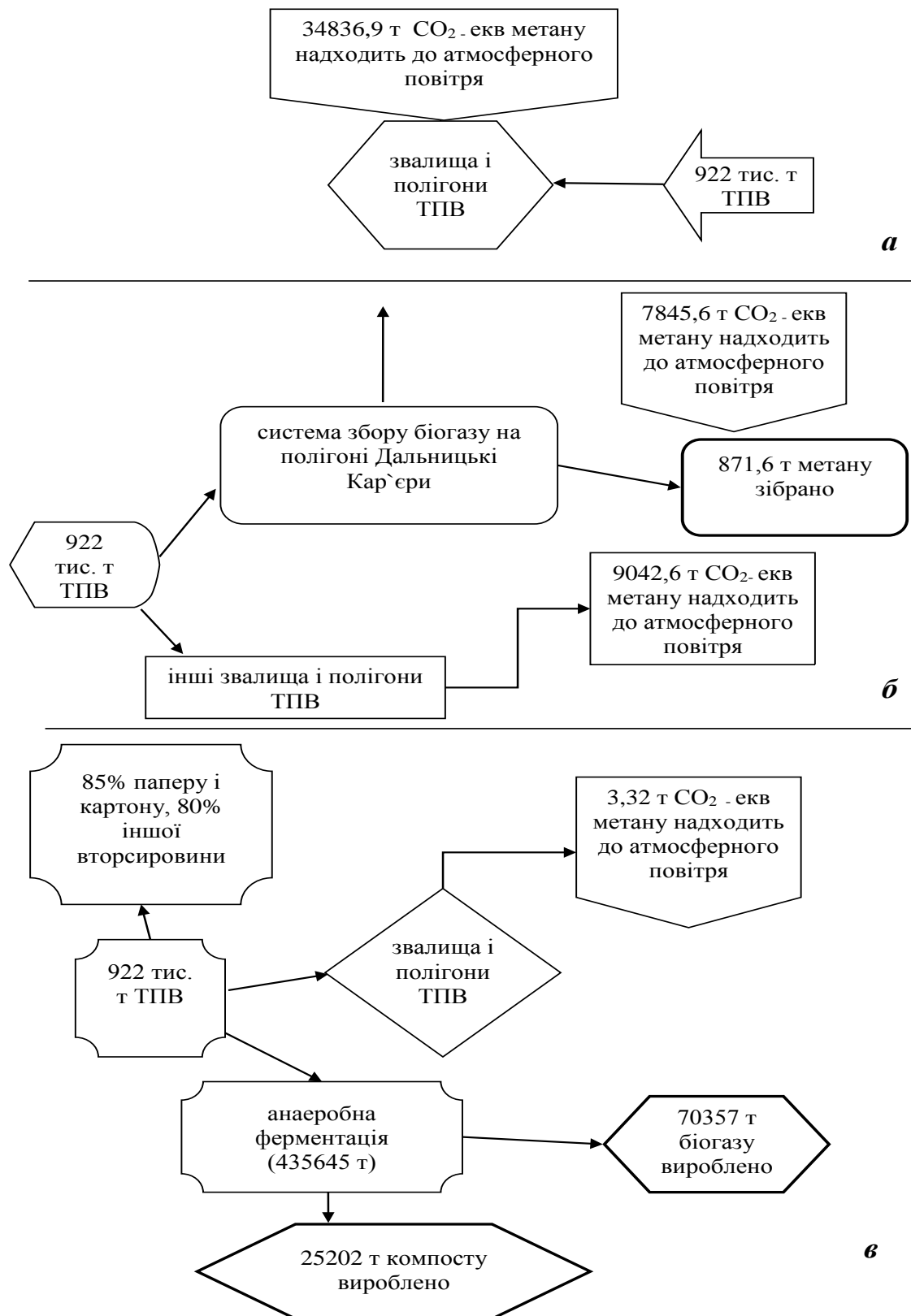


Рис. 4.3 – Еколого-економічні наслідки різних підходів до поводження з ТПВ

Проведемо комплексну утилізацію (1 етап) за схемою на рис. 3.2. з отриманням корисних продуктів – біогазу та компосту. Припустимо, що решта біоорганічних компонентів з ТПВ захоронюються на звалищах і полігонах області. Отримаємо такий розподіл (рис. 4.3, в).

