

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Агрономічний факультет

Кафедра ТЗППР

Кваліфікаційна робота на правах рукопису

ПАНАСЮК Тетяна Леонідівна
УДК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**з теми: «НАУКОВЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ПЕРЕРОБКИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ БІОМАСИ НА БІОГУМУС»**

201 «Агрономія»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ Панасюк Т. Л.

Науковий керівник:

Саюк О.А., кандидат с.-г. наук, доцент

Житомир - 2020

ЗМІСТ

	Сторінки
Анотація	3
Вступ	4
Розділ I. Аналітичний огляд літератури/ОБГРУНТУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ІЗ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ/	7
1.1 Міжнародний досвід з переробки відходів	11
1.2 Поводження з відходами в Україні. Актуальність переробки відновної біомаси в Україні.	12
Розділ II Місце, умови та методика проведення наукових досліджень	14
Розділ III Основна експериментальна частина	15
3.1 Переробка відновлюваної біомаси на біогумус	17
3.2 Соціо-еколого-економічне обґрунтування переробки і використання відновної біомаси	19
3.3 Агроекологічна та енергетична ефективність анаеробних біофільтрів	25
3.4 Економічна ефективність вирощування анаеробних біофільтрів	27
Висновки та пропозиції виробництву	32
Список використаної літератури	33

Анотація

Кваліфікаційна робота Панасюк Тетяни Леонідівни виконана на тему: «Наукове та практичне обґрунтування технологій переробки відновлювальної біомаси на біогумус». Освітній ступінь «Магістр». Спеціальність 201 «Агрономія». Поліський національний університет, м. Житомир, 2020 р.

Ключові слова: біологічне очищення, анаеробний біофільтр, біомаса, біогумус, технології переробки, біодобрива.

Кваліфікаційна робота виконувалась впродовж 2019-2020 рр. на актуальну тему і присвячена вивченню технологій переробки відновлювальної біомаси на біогумус.

Розділ I кваліфікаційної роботи присвячений аналізу джерел наукової літератури, у якому висвітлені технології переробки відновлювальної біомаси на біогумус. У розділі II наведена програма, методика та умови проведення наукових досліджень. Розділ III присвячений висвітленню питань продуктивності, агроекологічної, енергетичної та економічної оцінки ефективності використання різних технологій переробки відновлювальної біомаси на біогумус.

Встановлено, що при переробці відновної біомаси зменшено кількість вивезення органічних відходів на полігони. При цьому за рахунок вивезення опалого листя покращується санітарно-епідеміологічна ситуація в місті. Наукові результати, отримані в роботі, допоможуть у дотриманні положень Закону України «Про відходи».

З врахування законодавства України (Закон України «Про охорону атмосферного повітря»), утилізація опалого листя, та, як результат, відсутність спалювання листя зменшує кількість токсичних речовин в атмосфері населених пунктів, це покращує якість життя населення.

Доведено, що отриманий біогумус доцільно використовувати для підживлення газонів, посадки нових дерев, вирощення розсади, зелених господарств міст України. Реалізація проекту з переробки відновної біомаси допоможе забезпечити кращу екологічну обізнаність населення.

Встановлено, що за рахунок скорочення відстані вивезення відходів (на полігон у селище Бармаки відстань становить 12 км, а до площадки збору опалого листя 1 км), згідно даного проекту для муніципалітету буде зекономлено 132 л пального (приблизно 4000 грн).

Окупність проекту становить 4 роки 5 міс. Враховуючи соціальне, екологічне та економічне значення переробки відновної біомаси в містах та зменшення пального на логістику таких відходів на міський полігон, вважаємо, що проект є доцільним та рекомендуємо до розповсюдження в Україні. Для реалізації проекту доцільно в меріях міст створювати аукціони із роздільного збору відновної біомаси та сплачувати із міського бюджету за такі операції. Іншим варіантом може бути організація переробки таких відходів «зеленими» господарствами у містах. Дані результати не є вичерпними а розвитком.

Anotation

Qualification work of Panasyuk Tetyana Leonidivna was performed on the topic: "Scientific and practical substantiation of technologies for processing renewable biomass into humus". Educational degree "Master". Specialty 201 "Agronomy". Polissya National University, Zhytomyr, 2020

Key words: biological treatment, anaerobic biofilter, biomass, compost, processing technologies, biofertilizers.

Qualification work was performed during 2019-2020 on a topical issue and is devoted to the study of technologies for processing renewable biomass into compost.

Section I of the qualification work is devoted to the analysis of sources of scientific literature, which highlights the technologies of processing renewable biomass into compost. Section II presents the program, methods and conditions of scientific research. Section III is devoted to the issues of productivity, agri-environmental, energy and economic assessment of the efficiency of the use of various technologies for processing renewable biomass into compost.

It is established that the processing of renewable biomass reduces the amount of removal of organic waste to landfills. At the same time, due to the removal

of fallen leaves, the sanitary and epidemiological situation in the city improves. The scientific results obtained in the work will help to comply with the provisions of the Law of Ukraine "On Waste".

Taking into account the legislation of Ukraine (Law of Ukraine "On Atmospheric Air Protection"), the disposal of fallen leaves, and, as a result, the lack of burning of leaves reduces the amount of toxic substances in the atmosphere of settlements, it improves the quality of life.

It is proved that the obtained biohumus should be used for fertilizing lawns, planting new trees, growing seedlings, green farms in Ukraine. The implementation of the renewable biomass processing project will help ensure better environmental awareness of the population.

It was established that by reducing the distance of waste removal (the distance to the landfill in the village of Barmaki is 12 km, and to the site of collecting fallen leaves 1 km), according to this project for the municipality will save 132 liters of fuel (approximately 4000 UAH).

The payback period of the project is 4 years 5 months. Given the social, environmental and economic importance of processing biomass in cities and reducing fuel for the logistics of such waste at the municipal landfill, we believe that the project is appropriate and recommended for distribution in Ukraine. To implement the project, it is advisable to create auctions in the city halls for separate collection of renewable biomass and pay from the city budget for such operations. Another option may be to organize the processing of such waste by "green" farms in cities. These results are not exhaustive but development.

Вступ

Актуальність теми дослідження. В Україні та в усьому світі дедалі більш гостро постає проблема збору всіх видів відходів. Різні країни світу вирішують цю проблему у свій більш або менш успішний спосіб. Серед усіх видів відходів за роздільного збору найбільш економічно ефективно переробляти органічні відходи. Серед органічних відходів найменш вивченою проблемою є збір, переробка, складування, та утилізація відновної біомаси. Сюди відноситься опале листя з дерев, скошена з газонів трава, тощо. Більшість людей навіть не задумуються над цим питанням, вважаючи органічні рештки таким же сміттям, як і всі інші його види, але це зовсім не так. У нашому проекті обґрунтовано належний спосіб утилізації біомаси, переваги цього методу та результати, яких можна досягти за незначних інвестицій. Підняте питання зумовлює актуальність дослідження.

Метою досліджень є соціо-еколого-економічне обґрунтування доцільності та ефективності переробки відновної біомаси з використанням інноваційних технологій.

Об'єкт дослідження – науково-методичне та практичне обґрунтування доцільності переробки відновної біомаси на біогумус.

Предмет дослідження соціо-еколого-економічне обґрунтування переробки відновної біомаси.

Наукова новизна одержаних результатів. Оцінено ефективність розробки обґрунтування технологій переробки відновлювальної біомаси на біогумус.

Методи досліджень: системно-структурний (визначення категоріальних понять та концептуальних засад поводження з відходами), економіко-статистичний (обробка статистичних даних), розрахунковий, порівняльний і графічний (розрахунки соціально-екологічно-економічної ефективності), причинно-наслідковий (виявлення чинників та економічних інструментів із стимулювання переробки відновної біомаси в містах), стратегічного аналізу і планування.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

1. Коваль В.В., Панасюк Т.Л., Герун О.С., Бондар Т.Л. - магістри. ВПЛИВ НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ЖИТА ОЗИМОГО.

Агросфера – частина біосфери. (Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених, збірник 1).- ПОЛІСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ, 2020.- С..

