

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 101 “Екологія”

Тема: «Екологічна оцінка можливостей компостування змішаних органічних відходів»

Виконала:
студентка Федік К.М.

Залікова книжка
№ ОС 19510066

Підпис: _____

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Керівник:
старший викладач Васькіна І.В.

Підпис: _____
дата, підпис

Консультант з охорони праці:
доцент Васькін Р.А.

Підпис: _____
дата, підпис

Секретар ЕК
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 101 „Екологія”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студентці Федік Катерині Миколаївні група ОС-91

1. Тема кваліфікаційної роботи Екологічна оцінка можливостей компостування змішаних органічних відходів.

2. Вихідні дані Дані обсягів утворення органічних відходів в місті Суми. Регіональний план управління відходами в Сумській області до 2030 р.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:

1. Технологічні схеми обсягів відходів.

2. Структура впливу на навколишнє середовище від навантаження органічних відходів.

Таблиця 1.1 , рисунок 2.3, рисунок 2.4 , діаграма 3.1

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№ №	Етапи і розділи проекування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання 30 березня 2023 р.

Керівник _____

старший викладач, к.т.н., доцент Васькіна І.В.

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 28 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 50 сторінку у тому числі 4 таблиці , 5 рисунків , перелік джерел посилання на 3 сторінках.

Мета роботи – проведення екологічної оцінки процесу компостування змішаних органічних відходів з метою визначення його ефективності.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі *завдання*:

- проаналізувати стан поводження з органічними відходами в Сумах та Сумській області;
- проаналізувати різні методи поводження з органічними відходами;
- дослідити процес компостування змішаних органічних відходів за допомогою різних методів;
- порівняти екологічну ефективність компостування з іншими методами переробки відходів;

Об'єкт дослідження - змішані органічні відходи.

Предмет дослідження - процес компостування змішаних органічних відходів.

Одержані результати - здійснено огляд Регіонального плану управління відходами в Сумах та Сумській області. Охарактеризовані обсяги відходів по місту та області. Розглянуті методи управління відходами. Проведена оцінка, та надані рекомендації можливостей компостування органічних відходів в м. Суми, також представлені варіанти методів для міста. Проаналізовані умови , задля можливостей компостування.

Ключові слова: ОРАГАНІЧНІ ВІДХОДИ, РПУВ, КОМПОСТУВАННЯ, ПЕРЕРОБКА, МІСТО, УТИЛІЗАЦІЯ, ПРОЦЕС, ВЕРМІКОМПОСТУВАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕМАТИКИ.....	7
1.1 Обсяги утворення відходів по Сумській області та місту Суми.....	7
1.2 Відходи рослинного походження.....	10
1.3 Відходи тваринного походження.....	13
1.4 Забезпечення фінансово-економічного функціонування системи управління відходами в місті Суми.....	15
РОЗДІЛ 2 ПОВОДЖЕННЯ З ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ.....	18
2.1 Біометанізація.....	18
2.2 Піроліз	18
2.3 Ферментація органічних відходів	21
2.4 Компостування.....	21
2.5 Успішні проекти з компостування в Україні - кейс-стади.....	30
РОЗДІЛ 3 ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ.....	33
3.1 Оцінка переваг компостування органічних відходів в м. Суми.....	33
3.2 Аналіз та оцінка технологічних рішень стосовно утилізації органічних відходів в складі побутових відходів.....	35
3.3 Організація процесу компостування на відкритій ділянці в м. Суми.....	38
3.4 Напрямки використання компосту	
4 РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	44
4.1 Небезпека на підприємстві, яка може виникнути при утилізації органічних відходів.....	44
4.2 Забезпечення захисту персонала на виробництві	45
ВИСНОВКИ.....	47
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	49

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ОС 19510066				
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
Інв. № подл.	Розроб	Федік			Екологічна оцінка можливостей компостування змішаних органічних відходів	Піт	Аркуш	Аркушів	
	Перев.	Васькіна					4	51	
	Н.Контр	Батальцев				СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ОС-91			
	Затв.	Пляцук							

з основних проблем, з якими стикаються багато країн. Компостування є ефективним способом використання органічних відходів, таких як їжа та рослинні залишки, шматки паперу та картону, та інші, для створення природного добрива.

Мета роботи – проведення екологічної оцінки процесу компостування змішаних органічних відходів з метою визначення його ефективності в зменшенні кількості відходів, збільшенні поживної цінності отриманого компосту та зниженні забруднення довкілля.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- проаналізувати ситуацію з органічними відходами в Сумах та Сумській області;
- проаналізувати різні методи поводження з органічними відходами;
- дослідити процес компостування змішаних органічних відходів за допомогою різних методів;
- порівняти екологічну ефективність компостування з іншими методами переробки відходів;

Об’єкт дослідження - процес компостування змішаних органічних відходів та його вплив на навколишнє середовище.

Предмет дослідження - екологічна оцінка компостування змішаних органічних відходів.

Методи дослідження: для створення інформаційної бази, яка допомагає у виконанні роботи, було використано наукові праці вітчизняних та зарубіжних вчених, матеріали науково-практичних конференцій, а також законодавчі та нормативні акти України, та регіональний план управління відходами міста Суми.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 19510066

Арк

6

спалених відходів I-IV класу небезпеки складала від 1% до 4% від загальної кількості утворених відходів [3].

Таблиця 1.1 - Утворення та поводження з відходами в м. Суми (2016 - 2019 роки) [1]

Рік	Утворено	Утилізовано	Спалено	Видалено у спец. відведені місця чи об'єкти	Загальний обсяг відходів, накопичених протягом експлуатації, у спеціально відведених місцях чи об'єктах (місцях видалення відходів)
2016	1031,2	338,8	29,0	463,3	28971,5
Відходи I – III класів небезпеки	115,4	70,3	0,9	30,4	1884,1
2017	1194,4	458,5	32,8	648,9	29932,1
Відходи I – III класів небезпеки	168,9	95,7	0,1	61,8	1946,0
2018	852,2	198,1	21,8	368,7	348821,6
Відходи I – III класів небезпеки	138,1	79,2	0,0	57,3	2297,5
2019	863,8	156,9	22,5	511,6	35794,6
Відходи I – III класів небезпеки	139,6	87,1	0,0	52,0	2345,1

Обсяг відходів, які були видалені у спеціально відведені місця чи об'єкти, змінювався з 2016 до 2019 років: обсяг відходів збільшувався за кожні два роки, а

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	
Підп. і дата	
Інв. № покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 19510066

Арк

8

зменшувався на кожний третій рік. З 2016 року спостерігається збільшення кількості відходів, і на 2019 рік становить 511,6 тис. тон. Обсяг відходів, які накопичилися протягом експлуатації в спеціально відведених місцях чи об'єктах, зростав протягом періоду з 2016 до 2019 років і становить 35,794.6 тис. тон на кінець 2019 року, що складає 0,2% від загальної кількості в Україні [1].

Згідно з доповідями про стан навколишнього середовища в Сумській області за 2019 рік, практично 95% відходів, що зберігаються на полігоні видалення відходів, належать ПАТ "Сумхімпром". Ці відходи включають в себе 2282,887 тон залізного купоросу (III клас небезпеки), 16219,774 тон фосфогіпсу (IV клас небезпеки) та 14733,924 тон шламу, який утворився під час очищення стічних вод (IV клас небезпеки). Також ПАТ "Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання" є найбільшим утворювачем гальваношламів у Сумській області. На 01.01.2020 року на підприємстві накопичено 1,113 тон гальваношламів, які періодично передаються на утилізацію, але обсяг їх утворення значно перевищує обсяг утилізації. Також є полігон із золовидалення та поховання промислових відходів (III-IV класів небезпеки) ТОВ "ПО СВЕМА" у місті Шостка, на якому на 30.11.2018 року накопичено 15028,488 тон промислових відходів, з яких 7,942467 тон складають шлами гальванічні. Проектний обсяг видалення відходів становить 100 тон. Також потрібно вирішувати питання утилізації золошлакової суміші Сумської ТЕЦ, золошлаконакопичувач якої на сьогодні майже заповнений [1].