Порівняємо еколого-економічні наслідки реалізації різних варіантів поводження з біоорганічними компонентами в рамках загальної системи управління та поводження з ТПВ в умовах Одеської області. Результати представлені у вигляді схем на рис. 4.3. Розрахунки утворення метану виконані за Національною моделлю з використанням уточнених параметрів [23]. Для оцінки переваг Концепції [28] нами проведені приблизні розрахунки доходу від продажу електроенергії, виробленої з біогазу, отриманого в результаті анаеробної ферментації, а також доходу від продажу добрив і тих видів вторинної сировини, на які є попит в Україні. Вихідні умови розрахунку:

1) приймаємо 100% відділення харчових і садово-паркових відходів в момент утворення відходів, що дозволить нам отримати досить високі показники вилучення основних видів вторсировини на сміттесортувальних лініях (табл. 4.5).

2) враховуємо технологічні втрати біогазу 5%;

3) дохід від продажу вторсировини розраховуємо за мінімальними цінами [35, 36];

4) базовим сценарієм для оцінки емісії ПГ є існуюча ситуація, коли вся маса ТПВ захоронюється на звалищах і полігонах, а альтернативним - захоронення частини неутилізованих біоорганічних відходів на звалищах і полігонах.

Вихідна інформація для розрахунку економічного результату від впровадження Концепції [28] наведена у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Вихідні дані для розрахунку доходу від реалізації Концепції в умовах Одеської області

Група відходів	Компонент ТПВ	Маса відходів		Метод поводження	Вартість продукту, €	
		%	т			
органічні відходи, які легко розкладаються	харчові відходи	35	322700	комплексна утилізація (рис. 3.2)	енергія з біогазу ТПВ 0,05 €/кВт·год	органомінеральне добриво 18,85 €/т
	СПВ	10	92200			
потенційні ВМР	папір і картон	15	138300			
	ПЕТ	3	27660	120-171 €/т		
	скло	6	55320	17 €/т для змішаних	34 €/т для відсортованих	
	метал	2	18440	154 €/т для чорних металів	925 €/т для алюмінієвих бляшанок	

Результати розрахунку доходу та зміни в емісії ПГ представимо у вигляді діаграми (рис. 4.4).

