

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2026.4.6>

Received: 24.08.2026
Revised: 28.09.2026
Accepted: 30.09.2026
Published: 05.10.2026

Олег ЛОЗОВИЙ, Вікторія ПЛАВАН

Київський національний університет технологій і дизайну

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ У ТЕХНОЛОГІЯХ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ

УДК 678.028.9

Мета. Систематизація сучасних підходів до механічного рециклінгу полімерних відходів, визначення основних чинників, що впливають на якість вторинної сировини, узагальнення та вибір технологічних рішень, спрямованих на збереження і відновлення її експлуатаційних властивостей.

Методика. Проведено аналітичний огляд наукових публікацій щодо ідентифікації, сортування, очищення, розділення, механічної переробки та стабілізації полімерних відходів. Узагальнено сучасні уявлення про механізми термомеханічної деградації та методи контролю молекулярної маси, реологічних, механічних і теплових характеристик вторинних полімерів.

Результати. Встановлено, що якість вторинного полімеру визначається складом і ступенем забруднення відходів, ефективністю їх сортування та очищення, а також параметрами повторної переробки. Показано, що термомеханічна деградація супроводжується розривом або розгалуженням полімерних ланцюгів, зміною молекулярної маси та погіршенням механічних і реологічних властивостей. Систематизовано сучасні підходи до підвищення якості вторинної сировини, зокрема високоточне сортування, вдосконалене очищення та фільтрацію розплаву, рестабілізацію, компатибілізацію, реакційну екструзію, функціональне модифікування та цифровізацію процесів.

Наукова новизна. Сформовано системне уявлення про механічний рециклінг як комплекс взаємопов'язаних технологічних операцій, які послідовно визначають якість вторинної полімерної сировини. Узагальнено способи керування процесами деградації та відновлення властивостей вторинної сировини і запропоновано інтегровану послідовність їх підготовки та переробки: ідентифікація, сортування, очищення, стабілізація, модифікування, екструзія, фільтрація та контроль якості.

Практична значимість. Результати можуть бути використані для вибору й оптимізації технологій механічного рециклінгу поліолефінів та інших полімерів, удосконалення процесів очищення і стабілізації, контролю якості вторинної сировини та розширення сфер її повторного застосування. Запропонований системний підхід сприяє зменшенню матеріальних і ресурсних втрат та підвищенню ефективності використання вторинних полімерів відповідно до принципів циркулярної економіки.

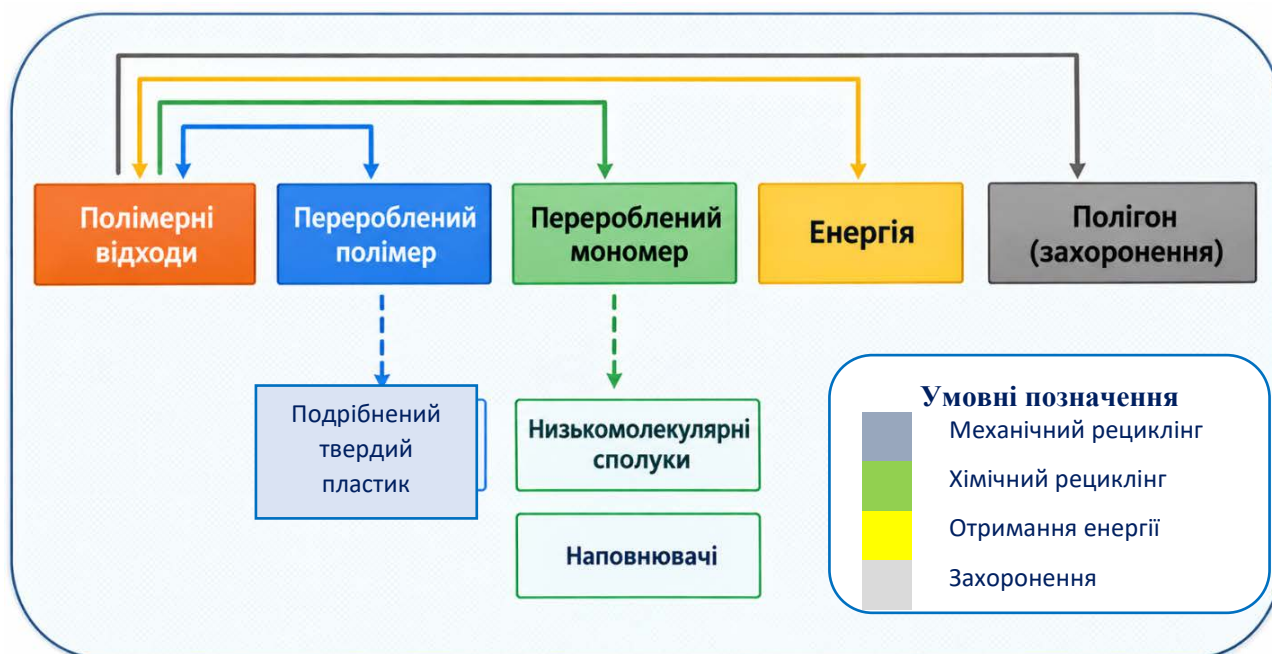
Ключові слова: полімерні відходи; механічний рециклінг; поліетилен; термомеханічна деструкція.

Вступ. Полімерні матеріали відіграють важливу роль у сучасній економіці, однак постійне зростання обсягів їх виробництва та споживання супроводжується накопиченням значних обсягів відходів. За даними Plastics Europe, у 2024 році світове виробництво пластмас досягло 430,9 млн тонн, продемонструвавши подальше зростання порівняно з 400,4 млн тонн у 2022 році [1]. При цьому майже 50% пластикових відходів потрапляє на звалища, 19% спалюється, 22% утилізується на неконтрольованих сміттєзвалищах, спалюється або потрапляє у відкрите середовище, і лише 9% зрештою переробляється [2]. Це свідчить про масштабність проблеми та необхідність переходу до більш циркулярної моделі використання полімерних матеріалів.

Особливе місце у структурі полімерних відходів посідають поліолефіни – поліетилен (PE) і поліпропілен (PP), які широко використовуються у виробництві пакування, товарів повсякденного попиту, будівельних матеріалів та інших виробів. За найновішими даними Plastics Europe, у 2024 р. у Європі було зібрано 32,7 млн т постспоживчих пластикових відходів. У їх структурі частка PP становила 18%, поліетилену високої густини (HDPE) – 15,5%, а поліетилену низької густини та лінійного поліетилену низької густини (LDPE/LLDPE) – 8,6%. Таким чином, основні поліолефіни (PP та різні типи PE) разом становили понад 40% зібраного постспоживчого пластикового потоку [3].