ПАТ «Шосткинський завод хімічних реактивів» використовує шламонакопичувачі твердих відходів площею 3,0 га для захоронення відходів, що виникають під час власного виробництва хімічних речовин та подібних відходів, що надходять від інших суб'єктів господарювання. На даний момент на цьому майданчику накопичено 50 000 т твердих відходів 2, 3, 4 класів небезпеки. У місті Шостка зберігаються небезпечні речовини з компонентами ракетного палива, зокрема гептилу, які були арештовані в рамках кримінального провадження та залишилися без утилізації через відсутність ліцензованого підприємства, яке мало

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 19510066

б технологію та потужності для їхньої переробки [2]. Серед інших фактів, можна зазначити, що на території Сумської області є збережені пестициди та агрохімікати, які заборонено використовувати. Згідно з інвентаризацією за 2019 рік, відходи таких речовин становлять орієнтовно 563,529 тон, а їх зберігається в 64 місцях, з яких 26 знаходяться у незадовільному стані [1].

1.2 Відходи рослинного походження

Відходи рослинного походження - це органічні відходи, які виникають під час переробки рослинної сировини, або під час її споживання. Такі відходи можуть бути знайдені у всіх галузях промисловості, від сільського господарства до продуктової промисловості.

До відходів рослинного походження належать:

- Залишки рослин після їх збирання і обробки (наприклад, листя, гілки, стебла, корені);
- Залишки від переробки рослинної сировини (наприклад, шкарлупи від зернових культур, лушпиння від овочів та фруктів, стебла і корені від цукрових буряків);
- Залишки їжі, яка містить рослинні продукти (наприклад, залишки фруктів, овочів, зелені, трав) [2].

В Сумах існує система збору та переробки відходів рослинного походження. Комунальні служби збирають ці відходи з під'їздів багатоповерхових будинків, парків, скверів та інших зелених зон. Потім вони транспортуються на спеціальні полігони, де проводяться процеси компостування та інші методи переробки [1].

Крім того, в Сумах існує програма "Зелене місто", яка спрямована на озеленення міста та підтримку екологічної культури серед мешканців. У рамках цієї програми проводяться акції з прибирання територій та розповсюджується інформація про правильну сортування відходів [8].

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подош.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Напрямки розвитку технологій обробки відходів сільського господарства рослинного походження найбільш прийнятними вважають [2]:

- Компостування в штабелях;
- Компостування в установках, таких як тунелі, контейнери, бурти, ферментатори;
- Аеробне розкладання (КУ);
- Спалювання біомаси для виробництва електроенергії, яке є перевіреним та доступним технологічним процесом, що може забезпечити до 100 МВт потужності.

Важливо зазначити, що біомаса, яка придатна для спалювання з метою виробництва енергії, повинна бути виключно рослинного походження.

Анаеробне розкладання, що відбувається без доступу повітря, може створювати біогаз з рослинних відходів, що містить метан та інші речовини. Цей біогаз можна використовувати як паливо для різних механізмів або очистити його до стану біометану, що може додаватися до газової мережі. Внаслідок розкладання також утворюються стабілізовані органічні речовини та поживні речовини, що можуть використовуватися як добриво для поліпшення родючості ґрунту. Для розвитку інфраструктури управління відходами сільського господарства можуть бути впроваджені об'єкти з аеробного розкладання (компостування) та анаеробного розкладання рослинних відходів [3]. Такі проекти можуть бути здійснені суб'єктами господарювання для рослинних відходів окремо або в комбінації з відходами тваринництва, птахівництва та виробничими відходами [4].

Опале листя є специфічним типом рослинних відходів, який утворюється сезонно. Цей факт призводить до особливостей збору, накопичення та проблем утилізації цих відходів [14]. Щорічний обсяг утворення опалого листя не може бути точно визначений через недосконалу систему класифікації та обліку. В місті Кривий Ріг оцінюється, що щороку утворюється понад 10 тис. тонн опалого листя. В даний час більшість зібраного опалого листя у місті Кривий Ріг

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Вип	Арк
№ докум.	Підп
Дата	

несанкціоновано спалюється або захоронюється на полігонах твердих побутових відходів. Загалом, опале листя є джерелом поживних речовин для ґрунту, які утворюються під час природного перегнивання. Також, опале листя (разом з ґрунтом) створює середовище для багатьох організмів, від грибків до комах. Незважаючи на це, опале листя залишається у певних зонах, де воно може спричинити проблеми [22]. Зелені насадження можуть становити пряму небезпеку для міського простору та мати негативний вплив на інженерні мережі або санітарну безпеку населених місць.

Рішення щодо збору опалого листя пов'язано з такими факторами:

- Запобігання забрудненню ґрунтів.
- Забезпечення санітарно-гігієнічної безпеки міста.
- Забезпечення технологічної безпеки населених місць.
- Підтримка естетичного середовища міста.
- Запобігання спалюванню опалого листя.

У 2020-2021 роках, за підтримки Міжнародного фонду "Відродження" та ГС "Досить труїти Кривий Ріг", був реалізований науково-дослідний проєкт сталих практик поводження з опалим листям під назвою "Золото під ногами". За результатами цього дослідження, у світовій практиці використовуються три принципово різні стратегії щодо формування місцевої політики поводження з опалим листям [23]. В містах України використовується досвід усіх цих стратегій, але найпоширенішою є пасивна стратегія з елементами активної (зокрема, в частині нормативних вимог щодо благоустрою та санітарної безпеки).

А) Пасивна стратегія – листя, яке випало, залишають на місці його утворення без проведення спеціальних заходів.

(Б) Активна стратегія – на рівні органів самоврядування організований централізований процес збирання, вивезення та накопичення опалого листя на спеціальних майданчиках з метою подальшого використання, утилізації або захоронення.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

(В) Змішана стратегія – організація базових майданчиків для накопичення опалого листя здійснюється централізовано, проте громадяни збір організують самостійно.

1.3 Відходи тваринного походження

Відходи тваринного походження, такі як фекалії, що виходять з тіла тварин, можуть містити багато бактерій і інших мікроорганізмів, які можуть бути шкідливими для людини, якщо їх не правильно видалити або використовувати. У сільському господарстві та садівництві відходи тваринного походження можуть бути використані для вирощування рослин як природний добриво, якщо вони правильно оброблені та використовуються відповідно до вимог безпеки та здоров'я. Однак, не варто використовувати необроблені відходи тваринного походження як добриво, оскільки це може привести до зараження рослин шкідливими мікроорганізмами [7].

Для правильної обробки та видалення відходів тваринного походження існують різні методи, такі як компостування, ферментація, біогазове перероблення та інші. Ці методи можуть бути використані в залежності від типу відходів та умов виробництва [11]. Планування розвитку інфраструктури управління відходами тваринництва, включаючи побічні продукти тваринного походження, повинно проводитись паралельно з розробкою локальних планів управління відходами. Основні напрямки розвитку інфраструктури включають оброблення відходів тваринного походження з отриманням цільових продуктів, а також видалення відходів тваринного походження, які не підлягають утилізації. Для забезпечення можливостей оброблення відходів тваринного походження, передбачено створення або уточнення обласного реєстру об'єктів оброблення відходів тваринного походження, а також проведення досліджень щодо визначення потреби у збільшенні потужності наявних та створенні додаткових об'єктів з оброблення відходів тваринного походження. Власники відходів

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

тваринного походження (побічних продуктів тваринного походження) повинні мати можливості для видалення відповідних відходів. Для цього необхідно мати наявність відповідних об'єктів інфраструктури або у власних господарствах або у сторонніх суб'єктів господарювання, що надають відповідні послуги. При цьому, побічні продукти тваринного походження, що належать до категорії I, підлягають виключно видаленню, згідно з ЗУ «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною» [3].

Видалення побічних продуктів тваринного походження можливо наступними способами:

- 1) спалювання в спеціалізованому обладнанні;
- 2) захоронення (у худобомогильниках або в біотермічних ямах).

Згідно з пунктом 11.2.5 ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» [10] утилізація трупів домашніх та безпритульних тварин здійснюється шляхом кремації в печах. Ділянку для кремаційної печі слід розміщувати на території полігону твердих побутових відходів, промислових та комунально-складських зонах населених пунктів та за їх межами за умови організації СЗЗ відповідно до вимог санітарного законодавства [4]. Площу земельної ділянки для улаштування кремаційної печі необхідно визначити із розрахунку 0,01 га на 50 тис. осіб населення, але не менше 0,01 га на одну ділянку. РПУВ передбачається створення об'єктів зі спалювання відходів тваринного походження побічних продуктів тваринного походження категорії I та трупів домашніх та безпритульних тварин, а також мобільних спалювальних установок, що можуть бути використані у разі виникнення спалаху інфекційних захворювань.