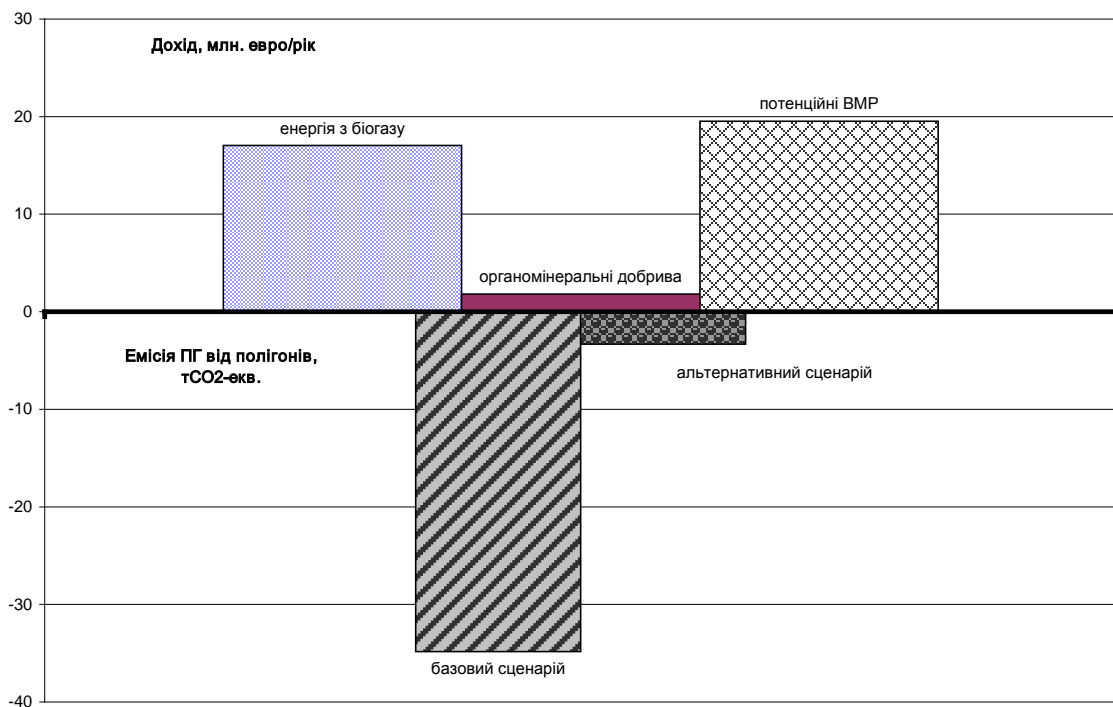


Рис. 4.4 – Еколого-економічна оцінка впровадження ефективної системи поводження з ТПВ в Одеській області на основі Концепції [28]

Як ми бачимо з рис. 4.4, реалізація Концепції в Одеській області дозволяє отримати 38 млн. € доходу. Крім того, ми маємо скорочення викидів ПГ на 31,51 тис. т  $CO_2$ -екв. за рахунок залучення біоорганічних відходів з ТПВ до механіко-біологічної утилізації. Якщо розглядати це як додаткову квоту на викид ПГ, то це дає можливість отримати додатковий дохід. Вартість одиниці скорочення викидів приймемо 5,83€ [36], отже, потенційно можна отримати 183,7 тис. €.

## ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень щодо біоорганічних відходів у складі твердих побутових, їхньої характеристика групи та можливості використання можна сформулювати такі висновки.

– Група відходів, які містять біодоступний вуглець, охоплює сім категорій відходів і складає значну частину ТПВ (близько 60%). Отже, обсяги біоорганічних відходів достатньо значні, що визначає необхідність належного поводження з ними – зниження впливу таких відходів на довкілля та, по можливості, використання їх ресурсного потенціалу. Найбільше серед них харчових відходів та відходів паперу і картону. Співвідношення між різними компонентами цієї групи є характерною особливістю для кожного міста і має враховуватися при розробці стратегії поводження з ТПВ у перспективі.

– Вміст біоорганічних відходів у ТПВ не є сталою характеристикою, а змінюється у часі і просторі. Часові зміни вмісту харчових та садово-паркових відходів, деревини, текстилю характеризуються відносно постійними значеннями, помітні зміни характерні для вмісту паперу і картону, а також шкіри і гуми. Починаючи з 2000 р., у ТПВ з'являється новий компонент – засоби особистої гігієни. Попри те, що вони відносяться до біокомпонентів, вони містять так звану приховану органіку та вимагають окремих методів поводження з ними.

– Потік органічних відходів, які легко розкладаються, охоплює харчові і садово-паркові відходи. Достатньо невизначеним є надходження у ТПВ харчових відходів від громадських установ. На прикладі школи-інтернату нами було досліджено утворення таких відходів як результат приготування їжі для школярів.

– Новий підхід у вирішенні проблеми ТПВ, започаткований у Національній стратегії управління відходами до 2030 року, певною мірою стосується і біоорганічних відходів. Зокрема, в майбутньому

передбачається заборона їх захоронення. Але сучасна практика поводження з ТПВ призводить до захоронення таких відходів на звалищах і полігонах, де вони стають джерелом пролонгованого впливу на довкілля, зокрема, у вигляді емісії ПГ. З іншого боку, такі відходи можуть бути ефективно утилізовані, особливо найбільші за масою харчові, садово-паркові відходи та папір і картон. Однак необхідною умовою для цього є виокремлення потоку органічних відходів, що легко розкладаються, із загальної маси ТПВ, в момент їх утворення. В результаті отримуємо чисту сировину для біологічної утилізації (харчові та садово-паркові відходи) та незабруднені інші вторинні матеріали.

– Еколого-економічна оцінка можливостей використання біоорганічних відходів має проводитися з урахування екологічного та економічного результатів. В якості критерію для оцінки екологічного результату нами обрана емісія ПГ внаслідок захоронення біоорганічних компонентів ТПВ. Як економічний критерій був обраний дохід від продажу продуктів переробки окремих видів біоорганічних відходів та найбільш популярних видів вторинної сировини.