2. Зубро Д.І. Зубко Я.В, Рудник А.В., Панасюк Т.Л. Герун О.С., БондарТ.Л.- магістри. Стан посівів та урожайність зеленої маси люпину жовтого при різних способах обробітку ґрунту.

Сільське господарство – сталий розвиток України (Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених, збірник 2).- ПОЛІСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ, 2020.- С.

3. Коваль В.В., Панасюк Т.Л., Герун О.С., БондарТ.Л. - магістри. Вплив добрив на якісні показники урожаю жита озимого.

Інновації та розвиток агросектору (Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених, збірник 3).- ПОЛІСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ, 2020.- С.

Практичне застосування результатів. Результати досліджень можуть бути використані сільськогосподарськими підприємствами різних форм власності при розробці високоефективних технологій використання різних форм альтернативних добрив.

Апробація результатів досліджень. Основні положення і результати досліджень доповідалися та обговорювалися на: засіданнях наукового гуртка, всеукраїнських та студентських конференціях агрономічного факультету.

Структура та обсяг роботи. Робота містить 40 сторінок комп'ютерного тексту, у тому числі 3 розділи, 7 таблиць, 2 рисунки. Список використаної наукової літератури налічує 30 джерел. У додатках наведено статистичну обробку за варіантами досліду.

Розділ І. Аналітичний огляд літератури /ОБГРУНТУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ІЗ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ/

1.1 Міжнародний досвід з переробки відходів

Щороку людство продукує понад 2 мільярди тонн сміття. Це в середньому 200 кілограмів на людину. В країнах активного споживання ця цифра сягає 2 тонни в рік на людину. Відходи гниють на сміттєзвалищах, забруднюють підземні води та руйнують екосистеми. У багатьох країнах світу давно замислилися над тим, як уникнути перетворення планети на великий смітник. Виявляється, сміття можна переробляти знову в ресурс і робити з нього корисні речі або енергію. Вважається, що в середньому на одного жителя за рік накопичується 250 кг твердого сміття (у США - 715 кг, у Швеції - 480 кг, у Москві -270 кг). До складу твердих комунальних відходів входять: папір, картон (37%); кухонні відходи (30,6%); дерево (1,9%); шкіра і резина (0,5%); текстиль (5,4%); штучні органічні матеріали, головним чином, поліетилен (5,2%); кістки (1,1%); скло (3,7%); кераміка, камінь (0,8%) та інші (9,7%). Що стосується України, то у середньому мешканець великого міста щодня викидає його 1—2 кг. Підраховано: щорічно жителі України виробляють 11 млн. кубометрів побутових відходів, вони займають 260 тисяч гектарів — приблизно таку ж площу, як держава Люксембург [3, 5].

Україна з 2012 року посідає перше місце у світі за кількістю сміття на душу населення. Загальні обсяги відходів, які накопичилися за роки незалежності в нашій країні, за різними підрахунками, сягають 30 мільярдів тонн. Так, за даними Мінрегіонбуду від березня 2015 року, загальні обсяги утворення лише твердих побутових відходів (ТПВ) сягають понад 11-12 мільйонів тонн щороку. А відповідно до звіту Національної комісії з питань регулювання в галузях електроенергетики та комунальних послуг, опублікованого на офіційному сайті відомства, з 2010 до 2015 року темпи приросту сміття становили 10-15% за обсягом та вагою відповідно. Тому сьогодні Україна вийшла на рівень приросту сміття в обсязі 15 мільйонів тонн на рік [17].

Українські екологи та суспільство стурбовані проблемою, адже 97% ТПВ просто вивозять на сміттєзвалища і полігони, яких налічується понад 4,5 тисячі санкціонованих та понад 35 тисяч стихійних. Усі такі території займають понад 150 тисяч гектарів українських чорноземів, лісів, ярів та інших природних угідь. А це майже як два Києва, п'ять таких міст як Харків або сім міст таких як Одеса. Таким чином, Україна одержала перше місце в Європі за рівнем шкідливого впливу на довкілля. Однак це не привід опускати руки, тому давайте розглянемо як дана проблема вирішується в інших країнах. Швеція. Швеція є одним із світових лідерів, що використовують технологію «енергія зі сміття» (waste-to-energy). Близько 2,5 мільйонів тонн сміття щороку спалюється для вироблення електрики або тепла. У країні є десятки сміттєпереробних заводів та «сміттєвих» електростанцій. Вони забезпечують енергією близько мільйона сімей – чимало як для 10-мільйонної країни. Таке місто як Мальме 60% своєї енергії бере з відходів. 99% сміття в країні використовується або як паливо для електростанцій, або як сировина для виробництва. Швеція настільки успішна в переробці власного сміття, що їй його не вистачає. Тому вона почала завозити його з-за кордону. Країна імпортує сміття з Норвегії, Британії, Німеччини та інших країн. При цьому шведи не купують сміття: навпаки, інші країни доплачують їм за використання своїх відходів [3]. Австрія. У Відні, столиці Австрії, сміттєспалювальний завод став теплоелектростанцією і водночас мистецьким об'єктом. У 1989-му році нову будівлю заводу Шпіттелю у Відні доручили побудувати Фріденсрайху Гундертвассеру – одному з найгеніальніших архітекторів ХХ століття. Вийшов справді шедевр: будівля з кольоровими жовтими плямами, нерівними лініями, «живою» мистецькою енергією. На цьому заводі сьогодні теплову енергію перетворюється 265 тисяч тонн сміття щороку, це дозволяє опалювати цілі райони Відня. Але австрійці навчилися й іншому мистецтву: перетворення відходів на ресурс. Вони непогано почуваються в концепції «циркулярної економіки» — коли сміття стає сировиною для виробництва нових речей.

Сьогодні, наприклад, вони активно застосовують біотехнологію, що дозволяє розщепляти пластик. Для цього використовується особливий грибок фермент, який здатен розщеплювати полімери на прості мономерні елементи. Так забезпечується «колообіг пластику»: відхід від одного продукту використовується для створення іншого. За допомогою цього ферменту можна розщепляти, наприклад, пластикові пляшки, чи поліестер, який сьогодні масово використовується в текстилі [3].

Велика Британія. Британія є одним із світових лідерів в іншій технології: перетворенні харчових відходів на енергію. Для цього застосовується так зване «анаеробне розщеплення». Простіше кажучи – використання бактерій для переробки харчових відходів і отримання біогазу та біодобрива. На спеціальному заводі перебивається доступ кисню, в результаті чого розмножуються бактерії, що розщепляють залишки їжі. За оцінками британського уряду, в середньому подібний завод може виробляти енергії розміром у 200 кВт/год з однієї тонни сміття. У Британії цю технологію застосовують кілька сотень заводів. Вони здатні забезпечувати енергією понад півмільйона будинків [3].

Сінгапур. Сінгапур є одним із прикладів тих країн, які перетворили свої проблеми на свої переваги. Маленька країна з браком землі просто не могла собі дозволити великих сміттєзвалищ. Тому вона стала будувати енергоблоки на смітті. Сьогодні вони спалюють понад 8 тисяч тонн сміття на день, що дозволяє зменшити його обсяги на 90%. Те, що не спалюється (наприклад, метали) – продається. Завдяки «сміттєенергії» Сінгапур виробляє 2500 МВт/годин електроенергії на день [3].

Південна Корея. Інша азійська країна, Південна Корея, пішла ще далі. Місто Сонгдо (60 кілометрів від Сеула) – один із найяскравіших прикладів «смарт-міста», чи навіть «міста майбутнього». Створене фактично «з нуля», біля найбільшого в країні аеропорту, місто запроваджує небачені раніше нові технології. Одна з них стосується сміття. Замість сміттєзбиральних машин, за відходи відповідає підземна система. Спеціальна пневматична каналізація 8

забирає сміття безпосередньо з квартир. Через підземні труби воно транспортується до сортувальних механізмів. У майбутньому воно постачатиметься на завод, що вироблятиме з цього сміття газ [3].

Індія. Індія відома своєю складною ситуацією з відходами, особливо пластиком. Майже половина сміття просто не збирається. Ще менше сортується та перероблюється. Можливо, саме тому в країні народжуються несподівані ідеї. Індійський професор хімії винайшов новий спосіб використання пластику.