Зокрема, поліетилен є одним із найпоширеніших видів пластику у складі твердих побутових відходів, оскільки його використовують для виготовлення пакетів (як для комерційних цілей, так і для утилізації сміття), а також у виробництві численних видів упаковки для харчових продуктів [4]. Водночас значний ресурсний потенціал поліолефінових відходів поки що використовується недостатньо. У 2024 р. в Європі було механічно або іншим способом перероблено лише 29,6% зібраних пластикових відходів, тоді як 70,4% направлялося на спалювання або захоронення.

Законодавство європейських країн чітко визначає повторне використання та переробку полімерних відходів як основні пріоритети, надаючи їм перевагу над захороненням на полігонах [5]. У довгостроковій перспективі, очевидно, найбільш бажаним напрямом поводження з полімерними відходами була б біодеградація [6], хоча повна заміна сучасних пластмас на біорозкладні матеріали наразі неможлива. Що стосується переробки, яку часто розглядають як основний шлях зменшення впливу полімерної продукції на довкілля [7, 8], а також зниження енергетичних витрат [6], то існує декілька можливих напрямів (рис. 1).



Джерело: опрацьоване авторами за [11].

Рис. 1. Схематичне зображення варіантів рециклінгу

Механічний рециклінг є найбільш поширеним та економічно вигідним методом переробки полімерних відходів, оскільки дає змогу зберегти полімерну основу матеріалу та уникнути енергоємних процесів хімічної деструкції. Він охоплює такі основні етапи, як збирання, сортування, миття, подрібнення та подальше використання пластмасових відходів для виробництва нових виробів [9]. Цей метод особливо придатний для термопластів, зокрема PE, PP та поліетилентерефталату (PET). Водночас механічний рециклінг має певні обмеження, оскільки внаслідок багаторазових циклів переробки відбувається погіршення властивостей полімерів, зумовлене скороченням довжини полімерних ланцюгів, що призводить до зниження міцності та довговічності матеріалу [10]. Змішування різних марок і типів PE та PP, наявність сторонніх полімерів, наповнювачів, пігментів і органічних забруднень, а також термоокиснювальна та механохімічна деструкція під час повторної переробки можуть призводити до погіршення механічних, термічних і реологічних характеристик вторинного матеріалу. Крім того, наявність добавок, барвників і залишків харчових продуктів може ускладнювати процес переробки.

Особливо складною є проблема переробки змішаних потоків PE/PP. Через близькі фізичні характеристики та обмежену сумісність цих полімерів їх повне розділення є технологічно складним і економічно затратним. У результаті під час механічного рециклінгу можуть формуватися багатофазні структури з недостатньою міжфазною адгезією, що обмежує сферу застосування вторинної сировини.

Автори статті [11] пропонують використовувати термін «рециклінг матеріалів» на відміну від поширеного терміну «механічний рециклінг» з двох причин. По-перше, термін «механічний» не враховує можливості перебігу хімічних реакцій під час переробки, навіть якщо йдеться про один вид вторинного полімеру (наприклад, під час екструзії). Показовими прикладами є PP, для якого повторна переробка супроводжується деструкцією, та поліконденсаційні полімери (наприклад, нейлон), у яких під час переробки зазвичай відбувається розгалуження макромолекул [12].

Отже, сучасні дослідження механічного рециклінгу поліолефінів мають бути спрямовані не лише на максимальне вилучення полімерної сировини з відходів, а й на подолання технологічних бар'єрів, пов'язаних із неоднорідністю складу, забрудненням, деструкцією полімерів та несумісністю окремих компонентів.

Постановка завдання. Мета статті – систематизація сучасних підходів до механічного рециклінгу полімерних відходів, визначення основних чинників, що впливають на якість вторинної сировини, та узагальнення і вибір технологічних рішень, спрямованих на збереження і відновлення її експлуатаційних властивостей.

Результати дослідження. Механічна переробка залишається найпоширенішою промисловою практикою завдяки своїй простоті в експлуатації та відносно низькій вартості. Хімічна переробка розширює можливості поводження з полімерними відходами після завершення їх життєвого циклу, долаючи обмеження традиційних методів, таких як захоронення та спалювання. Вона передбачає хімічне або термохімічне перетворення полімерів, зокрема поліолефінів, у цінні продукти та вторинну хімічну сировину, яку можна повторно використовувати у виробничих процесах.

Незважаючи на значний прогрес, ці технології все ще стикаються зі значними проблемами, включаючи поступове погіршення властивостей матеріалів під час механічної переробки, непередбачуваний вплив на навколишнє середовище, такий як викид токсичних добавок під час біодеградації, та високі енергетичні та економічні витрати, що перешкоджають широкомасштабному застосуванню хімічної переробки [13, 14].

Механічно перероблені полімери широко застосовуються в різних галузях промисловості, зокрема для виробництва тари та контейнерів, у будівництві, автомобілебудуванні, текстильній промисловості, електроніці та інших сферах. Вторинні PE та PET використовують для виготовлення пляшок, контейнерів і пакетів. Компанії з виробництва напоїв, зокрема Coca-Cola та PepsiCo, використовують вторинний PET у виробництві пляшок з метою зменшення кількості пластикових відходів та досягнення цілей сталого розвитку. HDPE, PP особливо придатні для таких застосувань завдяки їхній стійкості до впливу факторів навколишнього середовища та високій міцності [15].

Першим етапом переробки матеріалів після споживання є сортування відходів за різними компонентами. Це зручно здійснювати на основі відмінностей у густині, а також із використанням спектроскопічних методів, зокрема FTIR- та раманівської спектроскопії [16]. І сортування, і характеристика регенованого полімеру є обов'язковими етапами процесу переробки: перше – оскільки переробка сумішей полімерів не забезпечує отримання продукції з задовільними властивостями, а друге – оскільки кінцевий споживач регенованого матеріалу має бути поінформований про фактичну якість придбаного ним продукту. Поряд зі спектроскопічною характеристикою для точного визначення фізичних властивостей полімерів часто необхідне застосування більш спеціалізованих методів. Наприклад, було запропоновано

новий метод гел-проникної хроматографії (GPC) для визначення молекулярної маси регенованих полімерів [17].

Після сортування подальшим, часто більш точним, методом розділення різних полімерних матеріалів є використання селективних розчинників, як, наприклад, у випадку PC, PS та ABS [18]. Такі процеси часто забезпечують досить високу точність і дають змогу розділяти значну кількість різних полімерів. Зокрема, це стосується пакувальних матеріалів на основі LDPE та HDPE, PVC, PS і PET.

