

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

АДАШЕВСЬКИЙ ОЛЕГ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 504.06:628.4.043:636.085

ДИСЕРТАЦІЯ
ЕКОЛОГІЗАЦІЯ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБНИЦТВ ШЛЯХОМ
УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Спеціальність 101 – Екологія
Галузь знань 10 – Природничі науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



О.В. Адашевський

Науковий керівник:
Байрачний Володимир Борисович
Кандидат технічних наук, доцент

Харків – 2026

АНОТАЦІЯ

Адашевський О.В. Екологізація кондитерських виробництв шляхом утилізації відходів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія» (10 – Природничі науки) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2026.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі хімічної техніки та промислової екології Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Об'єктом дослідження є процеси утилізації твердих органічних відходів кондитерських виробництв з метою вирішення завдань екологізації підприємств.

Предмет дослідження – модель внутрішнього і зовнішнього рециклінгу як складової процесів утилізації твердих органічних відходів кондитерських виробництв при вирішенні екологічних завдань екологічного управління на підприємствах.

Дисертаційне дослідження присвячене розв'язанню науково-практичних задач управління відходами кондитерських виробництв та зменшенню обсягів утворених твердих органічних відходів завдяки їх вторинному використанню в якості ресурсоцінної сировини. Отримані результати сприяють розвитку циркулярного підходу до рециклінгу твердих органічних відходів кондитерських виробництв, що відповідає ієрархії управління відходами та забезпечує екологізацію харчових виробництв.

У вступі обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі, визначено основні положення, новизну та практичну значимість отриманих результатів, показано зв'язок дисертаційного дослідження з науковими напрямками діяльності кафедри та цілями сталого розвитку.

У першому розділі проаналізовано наукові підходи до визначення змісту терміну «екологізація» та визначено, що він містить дві складові - загальний рівень екологічної свідомості всіх залучених у виробничий процес осіб та власно

технологічні рішення, які спрямовані на зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище на всіх етапах життєвого циклу кондитерської продукції. Проведений аналіз негативного впливу кондитерських виробництв на навколишнє природне середовище показав комплексний характер такого впливу на всі елементи екосистем та відсутність ґрунтовних наукових основ шляхів мінімізації такого впливу з урахуванням особливостей виробництва та природи агентів забруднення. Проведений SWOT-аналіз поточної ситуації у сфері поводження з кондитерськими відходами дозволив чітко ідентифікувати слабкі сторони існуючої системи поводження з цією категорією відходів, визначити перспективні напрямки рециклінгу таких відходів та можливості для потенційної реалізації цих процесів.

У другому розділі охарактеризовані особливості твердих органічних відходів кондитерських виробництв та надана стисла характеристика методів дослідження вмісту вологи у зразках, вмісту мікотоксинів, теплофізичних властивостей зразків та розроблених агропелет, методів дослідження безпечності розроблених комбікормів.

Третій розділ присвячений дослідженню негативного впливу місць зберігання твердих органічних відходів кондитерських виробництв на прилеглі екосистеми та можливості використання цієї категорії відходів у складі комбікормів. Визначено, що забруднення атмосферних стічних вод органічними речовинами, що є складовими твердих органічних відходів кондитерських виробництв, залежить від комплексу факторів, серед яких пора року, інтенсивність опадів, склад відходів, метод зберігання та тип пакування мають критичний вплив. Показано, що сукупність дії цих факторів також впливає на розвиток плісневих грибів у відходах та є чинником екологічної небезпеки при їх зберіганні та обмежує напрямки рециклінгу. Отримано емпіричне рівняння залежності часу появи плісневих грибів від вмісту жиру та вологи у твердих органічних відходах кондитерських виробництв, яке дозволяє прогнозувати безпечний термін зберігання відходів та визначати пріоритетність рециклінгу окремих партій. Доведено ефективність використання гумінових кислот в якості фунгістатичних препаратів для твердих органічних відходів кондитерських

виробництв та безпеку подальшого використання оброблених гуміновими кислотами відходів у складі комбікормів. Розроблена рецептура комбікормів, до складу яких входять тверді органічні відходи кондитерських виробництв та проведені дослідження можливості їх застосування у тваринництві при годівлі курей та свиней на різних етапах їх вирощування.