Поліетиленові пакети, обгортки шоколадок, упаковки від печива – все це тепер використовується для будівництва доріг. Пластик стає частковою заміною бітуму – вуглеводню, який використовується для виробництва асфальту. За індійською технологією, з пластикових відходів в конструкції дороги можна замінити близько 15% бітуму. Це мало свої результати: вже побудовані тисячі кілометрів доріг, а пластик поволі стає товаром. Уряд його купує в громадян для будівництва доріг, що може допомогти розв'язати проблему сміття [3].

Бельгія. Ще одна цікава інновація народилася в Бельгії. Країна утилізує 75% свого сміття. Бельгійці перетворюють його на енергію, добрива чи сировину для виробництва. Але особлива бельгійська інновація має назву «Ecolizer». Вона дозволяє оцінювати виробничі чи споживчі ідеї на самому початку. Ви можете визначити, скільки відходів вони можуть спричинити, чи будуть вони забруднювати атмосферу чи ґрунт, скільки ресурсів піде на транспортування, енергетичне забезпечення, утилізацію сміття тощо. Наприклад, купуючи собі електроплиту ви можете порахувати її вплив на екологію – і порівняти з іншими товарами [3]. Всі ці історії свідчать про те, наскільки уважно провідні країни світу ставляться до сміття. І наскільки важливо сьогодні забезпечувати циркуляцію відходів: не викидати відходи подалі з очей, а переробляти їх та знову використовувати. Це важливо і з точки зору економіки, і з точки зору екології, і з точки зору елементарної гігієни.

1.2 Поводження з відходами в Україні

В Україні проблема зі сміттям існує через законодавство, адже закони просто не зобов'язують його переробляти. Передбачений лише один спосіб утилізації – захоронення. Наразі відсутня національна система поведження з відходами, яка починалась би із запобігання утворенню відходів, забезпечувала роздільний збір сміття, його транспортування та перетворення у ресурс.

Сучасна система поведження потребує ґрунтовно нової моделі врегулювання цих відносин в Україні – розподіл відповідальності за утворені відходи, модель фінансування збиткових етапів поведження з відходами (наприклад, транспортування), стимулювання громадян до більш екологічної поведінки у сфері поведження з відходами. На рівні держави відсутня стратегія поведження з відходами та бачення відходів як матеріальних чи енергетичних ресурсів. З 1 січня 2018 року Україна зобов'язалася сортувати все сміття за видами матеріалів, а також розділяти його на придатне для повторного використання, для захоронення та небезпечне. Про це йдеться у статті 32 Закону України «Про відходи» [8], до якої був доданий відповідний пункт ще у 2012 році. Цей пункт відповідає двом Директивам ЄС – 1999/31/ЄС та 2008/98/ЄС, які врегульовують поведження зі сміттям у країнах Європи, надають чітку послідовність дій, які необхідно виконувати із відходами, класифікують сміття, ставлять стратегічну мету скоротити кількість відходів, які вивозять на полігони. Згідно із Законом «Про відходи» [8], «оброблення (перероблення) відходів – це здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних із зміною фізичних, хімічних і біологічних властивостей відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення».

Відповідно до європейських норм, придатні для повторного використання відходи повинні відправлятися на відповідні підприємства, безпечні - відвозитися на полігони ТПВ, а з небезпечними проводитимуться необхідні для знешкодження операції. При цьому на звичайні сміттєзвалища не мають потрапляти відходи, які розкладаються біологічним шляхом (норма Директиви

ЄС 1999/31/ЕС). Чинний Закон України «Про відходи» [8] не має переліку та послідовності операцій із сміттям. За таких умов доданий 2012 року пункт до статті 32 цього Закону набуває декларативного характеру. Згідно з прогнозом експерта міжнародної неурядової організації «Екологія. Право. Людина» Алли Войціховської, через відсутність інфраструктури норма про заборону захоронення неперероблених побутових відходів навряд чи запрацює з 1 січня 2018 року. «Сьогодні незначна кількість населених пунктів роздільно збирає сміття та має сміттесортувальні лінії, - зауважує вона. – Проблема не в коштах, а у відсутності бажання зробити користь для людей і довкілля» [17].

«Відомство активно працює над впровадженням Директив Європейського Союзу 2012/19/ЕС (про відходи електричного та електронного обладнання) а 2006/66/ЕС (про батареї та акумулятори), - каже Людмила Полтораченко. Передбачено розширення відповідальності виробників та імпортерів, що сприятиме сталому виробництву та споживанню електричного та електронного обладнання, батарейок та акумуляторів, створення належних правових умов для їх діяльності та спрямування коштів виробників електричного та електронного обладнання, батарейок та акумуляторів до сфери поводження із побутовими відходами» [17].

Як зазначається у звіті Міністерства регіонального розвитку, будівництва і житлово-комунального господарства «Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2016 рік», торік лише 5,8% усього сміття в Україні було утилізовано: 2,71% – спалили, а 3,09% – відправили на перероблення. «У 2016 році 575-ти населених пунктах впроваджували роздільний збір сміття, працював один сміттєспалювальний завод і три сміттєспалювальні установки», - повідомляє відомство. Сьогодні Україна потребує перегляду принципів перероблення сміття на діючих підприємствах, наголошує Алла Войціховська. «Компанії, які використовують сміття як джерело енергії, завдають великої шкоди довкіллю. Щоб зробити ці підприємства екологічно чистими, потрібно витратити чималі кошти: очисне обладнання на сміттєспалювальному заводі у Польщі коштує 140 мільйонів євро, при цьому вартість самого

підприємства сягає приблизно такої ж суми, - пояснює вона. - Навряд чи хтось із власників сміттєспалювальних заводів в Україні зараз готовий до таких інвестицій» [17]. За даними Верховної Ради, в Україні на 1 січня 2017 року було 29722 населених пунктів: 460 міст, 885 селищ місцевого типу і 28377 сіл. У дослідженні Мінрегіону не йдеться, який саме обсяг сміття сортують в Україні, а також на якій стадії перебуває впровадження ініціатив роздільного збору відходів. Наразі наша країна не має жодного заводу із комплексної переробки сміття [17]. Наразі в Україні спостерігається негативна тенденція збільшення кількості відходів, відправлених на полігони. У 2016 році в Україні захоронено на 1,2 % більше побутових відходів на сміттєзвалищах, ніж у 2015 році. Причинами такої ситуації стали незацікавленість населення та виробників у скороченні обсягів продукування та сортуванні сміття, незацікавленість підприємців у переробленні сміття (відсутність стимулювання займатися цим) і застарілість законодавства. У липні 2017 року Міністерство екології та природних ресурсів України закінчило роботу над «Національною стратегією поводження із відходами», в якій детально описано проблему поводження зі сміттям та заходи для її вирішення. Перепоною для реалізації положень документу може стати кількість органів, відповідальних за поводження із відходами та чинний закон «Про відходи» від 1998 року. Наразі у Верховній Раді зареєстровано шість законопроектів про сферу побутових відходів. У контексті утилізації та

захоронення сміття найбільш цікавими є законопроекти 4028 «Про упаковку та відходи упаковки» [9], 4838 «Про відходи» [10] і 6602 «Про відходи» [11].

Законопроект 4028 пропонує новий варіант утилізації товарних упаковок, а 4838 і 6602 майже повністю змінюють чинний закон «Про відходи». Останні закладають основу для запровадження нових стратегій поводження із відходами в Україні та, відповідно до законодавства ЄС, чітко прописують систему моніторингу, збору, сортування, транспортування, утилізації та захоронення сміття. Зокрема, ці документи пропонують чітку послідовність операцій у сфері побутових відходів: запобігання утворенню відходів,

підготовка відходів до повторного використання, матеріальна утилізація, інші операції утилізації, видалення. Також вони зобов'язують підприємства ратити відповідальність за утилізацію своїх відходів. Зрештою, законопроекти 4838 і 6602 пропонують відтермінувати норму про заборону захоронення не

утилізованих побутових відходів із 1 січня 2018 до 1 січня 2025 року [17].