Якщо окремі компоненти можна розділити, то, загалом, змішування вторинного полімеру з первинним створює широкі можливості для регулювання властивостей матеріалу, що було продемонстровано для PE [19]. Це особливо необхідно у випадках, коли розділений і вторинно перероблений компонент недостатньо чистий для самостійного повторного використання залежно від передбачуваної сфери застосування.

У цьому контексті слід зазначити, що не існує загального правила для оцінювання придатності вторинного полімеру до певного застосування. У кожному конкретному випадку необхідно визначити вимоги, що висуваються до відповідного виробу, щоб оцінити можливість повторного використання полімеру без застосування додаткових етапів переробки. Застосування численних етапів розділення та очищення може поставити під сумнів економічну доцільність процесу, а також потенційно передбачати використання небезпечних хімічних речовин і нестійких з екологічної точки зору технологій.

Пакування з-під харчових продуктів (наприклад, PET [20] та поліолефіни [21]) потребує спеціального нормативного регулювання для повторного використання у тій самій сфері [22]. Відповідно до Регламенту (ЄС) 2025/40 щодо упаковки та відходів упаковки (PPWR), з 2030 року пластикова упаковка повинна містити визначену цим документом мінімальну частку постспоживчого вторинного пластику [23]. Для контактної упаковки, виготовленої з поліетилену та поліпропілену, на відміну від ПЕТ, встановлено мінімальний рівень вторинного пластику 10%, який з 2040 року зростає до 25%. Для іншої пластикової упаковки відповідні показники становлять 35 і 65%.

Ці вимоги стимулюють використання якісної вторинної полімерної сировини та водночас загострюють проблему її доступності, чистоти й стабільності властивостей. Це вимагає не лише нарощування потужностей із переробки, а й підвищення якості вторинної сировини, щоб гарантувати, що механічно перероблений полімер зможе функціонально замінити первинний полімер у різноманітних сферах застосування упаковки, де висуваються високі вимоги до матеріалу.

Миття є важливим етапом підготовки полімерних відходів до механічного рециклінгу, оскільки забезпечує видалення залишків харчових продуктів, ґрунту, пилу, масел, клеїв, етикеток та інших забруднень. Ефективність очищення безпосередньо впливає на якість вторинного полімеру та стабільність його подальшої переробки [15, 24, 25].

Для очищення полімерних відходів застосовують миття холодне та гаряче, миття з використанням лужних розчинів і поверхнево-активних речовин, а також механічне, зокрема фрикційне, очищення. Вибір технології залежить від типу полімеру, характеру та ступеня забруднення [24, 26]. Для відходів поліолефінів, зокрема PE та PP, особливого значення набувають оптимізація температури, тривалості миття та інтенсивності механічного впливу. При цьому надмірна інтенсивність миття може сприяти утворенню мікрочастинок пластику, що необхідно враховувати при проектуванні технологічних процесів [23, 27].

Регулювання властивостей вторинної сировини пов'язане з підвищенням її якості, оскільки це дозволяє охопити ширший спектр сфер кінцевого споживання [28]. Водночас сфери застосування, чутливі до контакту з продуктами харчування або появою сторонніх запахів, вимагають суттєвого вдосконалення процесів очищення вторинної сировини; при цьому ключовими показниками якості стають рівень залишкових забруднень та вміст летких органічних сполук [29]. Важливість етапу миття для очищення сировини є беззаперечною,

однак не існує єдиної думки щодо того, якою мірою гаряче миття сприяє підвищенню ефективності очищення, особливо з огляду на те, що ефект від покращеного миття може бути нівельовано на наступних етапах переробки [30–34]. Крім того, було виявлено, що притаманна сировині неоднорідність нівелює потенційні відмінності, зумовлені варіюванням параметрів промивання, що ускладнює оцінку ефективності гарячого промивання [30].

Насамкінець, заходи з підвищення якості вторинної сировини та експлуатаційних характеристик виробів повинні бути збалансовані з екологічною ефективністю. Додаткові етапи сортування та миття неминуче збільшують витрати енергії, хімічних речовин і води [34]. Хоча екологічна перевага традиційного механічного перероблення над використанням первинних пластмас є доведеним фактом [35, 36], для РЕ ще не було здійснено комплексної кількісної оцінки компромісів, пов'язаних із вдосконаленими методами механічного перероблення. Це порушує питання про те, чи залишаються такі інтенсифіковані технологічні етапи екологічно вигідними з урахуванням додаткових витрат ресурсів.

Основні проблеми, пов'язані з механічним рециклінгом. Під час рециклінгу як мономатеріальних, так і змішаних пластмас виникають різні проблеми. Основною з них є те, що полімери за певних умов піддаються деградації. До таких умов належать, зокрема, нагрівання, окиснення, вплив світла, іонізуючого випромінювання, гідроліз і механічне зсувне навантаження [37].

Під час механічного рециклінгу полімерів переважають два типи деградації: деградація, спричинена повторним переробленням (термомеханічна деградація), та деградація, що відбувається протягом терміну експлуатації полімеру [38]. Насамперед важливе значення має термомеханічна деградація полімерів під час повторного перероблення. Рециклінг як постіндустріальних відходів, так і відходів полімерних матеріалів після споживання супроводжується певним типом деградації, зумовленим одночасною дією температури та механічного зсуву. Коли під час перероблення в розплаві полімер піддається одночасному впливу температури та зсувного навантаження, у ньому розпочинаються різні процеси [39]. Найпоширенішими механізмами, що відбуваються у промислових полімерах, є деструкція (розрив) та розгалуження полімерних ланцюгів. Залежно від типу полімеру та таких чинників, як початкова молекулярна маса (M_w) і температура, може переважати один із цих конкуруючих радикальних механізмів.

Термомеханічна деградація, як правило, починається з гомолітичного розриву ковалентного зв'язку C–C у полімерному ланцюзі з утворенням вільних радикалів (рис. 2). Ці вільні радикали можуть вступати в низку хімічних реакцій, що призводить до розриву або розгалуження полімерних ланцюгів [39].

Розрив полімерних ланцюгів переважно відбувається в кінцевих або бічних групах, а також у основному полімерному ланцюзі, що призводить до зниження молекулярної маси полімеру і, відповідно, погіршення його властивостей. Розгалуження полімерних ланцюгів спричиняє зшивання та збільшення молекулярної маси. Типовим прикладом розриву ланцюгів є PP [40], тоді як деякі типи РЕ більш схильні до утворення розгалужень [41]. Обидві реакції призводять до виділення низькомолекулярних летких компонентів та зниження молекулярної маси полімеру внаслідок термомеханічної деградації протягом певного часу. Збільшення показника текучості розплаву є характерною ознакою зниження M_w . Зміна молекулярної маси суттєво впливає на реологічну та механічну поведінку полімерів. Окрім відносного подовження при розриві, усі механічні властивості зазнають змін залежно від зміни M_w . Загалом відносне видовження при розриві та ударна в'язкість належать до механічних параметрів, які найбільш швидко реагують на термомеханічну деградацію [42].