У четвертому розділі досліджено потенціал використання твердих органічних відходів кондитерських виробництв у складі агропелет. Аналіз тенденцій ринку агропелет показав, що соняшникове лушпиння є найбільш інтегрованою – у сучасний ринок твердого біопалива – сировиною в Україні. Відповідно до результатів досліджень було обрано соняшникове лушпиння як компонент паливних пелет комбінованого складу, які містять більше 40 мас.% твердих органічних відходів кондитерських виробництв. Результати дослідження процесу сушки твердих органічних відходів кондитерських виробництв показали залежність часу, необхідного для зменшення вмісту вологи до 20 мас.%, від вмісту жиру та вологи у відходах. Отримані емпіричні рівняння для різних категорій відходів дозволяють визначати параметри технологічного процесу сушки. Доведено позитивний вплив подрібнення соняшnikового лушпиння на механічну міцність агропелет комбінованого складу. Розроблені агропелети комбінованого складу мають високі теплофізичні характеристики, в тому числі значення найвищої та найнижчої теплоти згорання та низький показник зольності. Результати дослідження хімічного складу золи показали можливість її використання в якості добрива, що було доведено експериментально.

П'ятий розділ присвячений розробці локальної моделі поводження з відходами споживання кондитерських виробництв, яка ґрунтується на циркулярному підході та повністю відповідає ієрархії управління відходами та концепції сталого розвитку. Проведений SWOT аналіз розробленої моделі управління твердими органічним відходами кондитерських виробництв засвідчив перевагу сильних сторін над слабкими та широкий спектр можливостей при реалізації моделі. Запропоновані технологічні схеми рециклінгу твердих органічних відходів кондитерських виробництв містять ключові технологічні операції та дозволяють оцінити необхідні витрати на

реалізацію.

За висновками щодо ефективності дисертаційного дослідження відзначені такі наукові результати:

- вперше розроблено модель рециклінгу твердих органічних відходів, яка базується на циркулярному принципі та відповідає концепції сталого розвитку й забезпечує зменшення обсягів відходів;
- вперше науково-обґрунтовано виробництво агропелет, отриманих на основі включення твердих органічних відходів кондитерських виробництв та соняшникового лушпиння, як розв'язання задачі зменшення обсягів залишків виробництва та вирішення завдань екологізації підприємств;
- удосконалено рецептуру комбікормів, які містять тверді органічні відходи кондитерських виробництв, з урахуванням особливостей годівлі свійської птиці та свиней на різних етапах їх розвитку, як напрям екологічних рішень на кондитерських підприємствах;
- отримали подальший розвиток технологічні рішення щодо використання гумінових кислот, отриманих з бурого вугілля вітчизняних родовищ, в якості фунгістатиків для твердих органічних відходів кондитерських виробництв з метою забезпечення тривалого зберігання відходів і зниження їх небезпеки;
- отримали подальший розвиток теоретичні основи використання SWOT-аналізу у галузі екологічної безпеки та природоохоронних технологій

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі НТУ «ХП» при підготовці здобувачів спеціальностей E2 «Екологія» та G2 «Технології захисту навколишнього середовища»

Ключові слова: поводження з відходами, сільськогосподарські відходи, зменшення відходів, виробництво альтернативного палива, енергія з відходів, паливні пелети, гумінові кислоти, годівля, молодняк свиней, циркулярна економіка, переробка органічних відходів, сталий розвиток, комбікорм, агропелети, харчові відходи.

ABSTRACT

Adashevskiy O. V. Confectionery production greening by waste using. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in specialty 101 "Ecology" (10 – Natural Sciences) – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 2026.

The dissertation research was carried out at the Chemical Engineering and Industrial Ecology Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute".

The research object encompasses solid organic confectionery waste utilization processes aimed at solving enterprise greening tasks.

The research subject involves the internal and external recycling model as a component within solid organic confectionery waste utilization processes for solving enterprise environmental management tasks.

The dissertation research focuses on solving confectionery waste management scientific and practical tasks and reducing generated solid organic waste volumes through their secondary application as valuable resource materials. The obtained results promote circular approach development regarding solid organic confectionery waste recycling, matching the waste management hierarchy and ensuring food production greening.

The introduction provides a comprehensive rationale for the chosen research direction relevance, formulating the primary study aim and specific tasks. This section outlines the scientific novelty, highlights key defense provisions, and validates the obtained results' practical significance, emphasizing their alignment with the department's scientific programs and sustainable development goals.

The first chapter analyzes scientific approaches defining the "greening" concept, establishing its two main components: the general environmental awareness level among all personnel involved and specific technological solutions aimed at minimizing adverse environmental impacts across all confectionery product lifecycle stages. Furthermore, the confectionery production adverse environmental impact analysis

revealed its complex nature affecting all ecosystem elements, highlighting the lack of profound scientific foundations for minimizing such impacts considering specific production features and pollutant agent nature. The current confectionery waste management sector SWOT analysis clearly identified existing management system weaknesses, determining promising recycling directions and potential implementation opportunities.

The second chapter characterizes solid organic confectionery waste specific features and briefly outlines sample moisture and mycotoxin content determination methods, developed agropellet thermophysical property evaluation techniques, and developed compound feed safety assessment procedures.