Актуальність переробки відновної біомаси в Україні

Найбільшу масову частку побутових відходів складають органічні відходи: кухонні, харчові, садові відходи, а також вологі і забруднені відходи паперу. органічні відходи можуть бути чудовим добривом і не потребують захоронення на полігоні ТПВ. Якщо сміття змішане з органічними (мокрими) відходами, його сортування значно ускладнюється і ефективність сортування та переробки зменшується. Найефективніше і економічно найбільш виправданими є сортування і переробка органічних відходів на місці з подальшим вивезенням продукції переробки. При переробці органічних відходів можна отримувати якісне добриво. При цьому об'єм відходів після переробки зменшується в 2-3 рази [6]. Чому в Україні потрібно запровадити сортування органічних відходів:

1. Тому що це майже наполовину зменшить навантаження на полігони ТПВ, адже органічні відходи складають 25-35% загального об'єму відходів, або більше 50% загальної маси відходів.
2. Підвищить ефективність сортувальних ліній, адже коли у змішаному смітті нема вологих органічних відходів, ефективність сортування збільшується.
3. З органічних відходів отримують біогаз, який можна використовувати для палення котелень (що зменшує потребу в вугіллі та зменшує витрати на теплоенергію) або для вироблення електроенергії.
4. Органічні відходи перетворюють на цінне органічне добриво. За статистикою, кожна середньостатистична українська сім'я викидає 300-500кг органічних відходів за рік. З цього «сміття» можна отримати найкраще добриво для свого городу – біогумус, який швидше і краще допомагає рослинам, і його витрати в 20 разів менші ніж від гною, він не пахне, не містить патогенних мікроорганізмів і гнилісних бактерій. Для переробки органічних відходів як вдома, так і в промислових масштабах, можна

використовувати каліфорнійського черв'яка. Органічні відходи можна переробляти за допомогою біогазових установок, внаслідок чого крім якісного добрива утворюється ще й біогаз, за допомогою якого можна обігрівати приміщення або виробляти електроенергію. Для ферментації харчових відходів в домашніх умовах можна використовувати ЕМ-контейнер, переробка відбувається за допомогою ефективних мікроорганізмів (ЕМ). Сім'я з 3-4 чоловік за рік може за допомогою даного контейнера отримати близько 500 кг добрива, яке за ефективністю перевершує перегній в 5-15 разів. За об'ємом найбільшу частку побутового сміття складає пластикова тара і упаковка, але за масою найбільшучастину побутових відходів складають органічні відходи (в основному відходи з кухні). У більшості цивілізованих країн органічні відходи сортуються окремо і переробляються. Це надає:

1. Зменшення маси та об'єму твердих побутових відходів – тобто меншу кількість відходів потрібно вивозити на полігони.
2. Полегшення сортування відходів на сортувальних станціях, адже коли сухі відходи не змішані з мокрими відходами (органічними), ефективність сортування відходів підвищується.
3. Вирішення проблеми смороду (неприємного запаху) та санітарних проблем.
4. Отримання вторинних ресурсів із органіки – біогаз для опалення житла та органічне добриво – біогумус. Зауважимо, що проблема поводження з органічними відходами є лише в місті, адже в селах і на дачних ділянках люди компостують органічні відходи, отримуючи з них добриво [6].

Розділ II Місце, умови та методика проведення наукових досліджень

За наявності коштів буде утилізовано 2600 тон опалого листя. Вихід компосту – 1300 т. Для комунального господарства міста Рівне (удобрення газонів, вирощування розсади) необхідно до 20 т компосту. Для 3 „бездефіцитного балансу гумусу для всіхсільськогосподарських земель України необхідно щорічно вносити гній з розрахунку 12 т/га гною, або 8 т/га компосту та (або) 5 – 6 т/га біогумусу: 171610 тис. тонн біогумусу. Отже, ринок фактично не заповнений [2]. Ринковий попит на компост та біогумус постійно зростає. Зацікавленість притаманна для різних видів сільського господарства: садівництво, ягідництво, рекультивация порушених земель, енергетичні та інші спеціальні багаторічні дослідження. Протягом 2019–2020 рр. була проведена екологічна і економічна оцінка виробництва органічних добрив нового покоління «Біогумус», отриманих за розробленою науковцями асоціації технології переробки органічних відходів методом вермикультивування в підрозділах асоціації «Біоконверсія» – НВТ «Відродження», ПП «Біоконверсія», ПП «Кокес» Івано-Франківської, ТзОВ «Подільський господар» Шепетівського р-ну Хмельницької, ПП «Токорчин» Стрийського р-ну Львівської, ПП «Урсул» Кіцманського р-ну Чернівецької областей, тощо. Виробничий процес у галузі вермикультивування, як і в інших галузях, здійснюється за участі в ньому, крім вермикюльтури (червоних дощових каліфорнійських черв'яків), робочої сили, основних і матеріальних оборотних засобів виробництва. Їх функціонування реалізується, виходячи з конкретних умов відповідної науково обґрунтованої технології, з розробкою технічних умов на продукцію, з організаційно управлінським, фінансовим, обліково-статистичним, патентно-правовим та економічним забезпеченням, з використанням економіко-статистичних, економіко-математичних методів моделювання на базі новітніх інформаційних технологій. Практика свідчить про те, що взаємопов'язані пропозиція і попит надали цьому новому напрямку певний ринковий простір, в якому вермикюльтивування зі своїми товарами (біогумусом та біомасою) набуває стійку динаміку. Однак для поглибленого

економічного аналізу не сформована і не систематизована база економічного забезпечення. Тому зроблена спроба представити в узагальненому вигляді систему економічних показників щодо вермикультивування. В процесі переробки органічних відходів за допомогою вермикультивування і реалізації продукції слід виділити два види економічної ефективності:

1) для характеристики технологічного процесу переробки органічних відходів на основі вермикультивування, тобто для виробника, що виходить на ринок з пропозицією свого товару;

2) для споживача, що формує попит на даний товарний продукт, який він буде використовувати у виробничому процесі як ресурс (фактор), застосування для покращення родючості ґрунтів, підвищення врожайності сільськогосподарських культур і підвищення якості продукції. Кожен вид наведеної вище ефективності повинен супроводжуватися системою економічних показників. Для виробника «Біогумусу» і біомаси черв'яків можна запропонувати такі економічні показники розвитку біодинамічного безвідходного виробництва:

а) загальна вартість валової продукції у розрахунку на одного працівника, зайнятого у виробничому процесі, або на одиницю робочого часу (годину);

б) валовий дохід у розрахунку на працівника або на одиницю робочого часу (годину);

в) чистий дохід на одного працівника або одиницю робочого часу.

Такі показники можна обрахувати на одне ложе, а вихід валової продукції – на одну гривню основних виробничих фондів, у тому числі на 1 грн вартості черв'яків. Крім цих показників, можна також використовувати: затрати праці на одиницю біогумусу; собівартість виробництва одиниці біогумусу і біомаси черв'яків; окупність витрат; термін окупності вкладених коштів (капіталу); оборотність капіталу в днях; сума вивільнених коштів при прискоренні їх оборотності; отримання прибутку на одиницю товарного біогумусу або проданої біомаси черв'яків; рівень рентабельності; зміна коефіцієнта

еластичності попиту тощо. Аналіз продуктивності праці можна доповнити спеціальними показниками і закономірностями, зокрема: як змінюється середня і гранична продуктивність праці при зміні, наприклад, витрат живої праці з одними і тими самими затратами капіталу (основного або оборотного). Витрати живої і матеріалізованої праці, виражені в грошовій формі, – це витрати виробництва, які в початковому розвитку вермигосподарства будуть відносно високими. При аналізі доходів від продажу продукції вермикультивування, крім середнього доходу, можна також обчислити граничний дохід, як відношення приросту доходу до приросту товарної продукції. Максимальний прибуток досягається, якщо граничний дохід дорівнює граничним витратам. В умовах конкурентного ринку для вермигосподарства граничний дохід дорівнює ціні реалізації. Дослідженнями встановлено, що собівартість та рентабельність продукції органічного добрива “Біогумус” залежала від виду органічних відходів, їх вартості, дотримання технології вермикультивування, способів вирощування (на відкритих площадках чи в закритому приміщенні), вартості доставки органічних відходів до вермигосподарства, тощо. В науково-виробничому товаристві “Відродження” Івано-Франківської області вирощування вермикультури проводиться у вермиложах. З кожних 100 т органічних відходів у 2012 р. отримано по 41,7 т органічного добрива “Біогумус” собівартістю за тону 603,3 грн. У зв’язку з тим, що всі органічні відходи придбані і доставлені на відстань 25–32 км, витрати на сировину і її доставку на одну тону становлять 273 грн. Весь “Біогумус” реалізовується власникам фермерських господарств, присадибних і дачних ділянок (рентабельність біля 200%). У науково-виробничому товаристві “Відродження” в структурі затрат одержаного органічного добрива “Біогумус” вартість органічних відходів становить 30,2%, їх транспортування – 15,1%, оплата праці з нарахуваннями – 41,7, інші витрати – 13,0% [7].