Крім змін механічних і реологічних властивостей, термомеханічна деградація впливає також на теплові властивості (температуру плавлення, кристалізацію тощо) та фізичні властивості (характеристики поверхні, колір тощо).

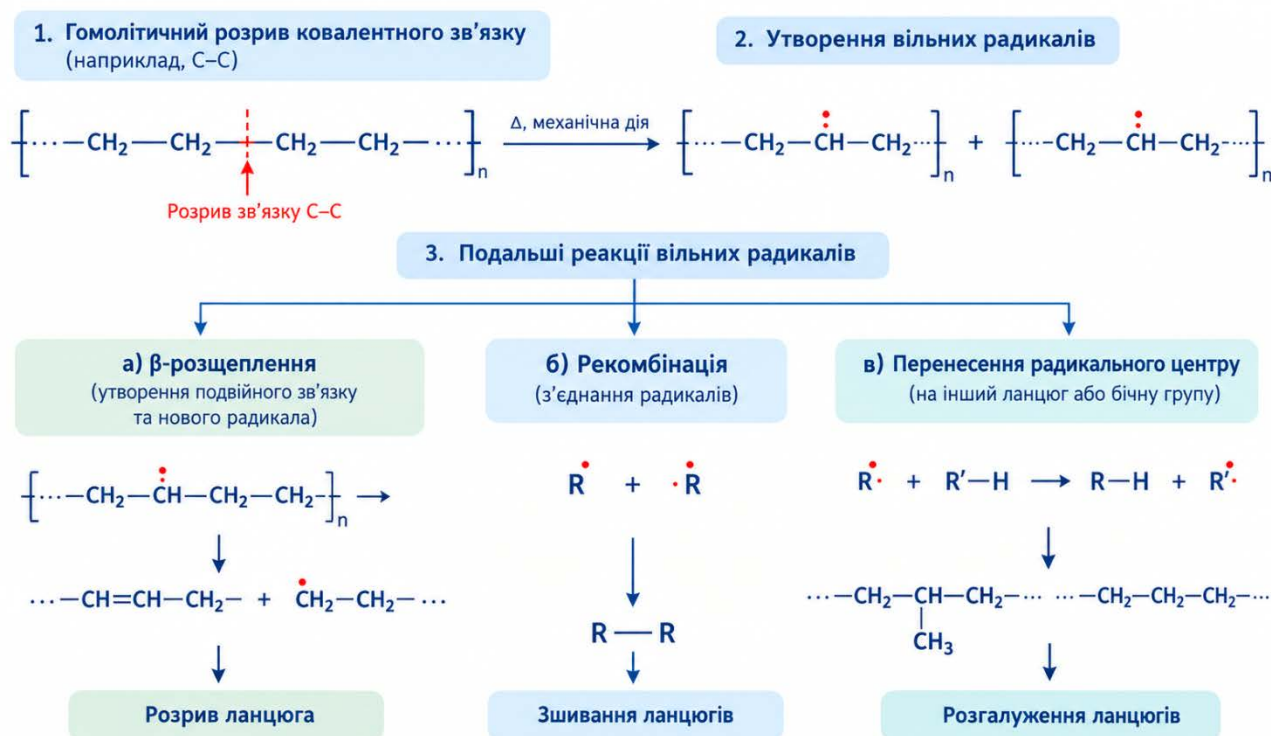


Рис. 2. Схема термомеханічної деградації полімерів

Негативні наслідки термомеханічної деградації можна компенсувати шляхом введення різних добавок. Існує широкий спектр добавок, призначених для підвищення придатності пластмас до рециклінгу. Зазвичай під час повторного перероблення повторно вводять термостабілізатори, оскільки значна їх частина витрачається протягом першого життєвого циклу та під час первинної переробки пластмаси [43]. Крім термостабілізаторів, можуть застосовуватися модифікатори ударної міцності, зшиваючі агенти, компатибілізатори, пігменти та наповнювачі [44].

Інноваційні підходи до механічного рециклінгу. Інноваційний розвиток механічного рециклінгу полімерних відходів спрямований на підвищення якості вторинної сировини, зменшення втрат матеріалу та розширення можливостей повторного використання полімерів у виробництві продукції з високою доданою вартістю. Сучасні дослідження зосереджені на вдосконаленні сортування, очищення, екструзії, стабілізації та модифікування вторинних полімерів, а також на підвищенні сумісності змішаних полімерних потоків [15, 34].

Одним із найбільш перспективних напрямів є *високоточне сортування полімерних відходів із використанням автоматизованих систем ідентифікації полімерів*, зокрема оптичних та спектроскопічних методів. Підвищення чистоти вихідної сировини є принципово важливим для отримання вторинного полімеру зі стабільними властивостями, особливо при переробленні відходів після споживання, які характеризуються значною варіабельністю складу.

Важливим напрямом є *вдосконалення технологій очищення та фільтрації розплаву*. Сучасні екструзійні системи можуть включати зони дегазації, сушіння та фільтрації розплаву. Вакуумна дегазація сприяє видаленню летких компонентів, вологи та інших домішок, тоді як фільтрація розплаву дає змогу видаляти тверді забруднення, гелеві частинки та інші нерозплавні компоненти. Це сприяє підвищенню однорідності, механічних та оптичних характеристик вторинного полімеру [15].

Перспективним є *рециклінг із контрольованою стабілізацією полімеру*. Під час повторної переробки полімери зазнають термомеханічної та окиснювальної деградації, що може супроводжуватися розривом полімерних ланцюгів, зміною молекулярної маси та

погіршенням механічних і реологічних властивостей. Для компенсації цих ефектів застосовують антиоксиданти, термостабілізатори, УФ-стабілізатори та інші функціональні добавки. Сучасна концепція *рестабілізації* (*restabilization*) розглядає цілеспрямоване відновлення стабільності вторинних полімерів як один із ключових способів підвищення їхньої якості та терміну подальшої експлуатації [15, 45].

Особливе значення має застосування компатибілізаторів для перероблення змішаних полімерних відходів. Різні полімери часто є термодинамічно несумісними, тому їх суміші характеризуються слабкою міжфазною адгезією та погіршеними механічними властивостями. Введення блок- або прищеплених співполімерів, реакційноздатних полімерів та інших компатибілізаторів дає змогу зменшити міжфазний натяг, стабілізувати морфологію суміші та покращити перенесення напружень між полімерними фазами [15, 46].

