

УДК 677

МАКСИМ ЛОВІНСЬКИЙ, ЛЮДМИЛА

БУХАНЦОВА

Хмельницький національний університет, Україна

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ТЕКСТИЛЬНИХ ВІДХОДІВ У КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

***Мета.** Аналіз сучасних методів переробки текстильних відходів у контексті впровадження принципів циркулярної економіки.*

***Ключові слова:** текстильні відходи, механічна переробка, хімічна переробка, циркулярна економіка.*

Постановка завдання. На сьогодні у світі спостерігається чітка тенденція переходу від лінійної моделі економіки до моделі циркулярної економіки. Остання базується на повторному використанні матеріалів, виробів та деталей, а також на зменшенні обсягів відходів виробництва і забезпеченні їх подальшої переробки. У зв'язку з цим країни Європейського Союзу, а також Україна, розробляють і впроваджують різноманітні інструменти – юридичні, політичні, економічні та технологічні, – спрямовані на формування замкнутих циклів виробництва, у межах яких відходи розглядаються як вторинний ресурс. Враховуючи, що текстильна промисловість є одним із ключових секторів, які створюють значні обсяги відходів, у тому числі твердих залишків тканин, волокон та матеріалів, то аналіз сучасних методів переробки текстильних відходів є надзвичайно актуальним, зокрема для визначення можливостей впровадження таких технологій на підприємствах України.

Методи досліджень. У процесі дослідження використано загальнонаукові методи аналізу та синтезу, порівняльний метод, системний підхід тощо. Для класифікації методів переробки застосовано аналітичний та структурно-функціональний аналіз, що дозволив виокремити такі методи переробки як механічну, хімічну, біохімічну та термічну переробку тощо.

Результати досліджень. У ході проведеного аналізу було встановлено, що сучасні методи переробки текстильних відходів можна поділити на чотири основні групи: механічну, хімічну, біохімічну та термічну переробку.[1]

Механічна переробка – це фізична переробка текстильних відходів без застосування хімічних чи біологічних речовин, яка

включає в себе такі етапи, як сортування, подрібнення, чесання волокон для виділення їх із тканин, а також створення нових волокон для інших виробів. [2] Механічна переробка буває відкритого та замкненого циклу. Процес відкритого циклу є більш поширеним, він регенерує нові волокна для інших, відмінних від первісних тканин виробів. Наприклад, з одягу виділяються волокна, з яких згодом роблять автомобільні сидіння, матраци, ковдри, промислові серветки. Процес замкненого циклу є складнішим, цей процес регенерує нові волокна для виробів, які схожі до первісних виробів, які були застосовані для переробки. Наприклад, з одягу в процесі переробки утворюється новий одяг. [1]

Хімічна переробка – це процес деполімеризації текстильних відходів на їх мономери або олігомери, які надалі можуть бути реполімеризовані у нові волокна. Хімічну переробку можна застосовувати для синтетичних волокон, таких як поліестер, нейлон, акрил, а також для волокон із тканин змішаного типу, наприклад бавовна-поліестер. [3] Методи хімічної переробки включають в себе гідроліз, гліколіз, метаноліз та сольволіз. Гідроліз – це метод, який включає використання кислоти або лугу у водному середовищі для руйнування тканини на відповідні мономери, які згодом можуть бути використані для створення нової сировини. Гліколіз – це процес нагрівання тканин із використанням етиленгліколю та каталізатора для отримання розроблених полімерних ланцюгів, з яких згодом можна створювати нові волокна. Метаноліз – це процес, де під дією метилового спирту та каталізатора полімери розшаровуються із утворенням нової сировини. Сольволіз – це загальна технологія використання розчинника та каталізатора для розщеплення полімерів на мономери у реакторі. [1]

Біохімічна переробка – це процес розкладання текстильних відходів на простіші молекули для нових волокон шляхом використання біологічних агентів, таких як ферменти або мікроорганізми. [4] Виділяють такі методи як ферментативний гідроліз, мікробну ферментацію та анаеробне розщеплення. Ферментативний гідроліз -це процес, де текстильні відходи нагріваються у реакторі з водою та ферментами (целюлоза, кутиназа), які розщеплюють тканини на простіші молекули. Мікробна ферментація – це процес, де текстильні відходи розкладаються за допомогою мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби та водорості, і перетворюються на біопаливо, органічні кислоти та біополімери. Анаеробне розщеплення – це тип мікробної ферментації, що відбувається за відсутності кисню з метою виробництва біогазу та біостанолу. [1] На разі, біохімічна переробка

малопоширена. На рис.1 для наочності зображено класифікацію методів переробки текстильних відходів.