У ТзОВ “Подільський господар” Шепетівського району Хмельницької

області вермигосподарство розташоване на території тваринницького комплексу і технологія передбачає вирощування червоних дощових каліфорнійських черв'яків у ложах на відкритій площадці. Для годівлі черв'яків для отримання “Біогумусу” тут використовуються відходи власного поголів'я великої рогатої худоби з доставкою на вермигосподарство на відстань до 0,5 км. Собівартість 1 т у 2012 р. становила 194 грн. (витрати на сировину та її доставку становили 71,3 грн., або на 201,7 грн. менше, ніж у НВТ “Відродження”). Технологією вермикультивування передбачено підбір складу компонентів субстрату з такими вимогами: оптимальне співвідношення вуглецю до азоту (C:N) 25:1–30:1; вологість – 70–80%; вміст кисню в субстраті 11–14%; щільність – 1,3–1,4; оптимальна температура – 19–28°C. При дотриманні всіх вищевказаних параметрів отримують органічне добриво “Біогумус” високої якості, яке порівняно з традиційними добривами містить значно більше рухомих елементів живлення загального азоту (1,7–2,3%), калію (1,2–1,6%), фосфору (1,6–1,8%). Поживні речовини біогумусу повільно розчиняються в воді, протягом довгого терміну забезпечують рослини поживними речовинами. Біогумус містить велику кількість біологічно активних речовин. Специфічна мікрофлора здатна поновлювати мертвий ґрунт, тобто біогумус є цінним добривом для рекультивації земель, підвищення їх родючості. При внесенні їх в дозі 3–7 т/га відбувається покращення агрохімічних властивостей ґрунту, збільшується вміст гумусу, знижується кислотність. Органічні добрива “Біогумус” забезпечують збільшення лужногідралізованого азоту, рухомого фосфору, обмінного калію. За рахунок збалансованого комплексу вказаних активних компонентів біогумус прискорює ріст і розвиток рослин, підвищує стійкість рослин до грибкових захворювань, підвищує якість врожаю, забезпечує збільшення врожайності [7]. Внесення під передпосівну культивуацію 3–10 т/га органічного добрива “Біогумус” забезпечило приріст урожайності капусти порівняно до контролю на 11,7–29,5 т/га, збільшення рентабельності – на 12,9–48,6%, зменшення собівартості – на 23,2–132,0 грн/т. Найкраща ефективність була на варіантах,

де вносили під капусту 7 т/га органічного добрива “Біогумус”: урожайність становила 59,1 т/га, або на 29,5 т/га більше порівняно з контролем, отримано умовно чистого прибутку 5159 грн./га, або на 2119 грн/га більше порівняно з контролем. Однак при порушенні під час вермикультивування технологічного регламенту, наприклад, вологості (через нерівномірність поливу) або показника цільності (через несвоєчасне рихлення субстрату), знижується якість і кількість одержаного біогумусу, внаслідок чого знижується врожайність сільськогосподарських культур, а звідси і рентабельність на 15–35%. Новий напрямок біотехнології – вермикультивування (промислове розведення дощових черв’яків) – дозволяє вирішити на біологічній основі актуальні екологічні і господарські проблеми: утилізацію органічних відходів, підвищення родючості ґрунту, одержання високоякісного екологічно чистого органічного добрива, збільшення виробництва якісної сільськогосподарської продукції. Метод вермикультивування істотно обмежує або виключає небезпеку забруднення навколишнього природного середовища поллютантами і дозволяє отримати органічне добриво “Біогумус”, основними агроекологічними властивостями якого є: багатство корисної мікрофлори; пролонгована дія; оптимальна реакція середовища для розвитку рослин; відсутність насіння бур’янів; значний вміст біологічно активних речовин, які підвищують стійкість рослин до захворювань й зменшують їх стресовий стан. Внесення добрива “Біогумус” в ґрунт створює сприятливі умови для підвищення родючості ґрунту, що сприяє активізації процесів розвитку та формування урожайності сільськогосподарських культур [7]. Економічними розрахунками встановлено, що залежно від вартості компонентів органічних відходів, які використовуються для вермикультивування, транспортних витрат, затрат на електроенергію, термінів ермикультивування та інших факторів, собівартість однієї тонни органічних добрив нового покоління “Біогумус” становить 194–603 грн., рентабельність – більше 200%. Для зниження собівартості виробництва “Біогумусу” і підвищення рентабельності слід розміщувати

вермигосподарства на віддалі не більше 15– км від місця нагромадження органічних відходів і вносити органічні добрива “Біогумус” на полях у радіусі 25–30 км від їх виробництва. Застосування при вирощуванні капусти 3–7 т/га органічного добрива “Біогумус” забезпечує збільшення порівняно до контролю врожайності капусти на 11,7–29,5 т/га, підвищення рентабельності на 12,9–48,6%.

Для проведення досліду було спроектовано три вермикомпостери, які складають одну дослідну лабораторну установку. Верхня частина складається з накривної кришки та допоміжного вермипокривала, яке допомагає підтримувати вологість вермикомпосту в системі. Середня частина складається з трьох вермикомпостерів, послідовно розташованих один за одним, які входять на 10 см у внутрішню частину кожної наступної ємності. Висота кожного вермикомпостеру 20 см, ширина 35 см, довжина 20 см. Висота всієї установки складає 40 см. Кожен вермикомпостер має отвори у своєму піддоні діаметром 12 мм, розташовані в шаховому порядку по всьому периметру ємності. Нижня частина лабораторної установки складається з піддону, призначеного для збору вермичаю (фільтрату з вермикомпосту) та біогумусу. Ємність легко знімається, що дозволяє отримати дослідні зразки та готовий біогумус без додаткового втручання в процес вермикомпостування.

До вермикомпостеру №1 було внесено: ґрунт універсальний (1,75 л). Дослідні зразки взяті з даного вермикомпостеру являються холостою пробою – контролем. Відповідають значенням – зразок №1. До вермикомпостеру №2 було внесено: ґрунт універсальний (1,75 л), тверді харчові побутові відходи та попередньо вимочений подрібнений листовий опад, у співвідношенні 10:1:2 (2186 г ґрунту, 200 г харчових відходів, 400 г опалого листя). Дослідні зразки взяті з даного вермикомпостеру відповідають значенням – зразок №2. Співвідношення С:N, як 21:1. До вермикомпостеру №3 було внесено: ґрунт універсальний (1,75 л), тверді харчові побутові відходи та попередньо вимочену и подрібнену тирсу, у співвідношенні 10:4:1 (2186 г ґрунту, 800 г харчових відходів, 200 г опалого

листя). Співвідношення C:N, як 17:1. Дослідні зразки взяті з данного вермикопостеру відповідають значенням – зразок №3.