Окремі установки зі спалювання відходів тваринного походження побічних продуктів тваринного походження категорії I та трупів домашніх та безпритульних тварин можуть бути використані для спалювання медичних відходів категорії B [5]. Передбачається, що діючі худобомогильники та біотермічні ями повинні бути або закриті або приведені у відповідність до

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата						Арк
										14
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 19510066					

відповідних вимог щодо забезпечення екологічної та ветеринарно-санітарної безпеки. Створення об'єктів зі спалювання відходів тваринного походження побічних продуктів тваринного походження категорії I та трупів домашніх та безпритульних тварин передбачає придбання необхідного технологічного обладнання, виконання будівельно-монтажних робіт, отримання необхідних дозволів тощо.

Будівництво об'єктів потребує попереднього проведення ТЕО з уточненням типів та параметрів технологічного обладнання, місць розташування об'єктів, необхідного додаткового устаткування, обсягів робіт тощо. У РПУВ попередньо приймається варіант створення по одному об'єкту зі спалювання відходів тваринного походження на підкласер. Уточнення необхідної кількості об'єктів, що будуть створюватися, здійснюється на етапі реалізації РПУВ. Технічні характеристики та економічні параметри застосування установок визначаються під час розроблення ТЕО [1].

1.4 Забезпечення фінансово-економічного функціонування системи управління відходами в місті Суми

Джерелами фінансування для управління відходами є [1]:

- Обласний бюджет, включаючи обласний фонд охорони навколишнього природного середовища;
- Місцеві бюджети, включаючи місцеві фонди охорони навколишнього природного середовища;
- Фінансування з підприємств, установ та організацій;
- Кошти, залучені через інвестиції, кредити та безповоротну допомогу;
- Надходження за надані послуги та реалізовану продукцію;
- Фінансування на засадах розширеної відповідальності виробника [1].

Прогнозні обсяги фінансування для заходів, пов'язаних з відходами визначені в «Програмі охорони навколишнього природного середовища Сумської

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

області на 2019-2021 роки» в таблиці 1.2. Станом на 2019 рік фактично профінансовано 50,5% від усіх виділених коштів на реалізацію програми [7].

У 2019 році, природоохоронні заходи, що передбачали придбання машин для збору та транспортування відходів, були успішно завершені. Фінансування на ці заходи було забезпечене коштами обласного фонду охорони навколишнього природного середовища. Додаткове фінансування було залучене зі спеціальних та загальних фондів державного, обласного та місцевого рівнів, зокрема з Державного Фонду Регіонального Розвитку та Фондів охорони навколишнього природного середовища. Також, були залучені інвестиційні кошти у вигляді позик зі зниженими відсотковими ставками від міжнародних фінансових інституцій. Незважаючи на успішне здійснення заходів, рівень фінансового забезпечення є недостатнім і не відповідає фінансовим потребам області.

Таблиця 1.2. - Пріоритетні природоохоронні заходи, пов'язані з відходами, визначені Обласною програмою охорони навколишнього природного середовища [1].

Етапи виконання програми	Вся сума	Прогнозний обсяг та джерела фінансування, тис. грн		
		Обласний бюджет, фонд ОНПС Сумської обл.	Міські, районні, сільські, селищні бюджети та бюджети об'єднаних територіальних громад у тому числі фонди ОНПС	Кошти небюджетних джерел
Програма охорони навколишнього природного середовища Сумської області на 2019-2021 роки	181172,351	65693,279	91479,072	24000

Підп. і дата	Інв. № докл.
Взаєм. інв. №	Вип. Арк
Інв. № докл.	№ докум.
Підп. і дата	Підп.
Взаєм. інв. №	Дата
Підп. і дата	

Залучення коштів МФІ на поворотній основі може стати потенційним джерелом фінансування, якщо система поводження з відходами буде належно організована за базовими параметрами [5]. У 2020 році головним джерелом фінансування природоохоронних заходів залишався обласний фонд охорони навколишнього природного середовища. Це було здійснено на основі місцевих екологічних програм, зокрема обласної програми охорони навколишнього природного середовища. У 2017 році на розвиток та утримання сфери поводження з відходами було виділено 14076,911 тис. грн. Це включало витрати на реконструкцію полігонів у розмірі 7360,91 тис. грн, оновлення парку спецавтотранспорту на суму 3497,35 тис. грн, оновлення контейнерів у розмірі 522,837 тис. грн, а також інші витрати на суму 2695,81 тис. грн [7].

Фінансування системи поводження з побутовими відходами в області забезпечується переважно за рахунок тарифів на послуги із поводження з побутовими відходами, які включають тарифи на вивезення, перероблення та захоронення. Головною метою цих тарифів є відшкодування витрат на операції та сприяння поверненню інвестиційних коштів. У Сумській області спостерігається зростання таких тарифів протягом 2015-2020 років, хоча це зростання є номінальним. На практиці, тарифи переважно покривають тільки операційні витрати, інвестиційна складова майже не зустрічається [1].

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 19510066

Арк

17

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ПОВОДЖЕННЯ З ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ

2.1 Біометанізація

Біометанізація - це процес перетворення біологічних відходів (наприклад, рослинних залишків, кухонних відходів, тваринних відходів) на біогаз, який може бути використаний як джерело енергії. Цей процес відбувається за допомогою спеціальних установок - біометанізаторів, в яких під дією бактерій відбувається біохімічний розклад відходів з видачею метану. Біометанізація є екологічно чистим і стійким методом виробництва енергії, оскільки вона дозволяє знизити кількість відходів, що потрапляють на звалища, та зменшує викиди парникових газів в атмосферу. Крім того, біогаз, отриманий з біометанізації, може бути використаний як паливо для автомобілів, генерувати електроенергію та тепло, що знижує залежність від імпортованого палива та знижує вартість енергоспоживання [8]. Біометан може бути використаний як енергетичний ресурс для забезпечення електроенергії та тепла в місцевих підприємствах та населенні, а також для заправки транспортних засобів, що працюють на природному газі. Крім того, виробництво біометану дозволяє зменшити викиди парникових газів та забезпечити більш стійке та екологічне використання відходів [18].

2.2 Піроліз

Піроліз органічних відходів - це процес термічного розкладу органічних матеріалів без доступу до кисню при високих температурах, що призводить до утворення газу, рідини та твердої речовини. Піроліз може бути використаний для переробки різних видів органічних відходів, включаючи деревину, сільськогосподарські відходи, стічні осади, біомасу та інші. Процес може бути проведений в спеціальних установках, таких як піролізні печі або піролізні реактори [11]. Результатом піролізу є виробництво твердого вугілля (вугілля активованого вугілля або біокугілля), сировини для виробництва рідинного

Інв.№подоц.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

палива (наприклад, біодизелю або етанолу) та газу, який може бути використаний для виробництва електроенергії або тепла. Перевагами піролізу є зменшення кількості відходів, які потрібно скидати на звалище, та зменшення викидів парникових газів порівняно з іншими методами переробки відходів. Однак, процес піролізу може бути витратним та вимагати спеціальних установок та експертизи в проведенні.

Щодо Сум, піроліз може застосовуватися для переробки різних відходів, таких як пластик, гума, деревина та інші органічні матеріали, що можуть бути перероблені в корисні продукти. Піроліз в Сумах може бути виконаний за допомогою спеціальних установок. Під час цього процесу відбувається розклад органічних сполук, що містяться в сумі, на менші молекули. Ці менші молекули можуть бути зібрані та перероблені в різні продукти, наприклад, вугілля, газ, олія та інші хімічні речовини [1]. Оскільки піроліз може бути виконаний на відходах, таких як пластик, цей процес може бути важливим для зменшення кількості відходів, які накопичуються на смітниках та у природі, та для зменшення впливу на навколишнє середовище.

Схема піролізу описує процес розкладу органічних сполук під впливом високої температури від 500 до 1000 °С у відсутності повітря або кисню. Цей процес використовують для виробництва різних продуктів, таких як вуглеводневі гази, олії, воски, смоли, тверді залишки [12].