Механічна переробка	<ul style="list-style-type: none"> • відкритого циклу • замкнутого циклу
Хімічна переробка	<ul style="list-style-type: none"> • гідроліз • гліколіз • метаноліз • сольволіз
Біохімічна переробка	<ul style="list-style-type: none"> • ферментативний гідроліз • мікробна ферментація • анаеробне розщеплення
Термічна переробка	<ul style="list-style-type: none"> • піроліз • газифікація • гідротермальне рідинне виділення • плазмова дугова газифікація

Рис. 1. Методи переробки текстильних відходів

Термічна переробка – це переробка текстильних відходів на енергетичні продукти, такі як паливо або тепло, за допомогою термічних процесів. Може переробляти низькоякісні та забруднені тканини, а також такі неможливі для переробки матеріали як еластан, поліпропілен та поліуретан. Включає такі методи, як піроліз, газифікацію, гідротермальне рідинне виділення, плазмову дугову газифікацію. Піроліз – це термічний розклад органічних матеріалів за відсутності кисню для отримання синтез-газу, нафти та вугілля. Газифікація – це часткове окиснення органічних матеріалів при високій температурі для отримання синтез-газу, з якого можна виробити паливо. Гідротермальне рідинне виділення – це перетворення вологих текстильних відходів на нафту та газ під високим тиском та температурою із використанням води. Підходить тільки для натуральних волокон. Плазмова дугова газифікація виробляє синтез-газ і шлак з органічних матеріалів за допомогою плазмової дуги, яка іонізує газ і створює плазму високої температури. [5]. На разі, термічна переробка малопоширена.

Висновок. У результаті дослідження проаналізовано сучасні методи переробки текстильних відходів, зокрема механічні, хімічні, біохімічні та термічні. Отримані результати вказують на те, що на підприємствах України найбільш доречно використовувати механічні

та хімічні методи переробки текстильних відходів, оскільки вони найбільш поширені, найбільш досліджені та найменш затратні.

Література

1. Tang, K.H.D. State of the Art in Textile Waste Management: A Review. *Textiles* 2023, 3, 454–467. <https://doi.org/10.3390/textiles3040027>
2. Islam MM, Yin R, West A. A Brief Review of Mechanical Recycling of Textile Waste. *Textiles*. 2025, 5 (4), 41. <https://doi.org/10.3390/textiles5040041>
3. Erha Andini, Pooja Bhalode, Evan Gantert, Sunitha Sadula, Dionisios G Vlachos. Chemical recycling of mixed textile waste. *Sci Adv* 2024, Jul 3,10 (27) <https://doi.org/10.1126/sciadv.ado6827>
4. Dissanayake, D.G.K.; Weerasinghe, D.U. Fabric Waste Recycling: A Systematic Review of Methods, Applications, and Challenges. *Mater. Circ. Econ.* 2021, 3, 24. <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00042-2>
5. Liu, T.; Miao, P.; Shi, Y.; Tang, K.H.D.; Yap, P.-S. Recent advances, current issues and future prospects of bioenergy production: A review. *Sci. Total Environ.* 2022, 810, 152181. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152181>

УДК
677.057.3

TETIANA MALIY, ALINA TOKARIEVA
Kharkiv State Academy of Design and Arts, Ukraine

LIVING TEXTILE MATERIALS WITH MICROALGAE: PERSPECTIVES FOR CREATING THE PHOTOSYNTHETIC FABRICS OF THE FUTURE

Purpose. *The aim of this study is to explore the potential of integrating microalgae into textile materials to create living, photosynthetic fabrics capable of performing biological functions such as carbon dioxide absorption, oxygen release, and air purification. The research seeks to assess both the technological feasibility and the design implications of such materials, emphasizing their role in the transition toward sustainable, bioactive textile systems.*

Keywords: *photosynthetic textiles; microalgae; biodesign; hydrogel matrices; sustainable materials; biofabrication; living materials; biocouture.*

Problem Statement. Traditional textiles are passive materials that serve primarily aesthetic or protective functions. However, growing environmental concerns and the search for sustainable solutions in design have prompted interest in biologically active fabrics. The challenge lies in