Визначення вмісту гумусу базується на ДСТУ Б В.2.1-16:2009. Методи лабораторного визначення вмісту органічних речовин у ґрунті. Національний стандарт України. Органічну речовину окиснюють двохромовоокислим калієм у сильно кислому середовищі до утворення вуглекислоти, потім титруванням виділяють надлишок двохромовоокислого калію розчином солі Мора та визначають вміст органічного вуглецю в ґрунті за різницею об'ємів солі Мора, витрачених на титрування двохромовоокислого калію в досліді без ґрунту та у досліді з ґрунтом. Невитрачений на окиснення залишок хромової суміші відтитровують сіллю Мора. По різниці між результатами холостого визначення та результатами, отриманими для наважки ґрунту, визначають кількість гумусу в ґрунті. Таким методом можна визначити вміст гумусу до 10 %. Тому для проведення дослідів з компостом його розводять прокаленим піском в 4 рази. Приготування розчинів біхромату калію, солі Мора і фенілантранілової к-ти:

Розчин $K_2Cr_2O_7$ в розведеній сірчаній кислоті Беруть 40 г тонко подрібненого в фарфоровій ступці кристалічного $K_2Cr_2O_7$ розчиняють приблизно в 500-600 мл дистильованої води (можна підігріти для кращого розчинення), профільтрувати. Довести об'єм дистильованою водою до 1 л . Розчин переливають у велику термостійку колбу і туди доливають невеликими порціями (приблизно по 100 мл) 1 л H_2SO_4 , обережно перемішуючи (розчин гріється). Розчин закривають і залишають стояти добу до повного вистигання.

Сіль Мора 0,2 н розчин - 80 г солі Мора насипати в термостійку (відбувається екзотермічна реакція) колбу, об'ємом 1 л, додати 1 н розчин сірчаної кислоти на 2/3 колби, профільтрувати, після цього довести об'єм до мітки 1 л дистильованою водою і добре перемішати.

Розділ III Основна експериментальна частина

3.1 Переробка відновлюваної біомаси на біогумус

До складу гумусу входять три групи органічних сполук: 1) речовини вихідних органічних залишків (білки, вуглеводи, лігнін та жири); 2) проміжні продукти їх перетворення (амінокислоти, оксикислоти, феноли, моносахариди); 3) гумусові речовини, що становлять головну та специфічну частину гумусу [15]. Гумінові кислоти — це азотовмісні високомолекулярні оксикарбонові кислоти з інтенсивним темно-бурим або червоно-бурим забарвленням. Їх екстрагують з ґрунту розчинами лугів, а потім розділяють на гумінові (ГК), фульвові (ФК) і гематомеланові кислоти (ГМК). Загальний вміст ГК обраховується за формулою:

Нормальними життєвими умовами для дощового черв'яка (*Eisenia fetida*) є вологість 70–80%; температурний режим 20–25°C; нейтральна кислотність середовища (рН = 7–8) [14]. Також позитивним фактором для росту вермикюльтури буде відсутність сонячного світла та періодична аерація вермикомпосту.

В ході проведення дослідів були використані:

- три вермикомпостери, що були попередньо спроектовані та виготовлені;
- ґрунт універсальний: зольність 25-35%, рН 5,5-7,5, вологість 55%, та вміст деяких біогенних елементів становить:

Таблиця 3.1

Вміст деяких біогенних елементів у ґрунті універсальному

Біогенні елементи Кількість (мг)	Біогенні елементи Кількість (мг)
NH ₄ + NO ₃ 20	35
P ₂ O ₅ 30	65
K ₂ O 25	75

- вермикюльтура (представники *E. fetida*, у кількості 96 особини);
- подрібнене опале листя, харчові побутові відходи, відходи.

Контроль процесу вермикюльтивування здійснювався за допомогою ртутного термометра (3 шт.) та гігрометра.

Тривалість проведення дослідів становила 100 днів.

Хід проведення дослідів: для проведення основного процесу вермикультивування у вермикомпостері №1 рівномірно розподілили компост, що містить черв'яків, оптимальна щільність яких становила 32 особини на 1 м³. Вологість субстрату постійно підтримувалася на рівні 70–80%. Оптимальна температура субстрату в стартовому вермикомпостері становила 19–20 °С. Якщо вологість субстрату ставала нижчою 70 %, то його поливали дехлорованою (відстояною) водою. Однією з основних умов нормальної життєдіяльності черв'яків є постійна аерація субстрату, для чого його періодично, тричі на тиждень, спушували та ворушили.

На проміжній стадії вермикультивування через 50 днів у вермикомпостери внесли свіжий субстрат (рівномірний шар 5–7 см на всій поверхні). Подальше додавання поживних речовин повторювали один раз на 7 днів [14].

Для контролю за процесом вермикультивування, зростання популяції черв'яків, один раз на місяць проводиться підрахунок їх кількості й зважування з використанням облікових проб. Кожна з них має розмір 10 x 10 см і відбирається на всю глибину черв'яковмісного шару субстрату. У кожній пробі підраховується кількість статевозрілих черв'яків, визначається їх маса, а також число личинок різного віку й коконів.

Аналіз якості отриманого вермикомпосту

Визначення гумусу

Таблиця 3.2

Порівняння вмісту гумусу у зразках до і після початку вермикомпостування, станом на 30, 60, 90 та 100 день процесу

	Вміст гумусу %				
	1 день	30 день	60 день	90 день	100 день
1	12,77	10,15	11,46	12,54	11,98
2	11,46	17,08	21,22	22,82	22,95
3	12,11	16,95	22,42	24,29	24,7

Метод визначення гумінових кислот

До складу гумусу входять три групи органічних сполук: 1) речовини вихідних органічних залишків (білки, вуглеводи, лігнін та жири); 2) проміжні продукти їх перетворення (амінокислоти, оксикислоти, феноли, моносахариди); 3) гумусові речовини, що становлять головну та специфічну частину гумусу [15]. Гумінові кислоти — це азотовмісні високомолекулярні оксикарбонові кислоти з інтенсивним темно-бурым або червоно-бурым забарвленням. Їх екстрагують з ґрунту розчинами лугів, а потім розділяють на гумінові (ГК), фульвові (ФК) і гематомеланові кислоти (ГМК).

Таблиця 3.3

Вміст ГК початковий

№ зразку	Маса висушених ГК, г, m 1	Маса зольного залишку,г ГК, m 2	m 3
1	0,521	0,074	8,44
2	0,669	0,046	9,3
3	0,589	0,066	11,75

Живлення. Дощові черви потребують перш за все азотовмісної органічної речовини, запаси якої у ґрунті обмежені. Тому звичайно найбільша щільність, темпи індивідуального росту та плодючість черв'яків спостерігається у місцях локалізації органічного субстрату, багатого на азот (на пасовищах, поблизу місць складування екскрементів травоядних тварин тощо). Азот, що міститься у ґрунтовій мікрофлорі та мікрофауні, яку поглинають та перетравлюють черв'яки, засвоюється ними майже повністю.

Встановлено експериментально, що оптимальне співвідношення С:N в органічному субстраті повинно бути близьким до 20:1 [3]. Крім азотовмісних речовин, перероблювані органічні матеріали повинні містити вуглеводи,

мінеральні речовини, вітаміни, а також клітковину та інші сполуки, відсутність яких утруднює травлення. Субстрат також повинен містити мінеральній інертний наповнювач, пісок чи ґрунт.

Вологість. Оптимальною величиною вологості органічного субстрату вважають 60-80 %. Після дощів, коли у ґрунті багато води, дощові черв'яки виходять на поверхню. У випадку прогресуючого підсихання спостерігається переміщення черв'яків у більш вологі зони. Якщо вміст вологи у ґрунті тривалий період нижчий за 30-35 %, чисельність черв'яків знижується, хоча вони можуть втратити без шкоди 50-60 % води від маси тіла. При вологості ґрунту 22 % черв'яки гинуть протягом неділі. При вирощуванні дощових черв'яків в лабораторних умовах їхня максимальна маса та плодючість досягається при вологості субстрату 70-85 %, бо ця величина близька до вмісту води у тілі дощового черв'яка.

Температура і рН. Температура +15-25°C та рН середовища проживання 7,0-7,6 оптимальні для розмноження дощових черв'яків. На полях без рослинності та живлення черв'яки гинуть при температурі, близькій до нуля. Від холоду та високих температур черв'яки рятуються, мігруючи до більш глибоких горизонтів ґрунту. Вони не витримують показників рН нижче 5,0 та вище 9,0. У помірних широтах у теплий період року активність дощових черв'яків може тривати до семи місяців, у зимовий період вони впадають в сплячку.

Освітленість. Багато видів черв'яків бояться світла та ультрафіолетових променів. Тому зона їх проживання не повинна освітлюватися ні природними, ні штучними джерелами світла.