Деревний газ - це продукт газифікації біомаси, що утворює синтез-газ. Цей газ може бути використаний як паливо для печей та двигунів транспортних засобів замість інших видів палива, таких як бензин та дизельне паливо. Процес газифікації включає в себе газифікацію біомаси або інших вуглецевмісних матеріалів у газогенераторі в обмеженому середовищі кисню, де ці гази можуть бути спалені для виробництва тепла, води та двоокису вуглецю [14].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 19510066	Арк
						19

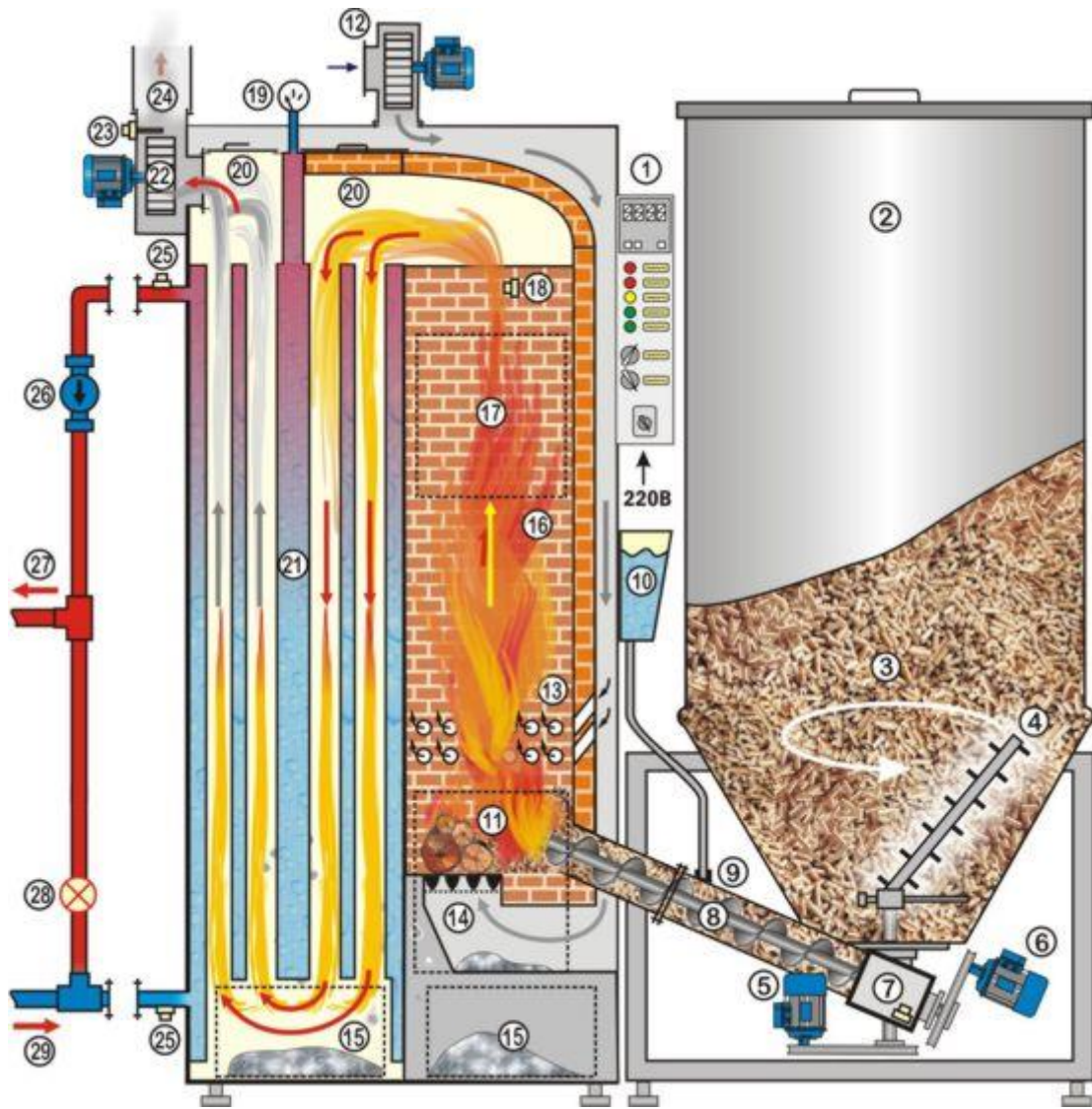


Рисунок 2.1 – Технологічна схема процесу піролізу:

1 - пульт керування, 2 - бункер зйомний 0,22 м³, 3 - сипке паливо, 4 – плаваючий (віброактиватор), 5 – привід віброактиватора, 6 – привід шнека, 7 – давач реверсу, 8 – шнек подачі палива, 9 – термоголовка, 10 – вода захисту від загорання, 11 - топка високотемпературна, дверцята чистки колосників, регулятор піддуву під колосники, 12 - вентилятор піддуву, 13 - струменевий піддув, 14 – колосники, 15 – зольник, дверцята, 16 – зона допалювання, 17 - дверцята завантаження дров, 18 – давач тяги, 19 – манометр, 20 - люк для чистки димогарних труб, 21 – вода у теплообміннику, 22 – димотяг, 23 - давач t° газів, 24 – димохід, 25 - давачі t° води, 26 – насос, 27 – подача води, 28 – вентиль, 29 – зворотня вода.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

2.3 Ферментація органічних відходів

Ферментація органічних відходів - це процес розкладання органічних матеріалів під дією мікроорганізмів, що зазвичай відбувається в умовах відсутності кисню (анаеробних умовах). Цей процес можна використовувати для виробництва біогазу, компосту та рідких органічних добрив [15].

Основні етапи ферментації органічних відходів наступні:

- Попередня підготовка відходів: збір та сортування відходів, дріблення матеріалу.
- Заливка відходів у ферментер: у ферментер додаються органічні відходи та ферменти (або стартер культури), які стимулюють ріст та активність мікроорганізмів.
- Ферментаційний процес: під дією мікроорганізмів відбувається розклад органічної речовини на біогаз, компост та рідкі органічні добрива.
- Отримання біогазу та інших продуктів: біогаз можна використовувати як джерело енергії для виробництва тепла та електроенергії, компост та рідкі органічні добрива можна використовувати для підживлення ґрунту.
- Ферментація органічних відходів є ефективним та екологічно безпечним способом використання відходів та зменшення їх впливу на навколишнє середовище [17].

Для ферментації органічних відходів необхідно спочатку збирати відходи, які можуть бути використані для цієї цілі, такі як їжа, газони, листя та інші рослинні матеріали. Після збору відходів вони розміщуються в спеціальних контейнерах, де відбувається процес ферментації. Процес ферментації відбувається за допомогою спеціальних бактерій, які розкладають органічний матеріал та виділяють біогаз. Біогаз може бути використаний для виробництва електроенергії або палива для транспортних засобів [13].

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

2.4 Компостування органічних відходів

Компостування органічних відходів - це процес перетворення органічних матеріалів, таких як фрукти, овочі, листя, трава, гілки та інші рослинні матеріали, на багату на поживні речовини ґрунтову суміш, яку можна використовувати для поливу рослин. Компостування є екологічно безпечним способом зменшення відходів, зокрема зменшення обсягу сміття, яке закопують на смітниках [2]. Крім того, він може бути використаний для збагачення ґрунту поживними речовинами та підвищення якості ґрунту, що допомагає рослинам краще рости та підвищує врожайність.

Щоб компостувати органічні відходи, необхідно відвести окремо від сміття всі органічні матеріали та викласти їх в компостер або на місці, відведеному для компостування. Далі, необхідно забезпечити правильні умови для компостування, такі як достатнє зволоження та провітрювання, щоб сприяти швидкому розкладанню матеріалів [24].

У процесі компостування бактерії та інші мікроорганізми розкладають органічні матеріали на поживні речовини, які можуть бути забезпечені рослинам. Загалом, процес компостування може зайняти від кількох тижнів до кількох місяців, залежно від умов та типу матеріалів, які компостуються. Компостування органічних відходів є важливим екологічним питанням в сучасному світі. Важливо зазначити, що компостування може бути корисним не тільки для навколишнього середовища, але і для сільського господарства та садівництва [1]. Поживна ґрунтова суміш, отримана в результаті компостування, може бути використана як добриво для рослин.