Окремий перспективний напрям становить *реакційна екструзія*, за якої під час перероблення розплаву одночасно відбувається цілеспрямована хімічна модифікація полімеру. Такий підхід може використовуватися для підвищення сумісності полімерних компонентів, зміни реологічних характеристик та компенсації негативних наслідків деградації.

Ще одним інноваційним напрямом є *функціональне модифікування вторинних полімерів*. Вторинна сировина може використовуватися як матриця для створення полімерних композитів із заданими властивостями шляхом введення наповнювачів, волокон, наноматеріалів та функціональних добавок. Для змішаних постспоживчих полімерних відходів досліджуються, зокрема, співполімерні компатибілізатори, Janus-наночастинки, мікрофібрилізація та твердофазне подрібнення [47].

Важливим є також *багаторазовий рециклінг із контролем зміни властивостей полімеру*. Після кожного циклу перероблення доцільно контролювати молекулярну масу, показник текучості розплаву, механічні та термічні характеристики. Наприклад, для поліпропілену високої ударної міцності було показано погіршення механічних характеристик уже після першого циклу рециклінгу, що підкреслює необхідність контролю кількості повторних циклів та оптимізації складу вторинного матеріалу [36].

Перспективним напрямом є *цифровізація процесу механічного рециклінгу* – інтеграція даних про склад і якість відходів, параметри перероблення та характеристики отриманого рециклату. Це створює передумови для адаптивного керування технологічними режимами та прогнозування якості вторинного матеріалу [48].

Висновки. Встановлено, що якість вторинного полімеру визначається складом і ступенем забруднення відходів, ефективністю їх сортування та очищення, а також параметрами повторної переробки. Показано, що термомеханічна деградація супроводжується розривом або розгалуженням полімерних ланцюгів, зміною молекулярної маси та погіршенням механічних і реологічних властивостей. Систематизовано сучасні підходи до підвищення якості рециклатів, де механічний рециклінг поступово переходить від традиційної схеми «подрібнення → плавлення → гранулювання» до інтегрованої технологічної системи, яка передбачає високоточне сортування, вдосконалене очищення та фільтрацію розплаву, рестабілізацію, компатибілізацію, реакційну екструзію, функціональне модифікування та цифровізацію процесів. Такий підхід дозволяє розглядати вторинний полімер не просто як відходи, а як вторинну сировину із заданими характеристиками, що відповідає принципам циркулярної економіки.

References

1. Plastics Europe (2025). Plastics – the Fast Facts 2025. URL: https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2025/?utm_source=chatgpt.com.

Література

1. Plastics – the Fast Facts 2025. Plastics Europe, 2025. URL: https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2025/?utm_source=chatgpt.com.

2. Lee, J. E., Lee, D., Lee, J., & Park, Y.-K. (2025). Current methods for plastic waste recycling: Challenges and opportunities. *Chemosphere*, 370, 143978. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143978>.
3. Plastics Europe (2024). The Circular Economy for Plastics – A European Analysis 2024. URL: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/the-circular-economy-for-plastics-a-european-analysis-2024/>.
4. Calero, M., Martín-Lara, M. A., Godoy, V., Quesada, L., Martínez, D., Peula, F., & Soto, J. M. (2018). Characterization of plastic materials present in municipal solid waste: preliminary study for their mechanical recycling. *Detritus*, 4, 104–112. DOI: <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2018.13732>.
5. Flizikowski, J., Kruszelnicka, W., & Macko, M. (2021). The Development of Efficient Contaminated Polymer Materials Shredding in Recycling Processes. *Polymers*, 13, 713. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13050713>.
6. Huang, S. J. (1995). Polymer waste management–Biodegradation, incineration, and recycling. *Journal of Macromolecular Science, Pure and Applied Chemistry*, 32, 593–597.
7. Hu, H. L., Chen, Y. A., You, F., Yao, J. L., Yang, H., Jiang, X. L., & Xia, B. Y. (2023). Recycling and Upgrading Utilization of Polymer Plastics. *Chinese Journal of Chemistry*, 41, 469–480.
8. Somers, M. J., Alfaro, J. F., & Lewis, G. M. (2021). Feasibility of superabsorbent polymer recycling and reuse in disposable absorbent hygiene products. *Journal of Cleaner Production*, 313, 127686.
9. Mwanza, B. G. (2021). Introduction to Recycling. In: *Recent Developments in Plastic Recycling* (pp. 1–13). Ed. by J. Parameswaranpillai, S. M. Rangappa, A. G. Rajkumar, S. Siengchin. Cham: Springer.
10. Lee, A., & Liew, M. S. (2021). Tertiary Recycling of Plastics Waste: An Analysis of Feedstock, Chemical and Biological Degradation Methods. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23 (1), 32–43.
11. van den Tempel, P., & Picchioni, F. (2025). Polymer Recycling: A Comprehensive Overview and Future Outlook. *Recycling*, 10, 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/recycling10010001>.
12. Bonardi, A., Cilloni, R., Paganuzzi, V., Grizzuti, N. (2003). Effects of degree of recycling on the rheology and processability of thermoplastic polymers. *Journal of Polymer Engineering*, 23, 79–94.
13. Wang, Z., Fang, E., Chen, L., Fan, Z., & Song, S. (2026). Recent developments in recycling technologies for polymeric plastics. *Polymer*
2. Lee J. E., Lee D., Lee J., Park Y.-K. Current methods for plastic waste recycling: Challenges and opportunities. *Chemosphere*. 2025. Vol. 370. Art. 143978. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143978>.
3. The Circular Economy for Plastics – A European Analysis 2024. Plastics Europe, 2024. URL: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/the-circular-economy-for-plastics-a-european-analysis-2024/>.
4. Calero M., Martín-Lara M. A., Godoy V., Quesada L., Martínez D., Peula F., Soto J. M. Characterization of plastic materials present in municipal solid waste: preliminary study for their mechanical recycling. *Detritus*. 2018. Vol. 4. P. 104–112. DOI: <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2018.13732>.
5. Flizikowski J., Kruszelnicka W., Macko M. The Development of Efficient Contaminated Polymer Materials Shredding in Recycling Processes. *Polymers*. 2021. Vol. 13. Art. 713. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13050713>.
6. Huang S. J. Polymer waste management–Biodegradation, incineration, and recycling. *Journal of Macromolecular Science, Pure and Applied Chemistry*. 1995. Vol. 32. P. 593–597.
7. Hu H. L., Chen Y. A., You F., Yao J. L., Yang H., Jiang X. L., Xia B. Y. Recycling and Upgrading Utilization of Polymer Plastics. *Chinese Journal of Chemistry*. 2023. Vol. 41. P. 469–480.
8. Somers M. J., Alfaro J. F., Lewis G. M. Feasibility of superabsorbent polymer recycling and reuse in disposable absorbent hygiene products. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 313. Art. 127686.
9. Mwanza B. G. Introduction to Recycling. *Recent Developments in Plastic Recycling*. Ed. by J. Parameswaranpillai, S. M. Rangappa, A. G. Rajkumar, S. Siengchin. Cham: Springer, 2021. P. 1–13.
10. Lee A., Liew M. S. Tertiary Recycling of Plastics Waste: An Analysis of Feedstock, Chemical and Biological Degradation Methods. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2021. Vol. 23, No. 1. P. 32–43.
11. van den Tempel P., Picchioni F. Polymer Recycling: A Comprehensive Overview and Future Outlook. *Recycling*. 2025. Vol. 10. Art. 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/recycling10010001>.
12. Bonardi A., Cilloni R., Paganuzzi V., Grizzuti N. Effects of degree of recycling on the rheology and processability of thermoplastic polymers. *Journal of Polymer Engineering*. 2003. Vol. 23. P. 79–94.
13. Wang Z., Fang E., Chen L., Fan Z., Song S. Recent developments in recycling technologies for polymeric plastics. *Polymer Chemistry*. 2026.