– На прикладі Одеської області окреслені можливості використання таких відходів. Застосування Концепції на регіональному рівні дозволить отримати сировину для механіко-біологічної обробки і незабруднений органічними відходами потік ВМР для переробки на сміттесортувальних лініях. Крім цього, є також позитивний екологічний ефект – зниження кількості відходів для захоронення на звалищах і полігонах, перш за все, легко розкладаються органічних відходів, які становлять близько 50% від маси ТПВ. Це означає зниження впливу місць захоронення на навколишнє середовище: зниження емісії ПГ, кількості фільтрату, залучення земель і т.д. Скорочення викидів ПГ можна розглядати як джерело додаткових квот для продажу і отримання доходу.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 21.03.2006 № 54 «Про затвердження Правил надання послуг із збирання та вивезення твердих побутових відходів», затверджених наказом № 54 від 21.03.2000 р. Держкомітету архітектури та житлової політики. К., 2000.
2. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory Report 1990-2016 / Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Kyiv, 2017. 519 p. URL: [https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina\\_klimaty/kadastr2016/ukr-2018-nir-23may18.zip](https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/kadastr2016/ukr-2018-nir-23may18.zip). (дата звернення 12.02.2020)
3. Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 22.03.2010 № 75 «Про затвердження Рекомендованих норм надання послуг з вивезення побутових відходів». Електронний ресурс: URL: [https://www.gioc.kiev.ua/files/File/75\\_2010.htm](https://www.gioc.kiev.ua/files/File/75_2010.htm) (дата звернення 12.04. 2020 р.).
4. Шмарин С. Л., Алексеев И. Л., Филозоф Р. С., Ремез Н. С., Денафас Г. Содержание биоразлагаемых компонентов в составе твердых бытовых отходов в Украине. *Экология и промышленность*. 2014. № 1. С. 79-83.
5. Приходько В.Ю., Гюльяхмедова К.Р. Садово-паркові відходи міст: оцінка ресурсного потенціалу та можливостей використання // Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. (4-5 квітня 2019 р., НЛТУ, Львів). Львів: НЛТУ, 2019. С. 293-294.
6. Кориневская В.Ю., Шанина Т.П. Отходы городских систем как потенциальный ресурс и источник загрязнения окружающей природной среды. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2011. Вип. 11. С. 27-34.

7. Скрипник А.П. Анализ морфологического состава твёрдых бытовых отходов Украины как составляющая подхода к решению проблемы отходов. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2007. Вип. 4. С. 78–85.

8. Приходько В.Ю., Гюльяхмедова К.Р. Характеристика біоорганічної складової твердих побутових відходів // *Вісник ХНУ*. 2018. Вип. 19. С.82-90 DOI : 10.26565/1992-4259-2018-19-08.

9. Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи: навчальний посібник /Петрук В.Г., Васильківський І.В., Кватернюк С. М. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2015. 100 с.

10. Мальований М.С., Мянновська М.Б., Бахарев В.С.. Склад та потенційні запаси вторинної сировини в твердих побутових відходах міста Житомира. *Екологічна безпека*. 2013. №1 (15). С. 83-88.

11. Кучерявий В.П., Попович В.В. Полігони твердих побутових відходів західного лісостепу України та проблеми їх фітомеліорації . *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. № 22.2. С. 56-66 с.

12. Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. From EUR-Lex (1999). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1999/31/oj>. (дата звернення: 18.01.2020)

13. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. From EUR-Lex (2008). URL : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj>. (дата звернення: 18.01.2020).

14. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (схвалено розпорядженням КМУ від 08.11.2017 р. за № 820-р). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80> (дата звернення: 15.04.2020).

15. Приходько В.Ю. Анализ и перспективы проблемы твердых бытовых отходов // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды: Материалы IV

Международной научно-практической конференции. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. 2018. С.129-133.

16. What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management / Daniel Hoornweg, Perinas Bhada-Tata, 2012. 116 p. URL:<http://siteresources.worldbank.org/>. (дата звернення: 20.03.2018).

17. Приходько В.Ю., Гюльяхмедова К.Р. Організаційно-правові аспекти поводження з біоорганічними відходами в Україні // Проблеми екологічної безпеки: збірник наукових праць XVII Міжнародної-науково-технічної конференції (2-4 жовтня 2019 р., Кременчук). Кременчук, 2019 р. С. 203-207

18. Сафранов Т. А., Губанова Е. Р., Шанина Т. П., Приходько В. Ю. Оптимизация системы управления и обращения с муниципальными отходами в контексте устойчивого развития урбанизированных территорий. *Устойчивое развитие*. 2014. № 16. С. 11-18.