Основним вимогами до готового компосту є відношення вмісту вуглецю до азоту у компості, позначене як C:N. Це відношення повинно бути в діапазоні від 20 до 30:1, де C - кількість вуглецю, а N - кількість азоту. Якщо відношення вуглецю до азоту занадто велике, процес компостування сповільнюється, а при недостатній кількості азотистих речовин компост може бути бідним азотом. Вологість компостованого матеріалу повинна бути утримуватися на рівні від 50%

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 19510066

Арк

22

до 60%. Недостатня або занадто висока вологість може негативно впливати на процес компостування. Компостований матеріал повинен періодично перемішуватися 1-4 рази протягом циклу, щоб забезпечити достатню кількість кисню та вологи. Це сприяє активнішому розкладанню матеріалу.

Всі матеріали, на які діють мікроорганізми, необхідно подрібнювати. Це прискорює процес компостування, оскільки збільшує поверхню, доступну для розкладання мікроорганізмами. Компостовані відходи слід укладати шарами товщиною не більше 15 см. Товсті шари одного матеріалу можуть сповільнювати процес компостування. Для прискорення компостування в кожен шар можна додати невелику кількість вапна або кісткового борошна, щоб нейтралізувати кислотність. Щоб забезпечити правильне співвідношення між вуглецем і азотом в шарах компосту, можна використовувати наступні вуглецеві матеріали: солому, сухі листя, суху траву, тирсу, папір та кору. Також можна додавати 2-3 частини вуглецевого (сухого) матеріалу до 1 частини свіжого зеленого матеріалу [24].

2.4.1 Компостування в ЕМ-контейнерах

Існують два популярних методи компостування: використання ЕМ-контейнера і бокашу, або використання хробаків у процесі вермікомпостування. Узагалі, органічні відходи, що знаходяться у ЕМ-контейнері, не проходять повний компостувальний процес, а лише ферментуються. В результаті цього процесу не утворюється справжній компост [18]. Фактично, цей метод призначений для збирання більшої кількості органічних відходів без їх гниття та псування. Після цього, ці відходи потрібно або передати в компостер з хробаками, щоб отримати добриво, або вивезти та поховати їх у лісі, де вони природним шляхом розкладуться (скомпостуються) [22]. Якщо ви оберете останню опцію, рекомендується не закопувати органічні відходи дуже глибоко. Кімнатний вермікомпостер (рис. 2.2) можна придбати в готовому вигляді, а можна використати підручні способи: звичайні ящик та поліпропіленовий мішок для круп.

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№докл.	Взаєм.інв.№
	Інв.№дубл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------



Рисунок 2.2 – Приклади кімнатних компостерів

2.4.2 Компостування на прибудинковій території.

При встановленні компостера, вибір місця є дуже важливою складовою. Оптимальною опцією буде розташування його на газоні або на свіжо розрихленій землі (можливо, з невеликим закопуванням). Такий підхід дозволить рідині з компосту поглинатися в ґрунт. Додатково, рекомендується розмістити компостер на рівній поверхні, щоб уникнути будь-яких проміжків між його днищем та землею, що запобігає витоку рідини за межі компостера, наприклад, на асфальт. Це допоможе уникнути неприємного запаху. Щоб убезпечити контейнер від гризунів та безпритульних тварин, таких як собаки та коти, рекомендується встановити внутрішню сітку [23]. Для початку компостування найкраще розпочати з встановлення дна компостера шаром садових відходів товщиною близько 20-30 см. Цей шар відіграватиме роль абсорбента для надлишку вологості з першого шару компосту. Рекомендоване співвідношення складає 1 частину садових відходів до 3 частин кухонних відходів.

У громадському компостері або у власному компостері біля приватного будинку зазвичай кожна людина додає органічні відходи й пересипає їх листям, але якщо у ОСББ є така можливість, було б краще, якщо за доглядом за компостером відповідала одна особа. Частота додавання відходів може

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№покл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

варіюватися (один раз на день або раз на кілька днів), наприклад, можна додавати органічні відходи щоранку після прибирання, якщо двірник(-чка) доглядає за компостером. Це залежатиме від кількості квартир, які сортують відходи, і кількості кухонних органічних відходів, які потрапляють у компостер. Цей підхід допоможе запобігти надмірній вологості компосту та уникнути неприємного запаху й появи мух-дрозофілів. Оптимально, коли поруч з компостером, де відбувається процес розкладання органічних матеріалів, знаходиться окремий контейнер для збирання садових відходів. В цей контейнер складаються гілки, листя та суха трава, зібрані з території навколо [22]. Саме з цього контейнера беруться садові відходи, які потім переносяться до основного компостера для змішування з кухонними відходами.

Готовий компост представляє собою цінне добриво для домашніх рослин, а також для клумб, кущів та дерев на прибудинковій території. При посадці або пересадці домашніх вазонів можна змішувати готовий компост з землею (грунтом). Крім того, його можна додавати до землі при посадці дерев, кущів та квітів навколо будинку, а також вносити (домішувати) до існуючих клумб з рослинами.

Існує різноманітність компостерів, які використовуються для переробки рослинних залишків. Їх можна виготовити самостійно або придбати готові. Компостерами можуть бути компостні ями, компостні купи, компостні дерев'яні ящики, термокомпостери та вермікомпостери. Компостер має зовнішній вигляд охайного пластикового контейнера, який гармонійно вписується в садовий дизайн. Зазвичай використовують компостери в період від квітня до жовтня [22]. Термокомпостер можна використовувати протягом усього року, оскільки він здатний зберігати тепло, працюючи на зразок термосу. У вермікомпостері використовуються спеціальні хробаки для перетворення органічних відходів. Цей процес дозволяє отримати цінне органічне добриво, яке називається вермікомпостом. Щодо розрахунку об'єму компостера на садовій ділянці з газоном, рекомендується використовувати пропорцію - 1 м³ на 10-15 соток [20].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

2.4.3 Вермікомпостування

Вермікомпостування - це процес перетворення органічних матеріалів на поживний ґрунт за допомогою черв'яків. Цей спосіб компостування є екологічно безпечним і досить ефективним. Основними учасниками у процесі вермікомпостування є черв'яки певного виду, які відомі як черв'яки-компостери або черв'яки ейссена. Ці черв'яки мають здатність швидко розкласти органічні матеріали, такі як кухонні відходи, трава, опали листя і інше [18].

Процес вермікомпостування відбувається у спеціальних контейнерах або комбікормах, де черв'яки розбирають органічні рештки на більш прості речовини, а потім виділяють гумусовий матеріал, відомий як вермікомпост. Цей вермікомпост є багатим на харчові речовини і мінерали і може бути використаний як природне добриво для рослин.

Основні переваги вермікомпостування включають:

- Зменшення кількості сміття, що потрапляє на звалища, тим самим сприяючи збереженню природних ресурсів.
- Виробництво високоякісного органічного добрива, яке підвищує родючість ґрунту і поліпшує його структуру.
- Екологічна безпека, оскільки вермікомпостування відбувається природним шляхом без використання хімічних речовин чи шкідливих викидів.
- Відсутність неприємного запаху або комах у вермікомпостері, якщо процес проводиться правильно [21].

Найпоширенішим видом, який використовується в цьому процесі, є черв'як *Eisenia fetida*, також відомий як черв'як черв'яка. Коли компостер заповнений органічним матеріалом, таким як фруктові шкурки, овочеві відходи, листя та інші рослинні рештки, черв'яки починають свою роботу. Вони люблять харчуватися цим органічним матеріалом, а також мікроорганізмами, які знаходяться в ньому.

Черв'яки мають спеціальні зубчики, які допомагають їм роздроблювати органічний матеріал. Вони жують та пережовують рештки, розподіляючи їх на

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№покл.

										Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						26

більш маленькі шматочки. Під час жування черв'яки також виділяють спеціальні слини, які допомагають розкласти органічний матеріал. Органічний матеріал, пропущений через систему травлення черв'яків, перетворюється на вермікомпост, який є багатим на поживні речовини, мінерали та мікроорганізми. Вермікомпост має дрібну розмелену структуру та зв'язану текстуру. Черв'яки також виробляють певну кількість відходів у процесі перетравлення органічного матеріалу. Ці відходи, які називаються черв'ячим золотом або черв'ячим гумусом, також можуть бути використані як добриво для рослин [27].