The third chapter investigates solid organic confectionery waste storage area adverse impacts on adjacent ecosystems and explores utilizing this waste category within compound feeds. Findings indicate that organic substance pollution in stormwater runoff from confectionery waste depends on multiple factors, with season, precipitation intensity, waste composition, storage method, and packaging type exerting critical influence. These combined factors also affect mold development within the waste, creating environmental hazards during storage and restricting recycling options. An empirical equation correlating mold appearance time with confectionery waste fat and moisture content was derived, allowing safe waste storage period prediction and individual batch recycling prioritization. The research proved humic acid application effectiveness as fungistatic agents for solid organic confectionery waste, confirming the subsequent compound feed safety containing humic acid-treated waste. Finally, the study developed compound feed formulations incorporating solid organic confectionery waste, investigating their application feasibility in poultry and pig farming across various growth stages.

The fourth chapter explores solid organic confectionery waste utilization potential within agropellets. The agropellet market trend analysis revealed sunflower husks as the most integrated raw material within the modern Ukrainian solid biofuel market. Consequently, researchers selected sunflower husks as a combined-composition fuel pellet component, containing over 40 wt.% solid organic confectionery waste. Confectionery waste drying process studies demonstrated the

time required for reducing moisture content to 20 wt.% heavily relies on initial waste fat and moisture parameters. The derived empirical equations for various waste categories enable precise drying technological process parameter determination. Furthermore, the research confirmed sunflower husk milling's positive impact on combined agropellet mechanical strength. The developed combined agropellets exhibit excellent thermophysical characteristics, including high superior and inferior calorific values alongside low ash content. Ash chemical composition analysis results confirmed its potential application as fertilizer, successfully proven through experimental trials.

The fifth chapter focuses on developing a local confectionery consumption waste management model based on circular principles, strictly complying with the waste management hierarchy and sustainable development concepts. The developed solid organic confectionery waste management model SWOT analysis demonstrated significant strengths prevailing over weaknesses, revealing broad implementation opportunities. The proposed solid organic confectionery waste recycling technological schemes contain key operational stages, facilitating necessary implementation cost evaluation.

The dissertation research effectiveness and scientific novelty encompass the following key findings:

- first developed a solid organic waste recycling model based on circular principles, aligning with sustainable development concepts and ensuring waste volume reduction;
- first scientifically substantiated combined agropellet production utilizing solid organic confectionery waste and sunflower husks, effectively addressing production residue minimization and enterprise greening tasks;
- improved compound feed formulations containing solid organic confectionery waste, considering poultry and pig feeding specifics across various developmental stages, offering viable confectionery enterprise environmental solutions;
- further advanced technological approaches regarding domestic brown coal-derived humic acid application as solid organic confectionery waste fungistatics, ensuring prolonged safe storage and hazard reduction;
- further expanded theoretical foundations regarding SWOT analysis application

within the environmental safety and nature conservation technology field.

The dissertation's theoretical and practical results are currently utilized within the NTU "KhPI" educational process for preparing students majoring in specialty E2 "Ecology" and G2 "Environmental Protection Technologies".

Keywords: waste management, agricultural waste, waste reduction, alternative fuel production, waste-to-energy, fuel pellets, humic acids, feeding, piglets, circular economy, organic waste processing, sustainable development, compound feed, agropellets, food waste.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Адашевський О. В. Використання твердих відходів кондитерських фабрик при виробництві комбікормів як елемент сталого розвитку України. *Екологічні науки*. 2023. № 1 (46). С. 179–182. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.30>
2. Байрачний В. Б., Адашевський О. В. Дослідження впливу місць зберігання твердих кондитерських відходів на прилеглі екосистеми. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 136, ч. 1. С. 266–273. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.32>
3. Мірошниченко Д. В., Байрачний В. Б., Адашевський О. В. Комплексний підхід до запобігання пліснявіння твердих органічних відходів кондитерських виробництв як елемент сталого поводження з ними. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2024. № 4. С. 111–121. <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2024.4.12>
4. Гавілей О. В., Рябініна О. В., Адашевський О. В. Використання комбікормів на основі відходів кондитерських виробництв у птахівництві. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 142, ч. 1. С. 191–198. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.1.24>

5. Байрачний В. Б., Адашевський О. В., Сакун А. О., Литвин А. О., Бутко В. С. Дослідження запиленості повітря тваринницьких комплексів. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2025. № 2. С. 131–139. <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2025.2.11>

6. Адашевський О.В. Дослідження перспектив сумісного енергетичного використання відходів кондитерських виробництв та соняшникового лушпиння як елемент сталого управління відходами. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 145, Т. 1. С. 298- 306. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.145.1.34>

Опубліковані праці апробаційного характеру:

7. Адашевський О.В. Сталий підхід до переробки відходів кондитерських фабрик у комбікорм. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування* : зб. матеріалів 7-го Міжнар. молодіжного конгресу, 12-14 жовтня 2022 р. Львів : Яроченко Я. В., 2022. С. 31.