19. Приходько В.Ю., Сафранов Т.А., Шанина Т.П. Сучасний стан сфери поводження з твердими побутовими відходами в Україні. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. Вип. 32. С. 58-66.

20. Директива Ради 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 року Про захоронення відходів. Електронний ресурс. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_925](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_925) (дата звернення: 18.01.2020).

21. Управление отходами. Опыт Европейского союза. Аналит. обзор / РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. глоб. и регионал. пробл. Отд. проб. европ. безопасности. М., 2017. 55 с. URL: [http://inion.ru/site/assets/files/1109/nikulichev\\_upravlenie\\_otkhodami.pdf](http://inion.ru/site/assets/files/1109/nikulichev_upravlenie_otkhodami.pdf) (дата звернення: 18.01.2020).

22. Ukraine Landfill Gas Model Ver.1.0: User's Manual /U.S. EPA; edited by Swapura Ganguli, G. Alex Stege. Washington: U.S. EPA Landfill Methane Outreach Program. 2009. 28 p. URL: [https://www.globalmethane.org/documents/toolsres\\_lfg\\_manual.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/toolsres_lfg_manual.pdf) (дата звернення: 19 квітня 2020).

23. Сафранов Т.А., Приходько В.Ю., Шанина Т.П. Оценка эмиссии парниковых газов из мест захоронения ТБО: критический анализ методик и адаптация к условиям Одесской области. *Вісник ОДЕКУ*. 2017. № 21. С.5-14.

24. Керівні принципи національної інвентаризації парникових газів МГЭИК, 2006. Т. 5 Відходи. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol5.html> (дата звернення; 17.04.2020).

25. Приходько В. Ю., Сафранов Т. А., Шанина Т. П. Сравнительная оценка различных методов обращения с твердыми бытовыми отходами по величине эмиссии парниковых газов. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2018. № 22. С. 124-132.

26. Waste Reduction Model (WARM) Tool User's Guide. URL: [https://www.epa.gov/sites/production/files/20196/guide\\_v15\\_may2019.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/20196/guide_v15_may2019.pdf) (дата звернення: 21.04.2020).

27. Гюльяхмедова К.Р., Приходько В.Ю. Порівняння різних технологій утилізації біоорганічних відходів у складі ТПВ за допомогою WARM-моделі // Мат. IV Міжнар. науково-практичної конф. студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки». 19 жовтня 2018 р., ХНАДУ. Харків: ХНАДУ. 2018. С.58-61

28. Спосіб утилізації твердих побутових відходів: Патент на корисну модель №53606 від 11.10.2010 // Шанина Т.П., Губанова О.Р., Сафранов Т.А. Опубл. 11.10.2010. Бюл.№19

29. Приходько В.Ю., Гюльяхмедова Е.Р. Биоорганические компоненты в составе твердых бытовых отходов: характеристика ресурсного потенциала и возможности утилизации // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях: материалы VIII Междунар. науч. конф. (Белгород, 22–25 октября 2019 г.), под ред. М.А. Польшиной. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2019. С. 309-313.

30. Carbon redistribution during the stages of generation and destruction of municipal solid waste organic component / Veronika Prykhodko, Tamerlan Safranov, Tatyana Shanina, Oksana Ilyash // International Journal of Engineering & Technology. Vol. 7, No 4.8 (2018). P.415-419

31. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2017 році. Одеса, 2018.С.235. URL:<https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/2017> (дата звернення: 20.04.2020).

32. Звіт з аналізу існуючого стану системи поводження з ТПВ в Одеській області за 2013-2017 рр. / ТОВ ЕСКО» Екологічні системи». 2017. 37 с.

33. Царенко О.М., Несветов О.О., Кадацький М.О. Основи екології та економіка природокористування. Курс лекцій. Пактикум: Навчальний посібник. Суми: ВТД «Університетська книга». 2007. 592 с.

34. Замула И.В., Кирейцева А.В. Квоты на выбросы парниковых газов как предмет бухгалтерского учета на предприятиях Украины. *Международный бухгалтерский учет*. №46(340). 2014. С. 50-63.