Таблиця 2.1 – Працездатність однієї сім'ї черв'яків

За строк	Виробляють біогумусу	У скільки разів розмножуються
1 місяць	15 кг	x1
3 місяці	60кг	x1,5
6 місяців	230 кг	x7
9 місяців	830 кг	x20
12 місяців	2400 кг	x50

Вермікомпостери можуть мати різну конструкцію, від простих контейнерів з отворами для вентиляції до спеціальних систем з різними рівнями та сітками для уникнення виходу черв'яків з компостера. Для успішної роботи вермікомпостера необхідні певні умови, такі як вологість, температура та харчова база для черв'яків [27].

Основними перевагами вермікомпостерів з черв'яками є:

- Екологічність: Вермікомпостери допомагають уникнути викидів органічних відходів на смітник, зменшуючи негативний вплив на довкілля.
- Відновлюваність ресурсів: Вермікомпостери перетворюють органічний відходи на поживний компост, який можна використовувати для вирощування рослин, що допомагає відновити ґрунт.

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№покл.

- Маленький розмір: Вермікомпостери (рис. 2.3) можна встановити навіть у невеликих приміщеннях, таких як кухня або балкон, що робить їх ідеальними для використання в міському середовищі.



Рисунок 2.3 – Вермікомпостер

2.4.4 Польовий метод компостування в буртах на відкритій площині

Польовий метод компостування в буртах на відкритій площині є одним з методів організації процесу компостування органічних матеріалів на відкритій території. Цей метод застосовується для розкладання рослинних залишків, стійкого до розкладання матеріалу та інших органічних відходів у природних умовах.

Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№подл.	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Інв.№подл.
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Польовий метод компостування в буртах на відкритій площині використовується для створення компосту без використання спеціальних контейнерів або куп. Цей метод особливо популярний у сільськогосподарських господарствах та садівництві, де є велика кількість органічних матеріалів, таких як солома, сіно, листя, садові відходи та інше [26].

На виході отримується темна, волога і рихла маса з запахом ґрунту, яка є готовим компостом. Цей компост можна використовувати для всіх видів сільськогосподарських рослин у приблизно тих самих дозуваннях, що і гній - від 15 до 40 тонн на гектар. При висадці розсади особливо корисно використовувати компост. Наприклад, для овочевих культур у лунку можна додати одну столову ложку компосту.

В розсадництві та садівництві широко використовують отриманий компост. Особливо його часто застосовують при закладанні маточників. Він є відмінним варіантом для органічного садівництва. Один з найпопулярніших субстратів для вирощування садивного матеріалу деревних рослин з закритою кореневою системою складається з суміші лісового ґрунту (40%), садового ґрунту (40%) та тирсокомпосту з рН=5,5 (20%). При посадці плодкових дерев рекомендується додавати близько двох відер компосту безпосередньо в лунки. Крім того, компост можна використовувати як добриво для удобрення саджанців протягом другого-третього року після посадки. Це можна зробити, неглибоко закопавши його у верхній шар ґрунту пристовбурового кола або просто розклавши і засипавши землею. При посадці малини та ожини за допомогою траншейного способу, в кожен борозну можна додати шар компосту товщиною до 10 см. При посадці смородини, агрусу і порічок, рекомендується додавати до 1 відра компосту в кожен яму. Компост також використовують для мульчування та удобрення ґрунту як в маточниках, так і в промислових насадженнях винограду. Рекомендована кількість компосту для винограду становить 6-8 кг на 1 м² один раз на рік, восени [26].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------



Рисунок 2.5 – Готовий компост, який 3 місяці тому був сміттям у смітнику
(Ресурс: <https://zerowastelviv.org.ua>)

В Україні також діє ряд комерційних проектів з компостування органічних відходів, які надають послуги з переробки відходів для приватних осіб та підприємств. Одним з таких проектів є «Зелений каштан», який пропонує послуги з компостування та переробки органічних відходів для мешканців Києва.

У місті Суми та Сумській області існують ініціативи щодо компостування. Наприклад, у місті Суми діє проект «Компостуй своє!», який організовує безкоштовний збір та переробку органічних відходів для мешканців міста. У Сумській області також існують проекти щодо компостування. Наприклад, у місті Конотоп діє проект «Зелений острівець», який передбачає створення зони збору та переробки органічних відходів [9]. Крім того, в області діють спеціалізовані підприємства, які займаються переробкою відходів, у тому числі органічних.

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

РОЗДІЛ 3 ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ В МІСТІ СУМИ

3.1 Оцінка перспектив компостування органічних відходів в м. Суми

Оцінку здійснюємо на основі наявних даних про структуру побутових відходів в м. Суми [1].

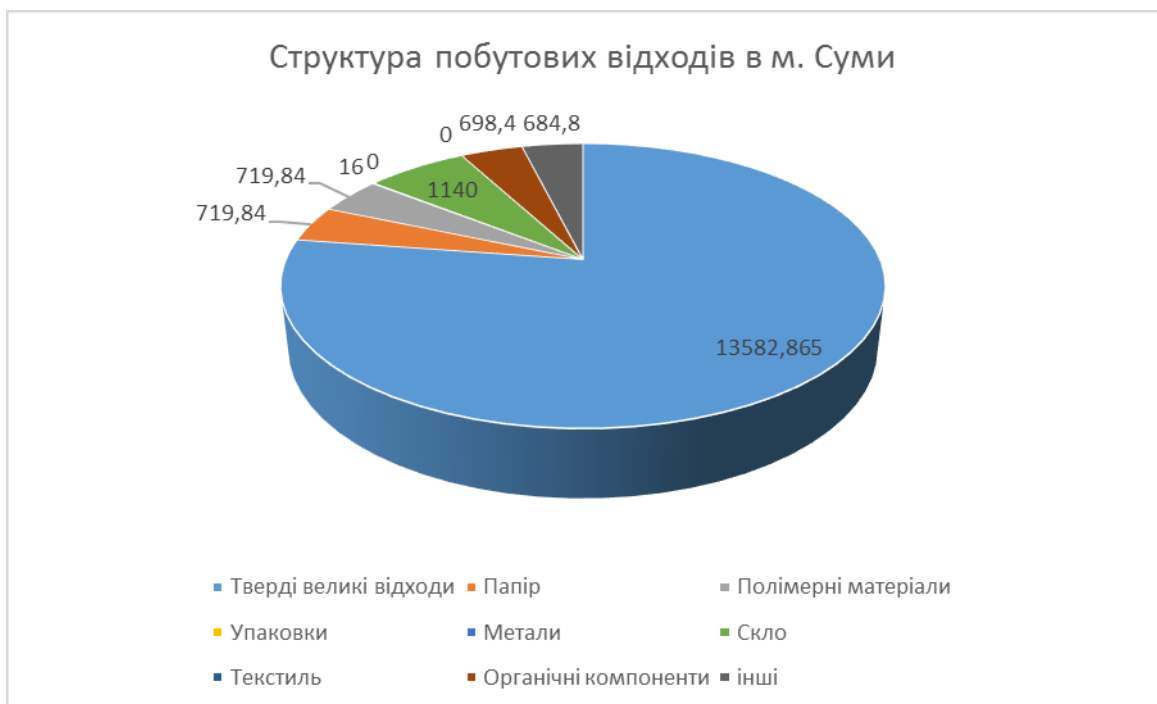


Рисунок 3.1 – Структура побутових відходів в м. Суми

Отже, частка органічних відходів у структурі муніципальних відходів становить – 6,98 %.

До компостування придатні органічні відходи, в тому числі різні рослинні відходи (опале листя, трава, гілля тощо), харчові відходи (залишки їжі від закладів громадського харчування, овочеві залишки).

Компостування органічних відходів в містах, включаючи Суми, має потенціал стати ефективним способом управління цими відходами і сприяти збереженню навколишнього середовища. Важливим фактором є свідомість

Підп. і дата									
Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 19510066	Арк
									33

населення міста Суми про користь компостування та готовність брати активну участь у цьому процесі. Здійснення ефективної інформаційної кампанії, навчання громадян правилам компостування та постачання необхідного обладнання може сприяти впровадженню компостування органічних відходів.