- Chemistry, 17 (6), 601–632. DOI: <https://doi.org/10.1039/D5PY01031D>.
14. Singh, V., & Singh, B. (2024). Recent trends of reuse and recycling of plastic polymers and composite materials: a review. *Green Materials*, (2024), 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1680/jgrma.24.00164>.
15. Schyns, Z. O., & Shaver, M. P. (2021). Mechanical Recycling of Packaging Plastics: A Review. *Macromolecular Rapid Communications*, 42 (3), 2000415.
16. Florestan, J., Lachambre, A., Mermilliod, N., Boulou, J., & Marfisi, C. (1994). Recycling of plastics–Automatic identification of polymers by spectroscopic methods. *Resources, Conservation and Recycling*, 10, 67–74.
17. Boborodea, A., O'Donohue, S., & Brookes, A. (2021). A new GPC/TREF/LinELSD instrument to determine the molecular weight distribution and chemical composition: Application to recycled polymers. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 26, 721–734. DOI: <https://doi.org/10.1080/1023666X.2021.1971836>.
18. Achilias, D., Antonakou, E., Koutsokosta, E., & Lappas, A. (2009). Chemical Recycling of Polymers from Waste Electric and Electronic Equipment. *Journal of Applied Polymer Science*, 114, 212–221.
19. Cecon, V. S., Da Silva, P. F., Vorst, K. L., & Curtzwiler, G. W. (2021). The effect of post-consumer recycled polyethylene (PCRPE) on the properties of polyethylene blends of different densities. *Polymer Degradation and Stability*, 190, 109627.
20. Begley, T. H., & Hollifield, H. C. (1995). Food packaging made from recycled polymers–Functional barrier considerations. In: *Plastics, Rubber, and Paper Recycling: A Pragmatic Approach* (pp. 445–457). Ed. by C. P. Rader, S. D. Baldwin, D. D. Cornell, G. D. Sadler, R. F. Stockel. Washington, DC: American Chemical Society.
21. Cecon, V. S., Da Silva, P. F., Curtzwiler, G. W., & Vorst, K. L. (2021). The challenges in recycling post-consumer polyolefins for food contact applications: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 167, 105422.
22. Sadler, G. D. (1995). Recycling of polymers for food use: A current perspective. In: *Plastics, Rubber, and Paper Recycling: A Pragmatic Approach* (pp. 380–388). Ed. by C. P. Rader, S. D. Baldwin, D. D. Cornell, G. D. Sadler, R. F. Stockel. Washington, DC: American Chemical Society.
23. Mager, M., Zeilerbauer, L., Felgel-Farnholz, A. et al. (2026). Advancing mechanical recycling of polypropylene: lessons from sorting, washing, and life cycle assessment. *Waste Management*, 212, 115356. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2026.115356>.
- Vol. 17, No. 6. P. 601–632. DOI: <https://doi.org/10.1039/D5PY01031D>.
14. Singh V., Singh B. Recent trends of reuse and recycling of plastic polymers and composite materials: a review. *Green Materials*. 2024. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1680/jgrma.24.00164>.
15. Schyns Z. O., Shaver M. P. Mechanical Recycling of Packaging Plastics: A Review. *Macromolecular Rapid Communications*. 2021. Vol. 42, No. 3. Art. 2000415.
16. Florestan J., Lachambre A., Mermilliod N., Boulou J., Marfisi C. Recycling of plastics–Automatic identification of polymers by spectroscopic methods. *Resources, Conservation and Recycling*. 1994. Vol. 10. P. 67–74.
17. Boborodea A., O'Donohue S., Brookes A. A new GPC/TREF/LinELSD instrument to determine the molecular weight distribution and chemical composition: Application to recycled polymers. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*. 2021. Vol. 26. P. 721–734. DOI: <https://doi.org/10.1080/1023666X.2021.1971836>.
18. Achilias D., Antonakou E., Koutsokosta E., Lappas A. Chemical Recycling of Polymers from Waste Electric and Electronic Equipment. *Journal of Applied Polymer Science*. 2009. Vol. 114. P. 212–221.
19. Cecon V. S., Da Silva P. F., Vorst K. L., Curtzwiler G. W. The effect of post-consumer recycled polyethylene (PCRPE) on the properties of polyethylene blends of different densities. *Polymer Degradation and Stability*. 2021. Vol. 190. Art. 109627.
20. Begley T. H., Hollifield H. C. Food packaging made from recycled polymers–Functional barrier considerations. *Plastics, Rubber, and Paper Recycling: A Pragmatic Approach*. Ed. by C. P. Rader, S. D. Baldwin, D. D. Cornell, G. D. Sadler, R. F. Stockel. Washington, DC: American Chemical Society, 1995. P. 445–457.
21. Cecon V. S., Da Silva P. F., Curtzwiler G. W., Vorst K. L. The challenges in recycling post-consumer polyolefins for food contact applications: A review. *Resources, Conservation and Recycling*. 2021. Vol. 167. Art. 105422.
22. Sadler G. D. Recycling of polymers for food use: A current perspective. *Plastics, Rubber, and Paper Recycling: A Pragmatic Approach*. Ed. by C. P. Rader, S. D. Baldwin, D. D. Cornell, G. D. Sadler, R. F. Stockel. Washington, DC: American Chemical Society, 1995. P. 380–388.
23. Mager M., Zeilerbauer L., Felgel-Farnholz A. et al. Advancing mechanical recycling of polypropylene: lessons from sorting, washing, and life cycle assessment. *Waste Management*. 2026. Vol. 212. Art. 115356. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2026.115356>.