Аерація та продукти гниття. Види черв'яків, придатних для вермикомпостування, у природних умовах проживають переважно у поверхневому шарі ґрунту, що добре аерується. Вони надзвичайно чутливі до виділення газів, що утворюються у процесі гниття: аміаку, сірководню, метану. Допустимий рівень вмісту аміаку – не більше 0,5 мг/кг субстрату, при більш високому вмісті черв'яки гинуть.

Щільність популяції. На розмноження черв'яків негативно впливає перенаселеність перероблюваного субстрату, тварини при цьому відчувають стрес. Тому потрібно ретельно контролювати цей фактор.

Особливості процесу вермикомпостування

Компостну суміш отримують з двох компонентів: конвертованої частини та наповнювача - структуроутворювача. Як конвертовану частину використовують органічні відходи різного походження, в якості наповнювача - ґрунт, пісок, гравій. Для досягнення кращої структури і водостійкості структурних агрегатів вермикомпостів найбільш доцільно використовувати ґрунт, ніж пісок або гравій. Рівномірне співвідношення конвертованої частини і наповнювача – структуроутворювача, % – 50:50; 65:35; 80:20. Найкращим співвідношенням складових субстрату, що забезпечує максимальне накопичення органічної речовини є співвідношення, рівне 65%:35% за масою.

3.3 Агроекологічна та енергетична ефективність роботи компостних установок

Компостну суміш отримують з двох компонентів: конвертованої частини та наповнювача - структуроутворювача. Як конвертовану частину використовують органічні відходи різного походження, в якості наповнювача - ґрунт, пісок, гравій. Для досягнення кращої структури і водостійкості структурних агрегатів вермикомпостів найбільш доцільно використовувати ґрунт, ніж пісок або гравій. Рівномірне співвідношення конвертованої частини і наповнювача – структуроутворювача, % – 50:50; 65:35; 80:20.

Найкращим співвідношенням складових субстрату, що забезпечує аксимальне накопичення органічної речовини є співвідношення, рівне 65%:35% за масою. Загалом технологію вермикомпостування можна умовно розділити на три етапи [4]. Перший етап вермикомпостування полягає приготуванні органомінеральної компостній суміші. Органічні відходи і наповнювач-структуроутворювач змішують і зволожують до 70-80%. Відповідно якісний, готовий до поселення черв'яків, субстрат є вологим, однорідним за кольором масою, температура якого складає 19-22 °С, рН близько 7, відносна вологість 80%. Для зменшення часу біоконверсії відходів обов'язковою умовою є їх попереднє подрібнення.

На другому етапі отримані органо-мінеральні компостні суміші заселяють культурою дощових черв'яків. З великої кількості існуючих видів дощових черв'яків найбільш придатною вважається культура дощового черв'яка *Eisenia foetida*. Він характеризується високою швидкістю зростання, плодючістю (в сприятливих умовах потомство становить 1500 особин на рік), тривалістю життя до 16 років. В умовах вермікультури 1 черв'як відкладає до 70 конів в рік, з кожного виводиться від 2 до 20 нащадків. Щільність заселення черв'як досягає в середньому 120 особин /м², а біомаса – 50 г/м² (за маси тіла одного черв'яка 0,5-1,5 г). Час компостування - 1-3 місяці, в залежності від виду органічних відходів. На третьому етапі дощові черв'яки відокремлюються від субстрату,

вермикомпост висушується і використовується і біомаса черв'яків теж використовується як цінна кормова добавка [4].

Технологія вермикомпостування заснована на харчовій активності дощових черв'яків. Захоплюючи і змішуючи в процесі харчування органічні залишки з мінеральними частинками ґрунту, переварюючи їх і збагачуючи власною мікрофлорою, ферментами, біологічно активними речовинами, дощові черв'яки виробляють копроліти (копрос - випорожнення, літос - камінь) з високим вмістом гумусу, мікро- і макроелементів. У кишечнику дощових черв'яків відбуваються часткова мінералізація і гуміфікація органічного матеріалу, з'єднання аміаку з лігніном, зміна мінералогічного і гранулометричного складу, формування гумусових речовин і модифікація мікробіоценозів субстратів, які конвертуються [5].

Під час риття ходів за добу черв'як пропускає через себе кількість ґрунту (відходів), що дорівнює його масі. Таким чином, при щільності популяції 500000 тис. особин на 1 га за добу вона пропускає через себе 0,25 т землі (відходів). При активній діяльності в році близько 200 днів загальна кількість переробленої маси складе 400-600 т / га. При переробці маси ґрунту черв'яки не тільки інтенсифікують процеси розкладання органіки, а й вибірково впливають на мікрофлору. Виділені ними антибіотики негативно впливають на патогенну мікрофлору.

Органічна маса, в якій мешкають дощові черв'яки, втрачає неприємний запах розкладання відходів, незаражується, стає гранульованою і грудкуватою, що дуже важливо для обробки рослин і набуває приємний запах землі [2]. Вермикультура трансформує відходи в високоефективне біодобриво (біогумус) в формі агрегатів розміром 1-5-10 мм, з хорошою структурою і водостійкістю структурних агрегатів, з підвищеним вмістом гумусу (14-20%) обмінного калію, рухомого фосфору, кальцію, з пролонгованою дією при внесенні в ґрунт. В процесі вермикомпостування спостерігається зміна гранулометричного складу субстрату. Зменшується частка пилюватої фракції (менше 0,25 мм), збільшується маса агрономічно-цінних агрегатів розміром 0,25-7 мм. При

цьому максимальної маси досягає фракція 2 мм, до складу якої входять копроліти дощових черв'яків. Ступінь збільшення цієї фракції залежить від змісту і складу органічної частини вихідного субстрату. При цьому збільшується водостійкість агрегатів, сума яких також підвищується зі зростанням частини, яка конвертується в складі субстрату [6].

Метод утилізації органічних відходів за допомогою черв'яків актуальний тим, що в ньому не застосовуються хімічні реагенти, відповідно не постає необхідність в додаткових технологічних процесах і переробці побічних продуктів. Крім того, в процесі переробки відходів дощовими хробаками виключено забруднення навколишнього середовища. Досить великі теоретичні розробки по вермикомпостування органічних відходів і успішний практичний досвід дозволили сформулювати загальні методичні підходи та вимоги до організації вермикомпостування в промислових масштабах. У загальному вигляді ці вимоги зводяться до наступного: успішне використання дощових черв'яків в процесах переробки органічних відходів в промислових масштабах можливе за умови створення для них оптимальних умов, які відповідають біологічним потребам виду. До основних факторів, що визначають не просто виживання черв'яків, а й стимулюють їх життєдіяльність, відносяться: якість вихідного субстрату, температура, наявність кисню, вологість субстрату. Актуальними є проведення досліджень з переробки органічних відходів за допомогою вермикультури з метою отримання необхідної інформації по підбору технологій, визначення параметрів ведення процесу, оптимізації кількісного виходу вермикомпосту і досягнення його заданої якості [6,7].

Енергетична ефективність роботи компостних установок

(середнє за 2019-2020 рр.)

№ п/п	Варіанти	Продуктив- ність, кг/м ³	Енергія, акумуляована	Енерговит рати	Коефіцієнт енергетичної ефективності (K _{ee})
			мДж/га		
1.	Пташиний послід -контроль	30	40500	21870	1,2
2.	Гній ВРХ	40	54300	22425	2,4
3.	Побутові відходи	50	58500	22500	2,6

Із даних таблиці видно, що залежно від варіанту дослідження енергія змінюється від – 40500 до 58500 мДж/га. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) збільшується від –1,2 до 2,6.

Найбільший коефіцієнт енергетичної ефективності отримуємо у варіанті 3.

3.4 Економічна ефективність роботи компостних установок

В період економічної кризи і відсутності коштів для придбання необхідної техніки для сільськогосподарського виробництва, закупівлі добрив та насіння, різко знизилась рентабельність вирощування різних сільськогосподарських культур в колективних і індивідуальних господарствах. Особливі затрати несуть товаровиробники при системі захисту від шкідників і хвороб.