Таблиця 3.1 – Переваги компостування

Категорія	Перспектива
Фінансовий аспект	Компостуючи органічні відходи, ви майже на 40% зменшуєте вміст вашого смітника. А, отже, рідше викидаєте сміття і менше сплачуєте за його вивезення.
Гігієнічний аспект	Влітку, коли багато фруктів і овочів стає джерелом неприємного запаху та надокучливих дрібних мушок (дрозофілів), важливо відзначити, що органічні відходи легко розкладаються і не довго залишаються у сміттєвому відрі, що уникне дискомфорту для мешканців квартири.
Соціально-естетичний аспект	Компост, отриманий шляхом правильної обробки органічних відходів, є відмінним природним добривом для рослин, що ростуть на малих прибудинкових ділянках. Компостування дозволяє вам внести значний внесок у зеленіння вашої прибудинкової території, оскільки здорові рослини, густі кущі та дерева сприятимуть очищенню повітря і надаватимуть достатньої тіні в спекотні дні.
Кліматичний аспект	Органічні відходи, що потрапляють на сміттєзвалище, на відміну від тих, що повертаються компостом у природу, – шкідливі відходи. Взаємодіючи з іншими видами ТПВ та не маючи доступу повітря, вони виділяють метан – газ, що пришвидшує процеси змін клімату, бо є одним з парникових газів та створює небезпеку займання сміттєзвалища.

Інв.№подош.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

компосту в обсязі, достатньому для шести місяців накопичення. Таким чином, менш якісний компост, отриманий з оброблення біовідходів, які відокремлюються під час сортування змішаних твердих побутових відходів, може використовуватися як заміна ґрунту для покриття шарів таких відходів під час їх захоронення на сміттєзвалищах [23]. Отриманий компост, що містить стабілізовані біовідходи, також може використовуватися для рекультивації сміттєполігонів та відновлення земельних ділянок, які були використані для сміттєзвалищ. В цій області існує значна потреба у такому використанні компосту. Біогаз і дигестат є результатами анаеробного оброблення органічних матеріалів. Найпоширенішим способом використання біогазу є його використання для виробництва електроенергії.

Не були виявлені соціальні ризики, пов'язані з використанням аеробних та анаеробних методів у створенні об'єктів оброблення біовідходів.

У рамках нормативно-правових вимог допускається створення об'єктів, які призначені як для застосування аеробних, так і анаеробних методів. Однак, існують обмеження, які можуть застосовуватись до окремих майданчиків залежно від їхніх унікальних характеристик [22].

На основі проаналізованих в Розділі 2 методів, для м. Суми рекомендовано використовувати метод компостування на відкритих площинах. Адже, в місті є належні для цього методу площі, на яких можна організувати процес компостування в буртах.

3.3 Організація процесу компостування на відкритій ділянці для м. Суми

Для створення компосту викопують глибокі канавки або бурти на відкритій площині. Розміри канавок можуть варіюватись залежно від об'єму матеріалів, які будуть компостуватися. Зазвичай вони мають ширину близько 1-2 метри і глибину 0,5-1 метр.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Процес компостування розпочинається з формування шарів органічних матеріалів в канавках. Шари можуть складатися з різних видів органічних відходів, таких як садові відходи, солома, навоз, торф тощо. Рекомендується чергувати зелені (багаті на азот) та коричневі (багаті на вуглець) матеріали, щоб забезпечити правильне співвідношення азоту і вуглецю для ефективного компостування. Після формування шарів матеріалів канавки можна покрити тонким шаром ґрунту або землі, що допоможе утримувати тепло і запобігти поширенню запаху. Також це може допомогти утримувати вологу. Компост потребує регулярного зволоження. У разі нестачі опадів рекомендується поливати канавки водою, щоб забезпечити вологість матеріалів. Важливо уникати пересушування або перенасичення вологою компосту [27].

Для створення компосту обираємо площадку з розслабленим шаром ґрунту або дренажем. В іншому випадку, якщо така площадка недоступна, розміщуємо ящик (бурт) на підвищеній ділянці, щоб уникнути його затоплення водою. Важливо не проводити компостування на відстані менше 30 м від джерела питної води.

На рівній поверхні ми закопуємо чотири опори завдовжки не менше 1 м, а потім складаємо своєрідний "ящик" з дерев'яних дощок або планок, залишаючи проміжок між ними для кращої вентиляції. Четверту сторону бурта найкраще зробити у формі дверцят, це полегшить перемішування компосту та зробить процес відбору готового компосту простішим. Дно бурта можна вкрити товстою поліетиленовою плівкою або навіть старим лінолеумом. У господарстві також зручно використовувати ящик завдовжки 3 м і завширшки 1 м, який поділений на три відсіки. Перший відсік призначений для свіжих відходів, другий - для відходів на стадії гниття, а третій - для готового компосту. Як альтернативу ящику, можна просто викопати яму глибиною близько 1 м і утеплити її сухою травою та листям. Ще простішим варіантом є придбання готового металевого або пластикового компостера.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подош.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Можна розпочати компостування у будь-який час року. Починаючи з нижнього шару, на дно компостера рекомендується розмістити щіпки і гілочки для створення дренажу, а потім додавати органічні залишки шарами. Майже всі органічні відходи домашнього господарства підходять для компостування, такі як очистки овочів та фруктів, залишки чаю і кави, стебла і інші частини рослин (наприклад, качани кукурудзи, шкарлупа горіхів, опале листя і дрібні гілочки дерев, тирса, скошена трава, сіно та солома), подрібнений папір та картон (включаючи серветки та газети), яєчна шкарлупа, гній, пір'я птахів. Узагалі, чим більше різноманітних органічних відходів буде додано до компостера, тим кращою буде якість отриманого добрива [26].

Рекомендується чергувати шари вологих та сухих залишків, а також коричневих та зелених матеріалів. "Коричневі" залишки, які містять вуглець, та "зелені" залишки, що містять азот, сприяють більш збалансованому компостуванню [23]. Шар рослинних залишків бажано робити завтовшки до 50 см, чергуючи їх з гноєм чи землею завтовшки 5-10 см. Важливо уникати використання рослинних залишків із ознаками хвороб, хімічно оброблених рослин та їх частин, кореневищних бур'янів та бур'янів з утвореними насіннями, кісток та будь-яких неорганічних відходів, таких як скло, пластик, метал.

Для успішного процесу компостування необхідно забезпечити належну аерацію шляхом перемішування рослинних залишків та збереження вологості. Рекомендується проводити перемішування шарів вилами 1-2 рази на місяць, а влітку також періодично поливати водою. Зазвичай, компост можна отримати за два роки після його створення, але застосування мікроорганізмів та належна вентиляція можуть прискорити цей процес до одного сезону. Крім того, важливо підтримувати внутрішнє тепло, яке може досягати 50-70 °С. Для досягнення цього ефекту ящик компосту тримають накритим поліетиленовою плівкою, старим килимком, лінолеумом або щільно закривають дерев'яною кришкою, зробленою з дощочок. Також, для прискорення процесу розкладання, можна додати трохи пташиного посліду. У разі появи запаху аміаку під час компостування, це свідчить

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подош.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

про порушення процесу, і рослинні залишки містять переважно азотні компоненти. Щоб виправити ситуацію, рекомендується додати подрібнений папір, деревину або соломку до компосту [27].

3.4 Напрями використання компосту

Компост, отриманий з буртового компостування, може бути використаний на місцевому рівні, наприклад, для покращення якості ґрунту в садах, городах або сільськогосподарських ділянках. Це зменшує потребу в транспортуванні органічних відходів на великі відстані та сприяє створенню більш стійких місцевих екосистем. Впровадити, для заохочення людей, метод прийняття від мешканців міста харчові та садові відходи, листя та гілля для подальшої переробки. Також надати можливість безпечно набрати компост для власного використання жителям міста .

Переваги компостування включають:

Повернення живильних речовин рослин у природний кругообіг шляхом використання існуючих відходів. Зменшення кількості речовин, що можуть забруднювати воду, ґрунт і атмосферу, при неправильній обробці. Використання інших органічних відходів, таких як листя, трава, гній і комунальний мул, разом з компостом. Економічна ефективність технології компостування завдяки невеликим витратам. Процес компостування також використовується для утилізації побутових відходів.

Однак важливо відзначити деякі недоліки компостування:

Компост, отриманий з побутових відходів, має обмежену придатність для використання у сільському господарстві. У західних країнах такий "компост" переважно використовується для покриття звалищ. Під час процесу біокомпостування утворюються шкідливі гази, такі як аміак, оксиди вуглецю, вуглеводні і інші. При біокомпостуванні до 30% органічної складової побутових відходів залишаються як некомпостовані матеріали, які потребують інших

Підп. і дата	
Інв.№докл.	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

методів утилізації, таких як захоронення, спалювання або подальша переробка [24].