24. Chappell, B., Pramanik, A., & Basak, A. K. et al. (2022). Processing household plastics for recycling – A review. *Cleaner Materials*, 6, 100158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100158>.
25. Pichat, A. et al. (2023). Mechanical Recycling of Thermoplastics: A Review of Key Issues. *Waste*, 1 (4), 860–883. DOI: <https://doi.org/10.3390/waste1040050>.
26. Soto, J. M., Martín-Lara, M. A., Blázquez, G., Godoy, V., Quesada, L., & Calero, M. (2020). Novel pre-treatment of dirty post-consumer polyethylene film for its mechanical recycling. *Process Safety and Environmental Protection*, 139, 315–324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.04.044>.
27. Süß, M., & Fischer, J. (2023). Microplastic occurrence during the pre-treatment of polypropylene in a simulated washing process for mechanical recycling. *Monatshefte für Chemie – Chemical Monthly*, (2023). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00706-023-03135-7>.
28. Tonini, D., Albizzati, P. F., Caro, D., De Meester, S., Garbarino, E., & Blengini, G. A. (2022). Quality of recycling: Urgent and undefined. *Waste Management*, 146, 11–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.04.037>.
29. Strangl, M., Lok, B., Breunig, P., Ortner, E., & Buettner, A. (2021). The challenge of deodorizing post-consumer polypropylene packaging: Screening of the effect of washing, color-sorting and heat exposure. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105143>.
30. Bichler, L. P., Pinter, E., Jones, M. P., Koch, T., Krempel, N., & Archodoulaki, V.-M. (2024). Impacts of washing and deodorization treatment on packaging-sourced post-consumer polypropylene. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 26 (6), 3824–3837. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-024-02085-4>.
31. Boz Noyan, E. C., & Boldizar, A. (2024). A comparison between laboratory-scale and large-scale high-intensity washing of flexible polyethylene packaging waste. *Polymer Engineering & Science*, 64 (4), 1877–1886. DOI: <https://doi.org/10.1002/pen.26674>.
32. Langwieser, J., Czaker, S., & Fischer, J. (2025). Investigation of Pretreatment and Melt Filtration in Mechanical Recycling of Polyethylene Film Waste Streams. *Journal of Applied Polymer Science*, (2025), e57463. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.57463>.
33. Luijsterburg, B. J. (2015). Mechanical recycling of plastic packaging waste: Doctoral dissertation, Technische Universiteit Eindhoven. DOI: <https://doi.org/10.6100/IR783771>.
24. Chappell B., Pramanik A., Basak A. K. et al. Processing household plastics for recycling – A review. *Cleaner Materials*. 2022. Vol. 6. Art. 100158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100158>.
25. Pichat A. et al. Mechanical Recycling of Thermoplastics: A Review of Key Issues. *Waste*. 2023. Vol. 1, No. 4. P. 860–883. DOI: <https://doi.org/10.3390/waste1040050>.
26. Soto J. M., Martín-Lara M. A., Blázquez G., Godoy V., Quesada L., Calero M. Novel pre-treatment of dirty post-consumer polyethylene film for its mechanical recycling. *Process Safety and Environmental Protection*. 2020. Vol. 139. P. 315–324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.04.044>.
27. Süß M., Fischer J. Microplastic occurrence during the pre-treatment of polypropylene in a simulated washing process for mechanical recycling. *Monatshefte für Chemie – Chemical Monthly*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00706-023-03135-7>.
28. Tonini D., Albizzati P. F., Caro D., De Meester S., Garbarino E., Blengini G. A. Quality of recycling: Urgent and undefined. *Waste Management*. 2022. Vol. 146. P. 11–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.04.037>.
29. Strangl M., Lok B., Breunig P., Ortner E., Buettner A. The challenge of deodorizing post-consumer polypropylene packaging: Screening of the effect of washing, color-sorting and heat exposure. *Resources, Conservation and Recycling*. 2021. Vol. 164. Art. 105143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105143>.
30. Bichler L. P., Pinter E., Jones M. P., Koch T., Krempel N., Archodoulaki V.-M. Impacts of washing and deodorization treatment on packaging-sourced post-consumer polypropylene. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2024. Vol. 26, No. 6. P. 3824–3837. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-024-02085-4>.
31. Boz Noyan E. C., Boldizar A. A comparison between laboratory-scale and large-scale high-intensity washing of flexible polyethylene packaging waste. *Polymer Engineering & Science*. 2024. Vol. 64, No. 4. P. 1877–1886. DOI: <https://doi.org/10.1002/pen.26674>.
32. Langwieser J., Czaker S., Fischer J. Investigation of Pretreatment and Melt Filtration in Mechanical Recycling of Polyethylene Film Waste Streams. *Journal of Applied Polymer Science*. 2025. Art. e57463. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.57463>.
33. Luijsterburg B. J. Mechanical recycling of plastic packaging waste: PhD thesis. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2015. DOI: <https://doi.org/10.6100/IR783771>.