Органічна маса, в якій мешкають дощові черв'яки, втрачає неприємний запах розкладання відходів, знезаражується, стає гранульованою і грудкуватою, що дуже важливо для обробки рослин і набуває приємний

запах землі [2].

Вермикультура трансформує відходи в вискоєфективне біодобриво (біогумус) в формі агрегатів розміром 1-5-10 мм, з хорошою структурою і водостійкістю структурних агрегатів, з підвищеним вмістом гумусу (14-20%) обмінного калію, рухомого фосфору, кальцію, з пролонгованою дією при внесенні в ґрунт. В процесі вермикомпостування спостерігається зміна гранулометричного складу субстрату. Зменшується частка пилюватої фракції (менше 0,25 мм), збільшується маса агрономічно-цінних агрегатів розміром 0,25-7 мм. При цьому максимальної маси досягає фракція 2 мм, до складу якої входять копроліти дощових черв'яків. Ступінь збільшення цієї фракції залежить від змісту і складу органічної частини вихідного субстрату. При цьому збільшується водостійкість агрегатів, сума яких також підвищується зі зростанням частини, яка конвертується в складі субстрату [6].

Метод утилізації органічних відходів за допомогою черв'яків актуальний тим, що в ньому не застосовуються хімічні реагенти, відповідно не постає необхідність в додаткових технологічних процесах і переробці побічних продуктів. Крім того, в процесі переробки відходів дощовими хробаками виключено забруднення навколишнього середовища.

Досить великі теоретичні розробки по вермикомпостування органічних відходів і успішний практичний досвід дозволили сформулювати загальні методичні підходи та вимоги до організації вермикомпостування в промислових масштабах. У загальному вигляді ці вимоги зводяться до наступного: успішне використання дощових черв'яків в процесах переробки органічних відходів в промислових масштабах можливе за умови створення для них оптимальних умов, які відповідають біологічним потребам виду. До основних факторів, що визначають не просто виживання черв'яків, а й стимулюють їх життєдіяльність, відносяться: якість вихідного субстрату, температура, наявність кисню, вологість субстрату.

Актуальними є проведення досліджень з переробки органічних відходів за допомогою вермикультури з метою отримання необхідної інформації по

підбору технологій, визначення параметрів ведення процесу, оптимізації кількісного виходу вермикомпосту і досягнення його заданої якості [6,7]. Про що свідчать дані таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Економічна ефективність роботи компостних установок
(середнє за 2019-2020 рр.)

№ п/п	Варіанти	Продуктивність, кг/м ³	Продуктивність, м ³ /добу	Вартість робіт, грн/доба	Затрати на роботу компостних установок , грн/доба	Чистий прибуток, грн/доба	Окупність витрат, раз
1.	Пташиний послід-контроль	30	10	6050	4500	1550	1,3
2.	Гній ВРХ	40	40	8430	3500	4930	2,4
3.	Побутові відходи	50	70	9850	3400	6450	2,9

Аналіз даних таблиці показує, що використання сучасних компостних установок дасть можливість отримати чистий прибуток від – 1550 до - 6450 гривень.

Висновки та пропозиції виробництву

1. Встановлено, що при переробці відновної біомаси зменшено кількість вивезення органічних відходів на полігони. При цьому за рахунок вивезення опалого листя покращується санітарно-епідеміологічна ситуація в місті. Наукові результати, отримані в роботі, допоможуть у дотриманні положень Закону України «Про відходи».

2. З врахування законодавства України (Закон України «Про охорону атмосферного повітря»), утилізація опалого листя, та, як результат, відсутність спалювання листя зменшує кількість токсичних речовин в атмосфері населених пунктів, це покращує якість життя населення.

3. Доведено, що отриманий біогумус доцільно використовувати для підживлення газонів, посадки нових дерев, вирощення розсади, зелених господарств міст України. Реалізація проекту з переробки відновної біомаси допоможе забезпечити кращу екологічну обізнаність населення.

4. Встановлено, що за рахунок скорочення відстані вивезення відходів (на полігон у селище Бармаки відстань становить 12 км, а до площадки збору опалого листя 1 км), згідно даного проекту для муніципалітету буде зекономлено 132 л пального (приблизно 4000 грн).

5. Окупність проекту становить 4 роки 5 міс. Враховуючи соціальне, екологічне та економічне значення переробки відновної біомаси в містах та зменшення пального на логістику таких відходів на міський полігон, вважаємо, що проект є доцільним та рекомендуємо до розповсюдження в Україні. Для реалізації проекту доцільно в меріях міст створювати аукціони із роздільного збору відновної біомаси та сплачувати із міського бюджету за такі операції. Іншим варіантом може бути організація переробки таких відходів «зеленими» господарствами у містах. Дані результати не є вичерпними а розвитком.

Список використаної літератури

1. Бойченко С. В. Екологістика, утилізація та рециклінг транспортних засобів: тенденції та перспективи розвитку / С. В. Бойченко, К. Лейда, О. В. Іванченко. // «Наукоємні технології». – 2016. – С. 221–227.
2. ГО «Зелені ініціативи Рівного» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.green-rivne.org.ua/>
3. Єрмоленко В. Без сміття: хто у світі навчився жити без відходів [Електронний ресурс]. – ГО «Громадське телебачення» 2017. – Режим доступу: <https://hromadske.ua/posts/pererobka-smittyu-u-sviti>
4. Зінчук Т.О. Ефективність інновацій комплексного використання відходів харчової промисловості [Електронний ресурс]: дис. канд. екон. наук.: 08.00.03 / Зінчук Тетяна Олексіївна. – Житомир, 2016. – 227 с. Режим доступу: <https://goo.gl/rYwrBw>
5. Кутова Ю. Проблеми утилізації відходів [Електронний ресурс]. 2012. – Режим доступу: <https://sites.google.com/site/smittausvititaukraiени/home>
6. Органічні (біологічні) відходи – переробка [Електронний ресурс]. – Просвітницько – консалтингова компанія «Сім променів». – Режим доступу: <https://7promeniv.com.ua/vidkhody/vtorresursy/orhanika.html>
7. О. Сендецька Ефективність виробництва і застосування органічних добрив «Біогумус», виготовлених методом вермикультивування [Електронний ресурс] / Вісник ТНЕУ № 1, 2014 р. – Режим доступу: <http://visnykj.tneu.edu.ua/index.php/visnykj/article/view/556>
8. Про відходи: Закон України від 5 березня 1998 року // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1998, N 36-37, ст.242. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80/page2>
9. Проект закону України №4028 від 05.02.2016 Про упаковку і відходи упаковки. – Режим доступу: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=58083
10. Проект Закону України №4848 від 16.06.2016 Про відходи. – Режим доступу: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=59443

11. Проект Закону України №6602 від 21.06.2017 Про відходи. – Режим доступу: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=62069
12. Прокіп А.В. Еколого(економічна оцінка невідновлюваних енергоресурсів біологічно відновлюваними: монографія/А.В. Прокіп. — Львів: ЗУКЦ, 2010. — 212 с.
13. Тверді побутові відходи в Україні: Потенціал розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://goo.gl/rnJSS2>
14. Шаніна Т.П., І. Й. Сейфулліна, В. О. Кушнирєва Еколого-економічне обґрунтування вибору поводження з відходами пластичних мас [Електронний ресурс] / Вісник ОНУ. Хімія. 2015. Том 20, вип. 2(54). – Режим доступу: <https://goo.gl/ymbTJh>
15. Україна посідає перше місце у світі за кількістю сміття [Електронний ресурс]. – «Дзеркало Коломиї» 2016. – Режим доступу: <https://dzerkalo.media/ukrayina-posidaye-pershe-mistse-u-sviti-za-ilkistyusmittya/>
16. Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи: навчальний посібник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Кватернюк С. М., Турчик П. М., Іщенко В. А., Петрук Р. В.. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 243 с.
17. Яковлєва Н. Поправка до закону: З 2018 Україна буде сортувати все сміття [Електронний ресурс]. – «Есо Town» 2017. – Режим доступу: <http://ecotown.com.ua/news/Popravka-do-zakonu-Z-2018-roku-krayina-bude-sortuvaty-vse-smittya/>