35. Біогаз в Україні. Розраховуємо зелений тариф для енергії з біогазу. Електронний ресурс. URL: <https://ubr.ua/market/industrial/bogaz-v-ukran-rozrahovumo-zelenii-tarif-dlia-energ-z-bogazu-174468> (дата звернення: 21.02.2020).

36. Актуальні ціни на вторинну сировину. URL: <http://recyclers.com.ua/ua/pricing> (дата звернення 21.02.2020).

## ДОДАТКИ

## Додаток А

## Публікації за темою магістерської кваліфікаційної роботи

1. Гюльяхмедова К.Р., Приходько В.Ю. Регіональні та часові відмінності вмісту біокомпонентів у твердих побутових відходах // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки». 19 жовтня 2018 р., ХНАДУ. Харків: ХНАДУ. 2018. С.58-61.

2. Приходько В.Ю., Гюльяхмедова К.Р. Характеристика біоорганічної складової твердих побутових відходів // Вісник ХНУ. 2018. Вип. 19. С.82-90 DOI : 10.26565/1992-4259-2018-19-08

3. Гюльяхмедова К.Р., Приходько В.Ю. Біоорганічні компоненти в твердих побутових відходах // Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції» 8 листопада 2018 р., ЖДТУ. Житомир: ЖДТУ. 2018. С. 43.

4. Гюльяхмедова К.Р., Приходько В.Ю. Харчові відходи громадських установ як складова загального потоку біоорганічних відходів міста // Тези XV Всеукраїнської наукової on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології» (28 березня 2019 р., ЖДТУ, м. Житомир). Житомир: ЖДТУ, 2019. С. 45

5. Приходько В.Ю., Гюльяхмедова К.Р. Садово-паркові відходи міст: оцінка ресурсного потенціалу та можливостей використання // Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекотології та фітомеліорації: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. (4-5 квітня 2019 р., НЛТУ, Львів). Львів: НЛТУ, 2019. С. 293-294

6. Гюльяхмедова К.Р., Приходько В.Ю. Харчові відходи у складі твердих побутових // Матеріали щорічної міжнародної науково-технічної конференції «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і

повітряного басейнів. Утилізація відходів» (студ. секція). (Харків, 23-24 квітня 2019 р.). Харків, 2019. С.176-178

7. Гюльяхмедова Е.Р. Изменчивость морфологического состава твердых бытовых отходов (на примере биоразлагаемых отходов) // Сборник статей XV Большого географического фестиваля «Теория и практика современных географических исследований». М.: Издательство «Каллиграф», 2019. С.526-528

8. Приходько В.Ю., Гюльяхмедова К.Р. Організаційно-правові аспекти поводження з біоорганічними відходами в Україні // Проблеми екологічної безпеки: збірник наукових праць XVII Міжнародної-науково-технічної конференції (2-4 жовтня 2019 р., Кременчук). Кременчук, 2019. С. 203-207.

9. Приходько В.Ю., Гюльяхмедова Е.Р. Биологические компоненты в составе твердых бытовых отходов: характеристика ресурсного потенциала и возможности утилизации // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях: материалы VIII Междунар. науч. конф. (Белгород, 22–25 октября 2019 г.), под ред. М.А. Польшиной. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2019. С. 309-313.

10. Гюльяхмедова К.Р., Приходько В.Ю. Поводження з біоорганічними відходами в Одеській області: сучасний стан та перспективи // Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: Матеріали VII Міжнародної наукової конференції молодих вчених. (28-29 листопада 2019 р., ХНУ. Харків). Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. С. 63-65.

11. Гюльяхмедова К.Р., Приходько В.Ю. Проблема біоорганічних відходів з ТПВ в Україні // Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції» (7 листопада 2019 р., Житомир, ЖДТУ). Житомир: ЖДТУ. 2019. С. 61.



12. Гюльяхмедова К.Р., Приходько В.Ю. Порівняння різних технологій утилізації біоорганічних відходів у складі ТПВ за допомогою WARM-моделі // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки». 19 жовтня 2019 р., ХНАДУ. Харків: ХНАДУ. 2019. С.58-61.

К.Р. Гюльяхмедова