34. Van Camp, N., Lase, I. S., De Meester, S., Hoozée, S., & Ragaert, K. (2024). Exposing the pitfalls of plastics mechanical recycling through cost calculation. *Waste Management*, 189, 300–313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.08.017>.
35. Civancik-Uslu, D., Nhu, T. T., Van Gorp, B., Kresovic, U., Larrain, M., Billen, P., Ragaert, K., De Meester, S., Dewulf, J., & Huysveld, S. (2021). Moving from linear to circular household plastic packaging in Belgium: Prospective life cycle assessment of mechanical and thermochemical recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 171, 105633.
36. Kozderka, M., Rose, B., Kočí, V., Caillaud, E., & Bahlouli, N. (2016). High impact polypropylene (HIPP) recycling – Mechanical resistance and Lifecycle Assessment (LCA) case study with improved efficiency by preliminary sensitivity analysis. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1004–1017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.217>.
37. Ravve, A. (2000). Principles of Polymer Chemistry. Kluwer Academic/Plenum Publishers.
38. La Mantia, F. P. (1996). Recycling of PVC and Mixed Plastic Waste. ChemTec Publishing.
39. Beyler, C. L., & Hirschler, M. M. (2002). Thermal decomposition of polymers. In *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (2nd ed., pp. 110–131).
40. González-González, V. A., Neira-Velázquez, G., & Angulo-Sánchez, J. L. (1998). Polypropylene chain scissions and molecular weight changes in multiple extrusion. *Polymer Degradation and Stability*, 60, 33–42.
41. Pinheiro, L. A., Chinelatto, M. A., & Canevarolo, S. V. (2004). The role of chain scission and chain branching in high density polyethylene during thermo-mechanical degradation. *Polymer Degradation and Stability*, 86, 445–453.
42. La Mantia, F. P., & Vinci, M. (1994). Recycling poly(ethylene terephthalate). *Polymer Degradation and Stability*, 45, 121–125.
43. Ulutan, S. (2003). Influence of additional thermal stabilizers on the reprocessing of postconsumer poly(vinyl chloride) bottles. *Journal of Applied Polymer Science*, 90, 3994–3999.
44. Murphy, J. (2001). Other types of additive: Additives for recycling. In *Additives for Plastics Handbook* (2nd ed., pp. 237–244). Elsevier Science.
45. Pfaendner, R. (2022). Restabilization – 30 years of research for quality improvement of recycled plastics review. *Polymer Degradation and Stability*, 203, 110082. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2022.110082>.
46. Ragaert, K., Delva, L., & Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*, 69, 24–58.
34. Van Camp N., Lase I. S., De Meester S., Hoozée S., Ragaert K. Exposing the pitfalls of plastics mechanical recycling through cost calculation. *Waste Management*. 2024. Vol. 189. P. 300–313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.08.017>.
35. Civancik-Uslu D., Nhu T. T., Van Gorp B., Kresovic U., Larrain M., Billen P., Ragaert K., De Meester S., Dewulf J., Huysveld S. Moving from linear to circular household plastic packaging in Belgium: Prospective life cycle assessment of mechanical and thermochemical recycling. *Resources, Conservation and Recycling*. 2021. Vol. 171. Art. 105633.
36. Kozderka M., Rose B., Kočí V., Caillaud E., Bahlouli N. High impact polypropylene (HIPP) recycling – Mechanical resistance and Lifecycle Assessment (LCA) case study with improved efficiency by preliminary sensitivity analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 137. P. 1004–1017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.217>.
37. Ravve A. Principles of Polymer Chemistry. Boston: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2000.
38. La Mantia F. P. Recycling of PVC and Mixed Plastic Waste. Toronto : ChemTec Publishing, 1996.
39. Beyler C. L., Hirschler M. M. Thermal decomposition of polymers. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 2nd ed. 2002. P. 110–131.
40. González-González V. A., Neira-Velázquez G., Angulo-Sánchez J. L. Polypropylene chain scissions and molecular weight changes in multiple extrusion. *Polymer Degradation and Stability*. 1998. Vol. 60. P. 33–42.
41. Pinheiro L. A., Chinelatto M. A., Canevarolo S. V. The role of chain scission and chain branching in high density polyethylene during thermo-mechanical degradation. *Polymer Degradation and Stability*. 2004. Vol. 86. P. 445–453.
42. La Mantia F. P., Vinci M. Recycling poly(ethylene terephthalate). *Polymer Degradation and Stability*. 1994. Vol. 45. P. 121–125.
43. Ulutan S. Influence of additional thermal stabilizers on the reprocessing of postconsumer poly(vinyl chloride) bottles. *Journal of Applied Polymer Science*. 2003. Vol. 90. P. 3994–3999.
44. Murphy J. Other Types of Additive: Additives for Recycling. *Additives for Plastics Handbook*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. P. 237–244.
45. Pfaendner R. Restabilization – 30 years of research for quality improvement of recycled plastics review. *Polymer Degradation and Stability*. 2022. Vol. 203. Art. 110082. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2022.110082>.
46. Ragaert K., Delva L., Van Geem K. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*. 2017. Vol. 69. P. 24–58.

47. Logan, H., Astrup, T. F., & Damgaard, A. (2024). Additive inclusion in plastic life cycle assessments part I: Review of mechanical recycling studies. *Journal of Industrial Ecology*, (2024). DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.13542>.
48. Muzata, T. S., Matuana, L. M., & Rabnawaz, M. (2024). Challenges in the mechanical recycling and upcycling of mixed postconsumer recovered plastics (PCR): A review. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 8, 100407. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100407>.
47. Logan H., Astrup T. F., Damgaard A. Additive inclusion in plastic life cycle assessments part I: Review of mechanical recycling studies. *Journal of Industrial Ecology*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.13542>.
48. Muzata T. S., Matuana L. M., Rabnawaz M. Challenges in the mechanical recycling and upcycling of mixed postconsumer recovered plastics (PCR): A review. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*. 2024. Vol. 8. Art. 100407. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100407>.

LOZOVYI OLEH

PhD Student, Department of Chemical Technologies
and Resource Saving,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine,
<https://orcid.org/0009-0001-2228-9058>
E-mail: o.lozovoy@biosphere-corp.com

PLAVAN VIKTORIIA

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of Department of Chemical
Technologies and Resource Saving,
Kyiv National University of Technologies
and Design, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9559-8962>
Scopus Author ID: 6603130130
ResearcherID: I-5852-2015
E-mail: plavan.vp@knuud.edu.ua

Oleh LOZOVYI, Viktoriia PLAVAN

Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**CURRENT TRENDS AND INNOVATIVE APPROACHES IN POLYMER WASTE
RECYCLING TECHNOLOGIES**

Purpose. To systematize current approaches to the mechanical recycling of polymer waste, identify the main factors affecting the quality of secondary raw materials, and summarize technological solutions aimed at preserving and restoring their functional properties.

Methodology. An analytical review of scientific publications on the identification, sorting, cleaning, separation, mechanical processing, and stabilization of polymer waste was conducted. Current understanding of the mechanisms of thermomechanical degradation and methods for controlling the molecular weight, rheological, mechanical, and thermal characteristics of recycled polymers was summarized.

Findings. It was established that the quality of recycled polymers is determined by the composition and degree of contamination of the waste, the efficiency of sorting and cleaning, as well as the parameters of reprocessing. Thermomechanical degradation may involve polymer chain scission or branching, changes in molecular weight, and deterioration of mechanical and rheological properties. Current approaches to improving the quality of recycled polymers were systematized, including high-precision sorting, advanced cleaning and melt filtration, restabilization, compatibilization, reactive extrusion, functional modification, and process digitalization.

Originality. A systematic view of mechanical recycling as a set of interconnected technological operations that sequentially determine the quality of secondary polymer raw materials was developed. Approaches to controlling degradation processes and restoring the properties of recycled polymers were summarized, and an integrated sequence of their preparation and processing was proposed: identification, sorting, cleaning, stabilization, modification, extrusion, filtration, and quality control.

Practical value. The results can be used to select and optimize mechanical recycling technologies for polyolefins and other polymers, improve cleaning and stabilization processes, control the quality of secondary raw materials, and expand their potential for further applications. The proposed systematic approach contributes to reducing material and resource losses and improving the efficiency of secondary polymer utilization in accordance with the principles of the circular economy.

Keywords: polymer waste; mechanical recycling; polyethylene; thermomechanical degradation.