8. Адашевський О. В., Байрачний В. Б. Підвищення енергоефективності при виробництві комбікормів з застосуванням відходів кондитерських виробництв. *Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених* : зб. тез доп. 16-ї Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів та аспірантів, 14–16 грудня 2022 р. Харків : НТУ «ХП», 2022. С. 323.

9. Байрачний В. Б., Адашевський О. В. Оцінка перспектив використання відходів кондитерських фабрик для виробництва комбікормів. *Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2022* : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. за участю молодих науковців, 27 жовтня 2022 р. Харків : ХНАДУ, 2022. С. 29–31.

10. Adashevskiy O. V., Bairachnyi V. B. Comprehensive approach to food production wastes using as part of compound feed. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування* : матеріали Міжнар. наук. конф., 27–28 квітня 2023 р. Харків, 2023. Р. 124–125.

11. Адашевський О. В., Байрачний В. Б. Вплив умов зберігання твердих

відходів кондитерських виробництв на їх придатність до переробки. *Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених* : зб. тез доп. 17-ї Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів та аспірантів, 28–30 листопада 2023 р. Харків, 2023. С. 431.

12. Адашевський О. В., Байрачний В. Б. Зниження енергозатрат процесу виробництва комбікормів з використанням твердих відходів кондитерських фабрик. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : тези доп. 31-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2023, 17–20 травня 2023 р. Харків : НТУ «ХП», 2023. С. 328.

13. Адашевський О. В., Байрачний В. Б. Оцінка впливу на гідросферу місць накопичення твердих відходів кондитерських виробництв. *Проблеми надзвичайних ситуацій* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 16 травня 2024 р. Харків : НУЦЗУ, 2024. С. 280–281.

14. Адашевський О. В., Пітак Р. О. Перспективи впровадження розширеної відповідальності виробників кондитерської продукції. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування* : матеріали Міжнар. наук. конф., 25–26 квітня 2024 р. Харків, 2024. С. 122–123.

15. Адашевський О. В., Шаловинська В. В. Свідоме споживання як елемент сталого поведіння з відходами кондитерських виробництв. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : тези доп. 32-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2024, 22–25 травня 2024 р. Харків : НТУ «ХП», 2024. С. 337.

16. Пітак Р. О., Адашевський О. В. Вплив на довкілля місць накопичення твердих органічних кондитерських відходів. *Консолідація заради майбутнього: наукові здобутки вчених задля перемоги та післявоєнної відбудови України* : зб. тез Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених та спеціалістів, 29 серпня 2024 р. Полтава, 2024. С. 17–18.

17. Пітак Р. О., Адашевський О. В. Перспективи екологізації кондитерських виробництв в умовах військового стану. *Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених* : зб. тез доп. 18-ї Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів та аспірантів, 19–22 листопада 2024 р. Харків : НТУ «ХП»,

2024. С. 700.

18. Sebko V., Zdorenko V., Zashchepkina N., Sakun A., Zabiika N., Adashevskiy O. A Multi-parameter Method for Dielectric Liquid Media Physical and Chemical Parameters Determining. *2024 IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek) : IEEE Conference, October 2024.* <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61434.2024.10878085>

19. Байрачний В. Б., Адашевський О. В. Дослідження запиленості повітря приміщень для утримання свійських тварин. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я* : тези доп. 33-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2025, 14–17 травня 2025 р. Харків : НТУ «ХПІ», 2025. С. 428.

20. Адашевський О. В., Кочетов М. С. Дослідження потенціалу використання харчових відходів в якості компонентів палива. *Проблеми надзвичайних ситуацій* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 14 травня 2025 р. Харків : НУЦЗУ, 2025. С. 338–339.

21. Адашевський О. В., Титаренко А. І. Перспективи рециклінгу індивідуального полімерного пакування кондитерських виробів. *Сучасні полімерні матеріали та композити: одержання, переробка та дослідження* : тези доп. 1-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 18–19 березня 2025 р. Харків : НТУ «ХПІ», 2025. С. 22.

22. Адашевський О. В., Пітак Р. О. Вплив акційних пропозицій на обсяги утворення відходів споживання кондитерських відходів. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування* : матеріали Міжнар. наук. конф., 14–15 травня 2025 р. Харків, 2025. С. 201.

23. Адашевський О. В., Байрачний В. Б. Дослідження властивостей агропелет комбінованого складу. Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених» : зб. тез доп. 19-ї Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів та аспірантів, 19–21 листопада 2025 року. Харків : НТУ «ХПІ», 2025. С.655