Фактори, що впливають на якість компосту:

- Вологість: Оптимальний вміст вологості для ефективного аеробного компостування становить 40-60%. Недостатня вологість уповільнює активність мікроорганізмів, тоді як надмірна волога може спричинити анаеробне розкладання з викидом газів. Додавання сухих матеріалів, таких як листя або гілки, знижує вміст вологості.
- Температура: Ефективна температура для компостування знаходиться в діапазоні від 32 до 60°C. Температура вища або нижча за цей діапазон уповільнює дію мікроорганізмів.
- Співвідношення C/N: Бактерії і грибки, які знаходяться у компості, використовують вуглець як джерело їжі і азот для синтезу протеїнів. Недостатній азот у масі компосту сповільнює процес компостування, а надлишок азоту може призвести до утворення аміаку з неприємним запахом. Оптимальне співвідношення C/N приблизно 30:1. Додавання матеріалів з високим вмістом вуглецю, наприклад, листя, або матеріалів з високим вмістом азоту, таких як свіжа трава або гній, може бути використано для балансування співвідношення.
- Кисень: Для оптимального компостування необхідна певна кількість кисню. Цього можна досягти штучною вентиляцією або механічним перемішуванням компосту. Надмірне повітря може висушувати і охолоджувати компост, тому важливо забезпечити оптимальний режим аерації [26].

Ідеальною сировиною для компостування є незабруднені органічні відходи без домішок, які біологічно розкладаються і мають високий вміст вуглецю. Для регулювання вмісту компосту важливо знати походження цих відходів. Тому система збору відходів є важливим фактором для забезпечення високої якості компосту. У випадках, коли немає централізованої системи збору, населення слід

Інв.№подоки.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

грибки та комахи. Це може становити загрозу для здоров'я людей, особливо якщо вони мають прямий контакт з цими відходами без належного захисту.

- Пожежна небезпека: Деякі органічні відходи, такі як солома, суха трава або дерев'яний матеріал, можуть бути легкозаймистими [27].

4.2 Забезпечення захисту персонала на виробництві при утилізації органічних відходів

Забезпечення захисту персоналу під час утилізації органічних відходів важливе завдання для забезпечення безпеки та здоров'я працівників.

Заходи, для забезпечення захисту персоналу:

- Підготовка персоналу: Забезпечення належної підготовки та навчання працівників щодо безпечних методів роботи з органічними відходами, включаючи навчання щодо користування необхідними інструментами та обладнанням.
- Особистий захист: Забезпечення персоналу необхідними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) такими як захисні рукавиці, захисні окуляри, маски або респіратори. Вибір ЗІЗ залежить від конкретних ризиків, пов'язаних з утилізацією органічних відходів.
- Вентиляція: Забезпечення належної вентиляції у робочому середовищі, особливо в приміщеннях з великою кількістю органічних відходів. Це може включати використання систем витяжної вентиляції або забезпечення природної циркуляції повітря.
- Обробка та сортування: Застосування правильних методів обробки та сортування органічних відходів для зменшення ризику контакту персоналу з потенційно небезпечними матеріалами. Наприклад, встановлення окремих контейнерів для різних типів відходів та навчання персоналу правильному сортуванню.

Інв.№п/одл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата						Арк
										44
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 19510066					

- Моніторинг: Регулярний моніторинг рівня шкідливих речовин у повітрі та на робочих місцях для переконання в дотримання норм.

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ОС 19510066	Арк
						45
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата		

як метан. Утворення метану внаслідок розкладу органічних відходів в умовах звалищ ізольоване від атмосфери, тоді як у процесі компостування метан знижується, а вуглекислий газ виходить в атмосферу повільніше.

- Економічні переваги:
- Компостування може бути вигідним з економічної точки зору. Замість того, щоб платити за вивезення та утилізацію органічних відходів, їх можна переробити на місці і використовувати отриманий компост для поливу рослин, що дозволяє заощадити гроші на добривах.

Проаналізувавши кліматичні умови Сумщини можна сказати :

При належному керуванні і контролі, компостування можливе в місті Суми. Але, рекомендується використовувати утеплені компостери або мулчування, щоб зберегти оптимальну температуру взимку і забезпечити вологість та повітряний доступ. Також варто звернути увагу на правильний вибір матеріалів для компосту

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата						Арк
										47
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 19510066					

9. Worrell E., Reuter M. Handbook of recycling: state-of-the-art for practitioners, analysts, and scientists. Elsevier Inc., 2014. 563 p.
10. Офіційне видання ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій
URL:dreamdim.ua/wp-content/2019
11. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2019 рік.
Міністерство розвитку громад на території України. Офіційний сайт 2021 рік. URL: <https://www.minregion.gov.ua>
12. Управління відходами в Україні – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://ekosphaera.org/wpcontent/uploads/2018/02/Ukraine_Newsletter_01_ukr.pdf
13. Горобець О.В. УДК 504.75.06 «Перспективні напрями утилізації органічних відходів».
14. А.А.С.М. Beenackers, K. Maniatis. Gasification technologies for heat and power biomass. Proc. of EuroSun' 96, September, Freiburg, Germany, pp. 1311- 1335.
15. Концепція Загальнодержавної програми поводження з відходами на 2013-2020 роки.
16. ALBA Group: Figures and facts on the closed-loop recycling in Germany. – Електронний ресурс: [/www.alba.info/en/alba-group/press/press-kit/figures-and-factson-the](http://www.alba.info/en/alba-group/press/press-kit/figures-and-factson-the)
17. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення.
18. Поводження з відходами: Курс лекцій. Для студентів денної форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія» Освітньо-кваліфікаційний ступінь«магістр». / О.В. Рибалова. – Х: НУЦЗУ, 2016. – 53–72 с.
19. Вермикомпостування як перспективний напрям, переробки органічних відходів, журнал ЕКОBUSINESS/
<https://ecoloq-ua.com/articles/vermykompostuvannya-yak-perspektyvnyy-naprym-pererobky-organichnyh-vidhodiv>

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Пітт	Дата
-----	-----	----------	------	------

ОС 19510066

Арк

49

20. Управління відходами в Україні – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:http://ekosphaera.org/wpcontent/uploads/2018/02/Ukraine_Newsletter_01_ukr.pdf
21. Application of methods (sequential extraction procedures and high-pressure digestion method) to fly ash particles to determine the element constituents: A case study for BCR 176 / Chang Cheng-Yuan, Wang Chu-Fang, Mui D.T., Chiang Hung Lung // J. Hazardous Mater. - 2009. - 163, № 2-3. - С. 578-587. – Англ
22. Про компостування органічних відходів - zerowastelviv. zerowastelviv. URL: <https://zerowastelviv.org.ua/proekt-kompostery-dlia-osbb/> (дата звернення: 09.06.2023).
23. Стаття в журналі: Компостування як рішення: позбуваємось органічних відходів URL: <https://ekosphaera.org/kompostuvannya-yak-rishennya-pozbuvayemos-organichnyh-vidhodiv-ta-stvoryuyemo-yakisnyj-grunt/>
24. Архівний документ SumDU Repository: URL:<https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstreamdownload/123456789/85617/1/Garba> (дата звернення: 1.06.2023).
25. Біохімічні методи утилізації відходів: Курс лекцій Для студентів всієї форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія». Д.О. Лазненко URL:https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured
26. Як у Львові працює станція компостування органічних відходів. URL: https://tvoemisto.tv/news/yak_u_lvovi_pratsyuie_stantsiya_kompostuvannya_organichnyh_vidhodiv_113872.html (дата звернення: 4.06.2023).
27. Приготування компостів та їх використання в розсадництві - Головне управління Держпродспоживслужби в Рівненській області. URL: <https://www.rivneprod.gov.ua/2019/11/28/prygotuvannya-kompostiv-ta-yih-vykorystannya-v-rozsadnytstvi/> (дата звернення: 4.06.2023).
28. SumDU. URL:https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:22b4e4e480db2da1201f4c9f07b576192496c7d2/20160213145313//260072/index.html#p2 (Дата звернення: 1.06.2023).

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	
Підп. і дата	
Інв. № покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата