УДК 664 DOI https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.1.43

А. В. ЄВТУШЕНКО
аспірант
Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0002-7103-9186

Г. А. БОЙКО
кандидат технічних наук,
доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації
Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0001-8773-5525

СУЧАСНИЙ СТАН ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ЛУБ'ЯНИХ КУЛЬТУР

Первинна переробка луб'яних культур є важливим елементом агропромислового комплексу, оскільки забезпечує виробництво високоякісної сировини для текстильного, паперового, будівельного та інших секторів промисловості. Враховуючи екологічні виклики сучасності, луб'яні культури набувають особливої актуальності завдяки своїй біорозкладності та відновлюваності. Розвиток інноваційних методів первинної переробки сприяє раціональному використанню сільськогосподарських ресурсів, підвищенню продуктивності аграрного сектору та забезпеченню конкурентоспроможності продукції на міжнародному ринку.

Серед сучасних технологій переробки луб'яних культур виділяються механіко-біологічні, ультразвукові, ферментативні, паро термічні та електроімпульсні методи. Кожен із них має свої переваги та недоліки. Зокрема, механіко-біологічні методи дозволяють отримати якісні волокна при мінімальному використанні хімічних реагентів, проте характеризуються значною тривалістю процесу та високими витратами на обладнання. Ультразвукова обробка прискорює вилучення волокон, зменшує ламкість та мінімізує залишкові компоненти, однак вимагає дорогого обладнання та ретельного контролю параметрів. Ферментативна переробка є екологічно безпечною та енергоефективною, але потребує значних фінансових вкладень у ферменти та спеціалізоване обладнання. Паро термічний метод забезпечує високу якість волокон без використання хімікатів, проте має високі вимоги до температурного контролю та значні енергетичні витрати на етапі підігріву. Електроімпульсна обробка дозволяє підвищити ефективність вилучення волокон та знизити енергетичні витрати, однак технологія потребує подальших досліджень для широкомасштабного впровадження.

Проведений аналіз засвідчив, що усунення недоліків існуючих методів можливе шляхом вдосконалення технологічних процесів, автоматизації та впровадження сучасного обладнання. Оптимізація параметрів ультразвукової та ферментативної обробки, модернізація механіко-біологічних та паро термічних методів, а також розвиток електроімпульсних технологій сприятимуть підвищенню ефективності первинної переробки луб'яних культур. Це, у свою чергу, сприятиме розширенню сфер застосування відновлюваної сировини, зменшенню екологічного навантаження та розвитку «зеленої» економіки.

Ключові слова: *первинна переробка, луб'яні культури, методи, інновації.*

A. V. YEVTUSHENKO
Postgraduate Student
Kherson National Technical University
ORCID: 0000-0002-7103-9186

H. A. BOIKO
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Commodity Studies, Standardization and Certification
Kherson National Technical University
ORCID: 0000-0001-8773-5525

CURRENT STATUS OF PRIMARY PROCESSING OF BAS CROPS

The primary processing of bast crops is a crucial element of the agro-industrial complex, as it ensures the production of high-quality raw materials for the textile, paper, construction, and other industrial sectors. Given the modern environmental challenges, bast crops are gaining particular relevance due to their biodegradability and renewability. The development of innovative primary processing methods contributes to the rational use of agricultural resources, increased productivity in the agricultural sector, and enhanced competitiveness of products in the international market.

Among modern bast crop processing technologies, mechanical-biological, ultrasonic, enzymatic, steam-thermal, and electro-pulse methods stand out. Each of them has its advantages and disadvantages. In particular, mechanical-

biological methods allow for obtaining high-quality fibers with minimal use of chemical reagents; however, they are characterized by long processing times and high equipment costs. Ultrasonic treatment accelerates fiber extraction, reduces brittleness, and minimizes residual components, but it requires expensive equipment and precise parameter control. Enzymatic processing is environmentally safe and energy-efficient but requires significant financial investment in enzymes and specialized equipment. The steam-thermal method ensures high fiber quality without chemicals; however, it has strict temperature control requirements and high energy consumption during the heating stage. Electro-pulse processing improves fiber extraction efficiency and reduces energy consumption, yet the technology requires further research for large-scale implementation.

The conducted analysis has demonstrated that the disadvantages of existing methods can be addressed by improving technological processes, automation, and the introduction of modern equipment. Optimizing the parameters of ultrasonic and enzymatic treatments, modernizing mechanical-biological and steam-thermal methods, and advancing electro-pulse technologies will enhance the efficiency of bast crop primary processing. This, in turn, will contribute to the expansion of renewable raw material applications, reduction of environmental impact, and the development of the «green» economy.

Key words: *primary processing, bast crops, methods, innovations.*

Постановка проблеми

У сучасних умовах галузь первинної переробки луб'яних культур в Україні демонструє позитивну динаміку розвитку, особливо в секторі промислових конопель. В Україні повноцінно функціонують чотири заводи з первинної переробки конопель, п'ятий – на стадії запуску [1]. Однак, галузь стикається з низкою викликів, що впливають на ефективність виробництва, якість сировини та конкурентоспроможність галузі. Основні проблеми включають: застарілі методи обробки – у багатьох підприємствах використовуються механічні технології, що потребують значних енерговитрат і не забезпечують достатньо високу якість волокна. Недостатнє впровадження інновацій – перспективні методи, такі як електроімпульсна, ультразвукова, ферментативна та паротермічна обробка, не набули широкого поширення через високу вартість обладнання та недостатню кількість досліджень. Високий рівень втрат сировини – неефективні технології переробки призводять до значних відходів, що знижує рентабельність виробництва.

Тому, дослідження сучасних технологій, їх переваг та недоліків та обґрунтування вибору методів первинної переробки є актуальним у сучасних умовах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останні дослідження в галузі первинної переробки луб'яних культур в Україні зосереджені на впровадженні інноваційних технологій, удосконаленні механізації процесів та розробці нових сортів для підвищення ефективності виробництва. Зокрема, досліджуються методи, які дозволяють зменшити енергоспоживання та підвищити якість отримуваних волокон та базуються на механічних впливах, аналізуються сучасні механізми та обладнання, що забезпечують ефективну первинну обробку сировини [2, 3]. Використання ультразвукових кавітаційних апаратів застосовується для екологічно чистого вилучення пектину та обробці вже готового волокна [4, 5]. Дослідження, представлені у науковій праці [6] присвячені різним методам обробки луб'яних культур, включаючи ферментативні та паро термічні підходи, з метою покращення фізико-механічних властивостей волокон. Однак, деякі ферментативні процеси складно адаптувати для великого виробництва через необхідність підтримки специфічних умов.

Формулювання мети дослідження

Визначення основних переваг і недоліків кожної із сучасних технологій первинної переробки луб'яних культур у контексті їх застосування в сучасних умовах сільського господарства та промисловості.

Викладення основного матеріалу дослідження

Первинна переробка луб'яних культур є важливим елементом агропромислового комплексу, оскільки вона забезпечує виробництво сировини високої якості для таких галузей, як текстильна, паперова, будівельна та інших. В умовах сучасних екологічних проблем луб'яні культури стають все більш актуальними завдяки своїй екологічності, здатності до біологічного розкладання та відновлюваності. Розвиток процесів первинної переробки сприяє ефективному використанню сільськогосподарських ресурсів, покращенню продуктивності аграрного виробництва. Впровадження інноваційних технологій в первинну переробку дозволяє отримувати волокна високої якості, зменшувати кількість відходів та енергетичних витрат, що є важливими факторами для забезпечення конкурентоспроможності на міжнародному ринку. Крім того, розвиток цієї галузі сприяє збільшенню робочих місць у сільських районах, розвитку «зеленої» економіки та зменшенню залежності від імпортної продукції.

Інноваційні методи механіко-біологічної переробки забезпечують екологічність процесу, скорочуючи використання хімічних речовин. Використання ультразвукових, ферментативних та паро термічних обробок дозволяє отримати більш міцні та довговічні волокна, знижуючи їх ламкість. Крім того, сучасні технології дозволяють комплексно використовувати сировину, отримуючи не лише волокна, а й вторинні продукти (целюлозу, біопаливо). Інновації у первинній переробці луб'яних культур сприяють зниженню собівартості, підвищенню конкурентоспроможності продукції та розвитку сталого виробництва.

Розглянемо переваги та недоліки існуючих методів первинної переробки луб'яних культур (таблиця 1).

Таблиця 1

Переваги та недоліки сучасних методів первинної переробки луб'яних культур

Переваги	Недоліки
1	2
Механіко-біологічні методи	
Екологічність – мінімальне використання хімічних реагентів, що знижує негативний вплив на довкілля. Збереження якості волокна – механічна обробка у поєднанні з біологічними методами дозволяє отримати довгі, міцні та еластичні волокна. Раціональне використання сировини – технології забезпечують комплексну переробку, дозволяючи отримувати не лише волокна, а й супутні продукти (олію, целюлозу, кормові добавки). Енергоефективність – сучасні механічні установки споживають менше енергії порівняно із традиційними методами. Стійкість до механічних пошкоджень – біологічні процеси пом'якшують луб'яні волокна, зменшуючи їх ламкість при подальшій обробці	Тривалість процесу – біологічні методи займають більше часу у порівнянні з хімічною переробкою. Складність контролю – необхідність точного дотримання температурного та вологісного режимів. Витрати на обладнання – високотехнологічне механічне обладнання є дорогими у придбанні та обслуговуванні. Обмежена продуктивність – механіко-біологічні методи можуть поступатися за обсягами переробки хімічним та комбінованим технологіям. Ризики інфікування сировини – при недотриманні санітарних норм можливе розмноження небажаних мікроорганізмів під час біопереробки
Ультразвукові методи	
Висока якість волокон – ультразвук дбайливо розщеплює пектинові сполуки, зберігаючи довжину та міцність волокон. Екологічність – відсутність або мінімальне використання хімічних реагентів робить метод безпечним для довкілля. Швидкість обробки – ультразвукова обробка значно скорочує час, необхідний для виділення волокон. Енергоефективність – зменшення споживання енергії у порівнянні із традиційними методами. Зниження відходів – ультразвук сприяє більш повному вилученню волокон і мінімізації залишкових компонентів	Висока вартість обладнання – ультразвукові установки є дорогими, що ускладнює їх широке впровадження, особливо для малих і середніх підприємств. Обмежені обсяги переробки – сучасні ультразвукові системи здебільшого орієнтовані на малі та середні партії сировини, що може бути недостатнім для масового виробництва. Великі енергозатрати при масштабуванні – хоча метод є енергоефективним на малих обсягах, при збільшенні масштабів виробництва енергоспоживання суттєво зростає. Складність технологічного процесу – потрібен ретельний контроль параметрів ультразвукового впливу (частоти, потужності, часу обробки), що вимагає високої кваліфікації персоналу. Знос деталей обладнання – тривала робота ультразвукових генераторів у жорстких умовах може призводити до швидкого зносу робочих деталей і необхідності частого технічного обслуговування. Обмежена ефективність для деяких культур – ультразвукові методи можуть виявитися менш ефективними для луб'яних культур із високим вмістом лігніну та пектину, що потребують додаткової обробки
Ферментативна переробка луб'яних культур	
Екологічність – безпечність для довкілля, оскільки не використовують агресивні хімічні речовини. Висока якість волокон – ферменти м'яко розщеплюють пектинові речовини, зберігаючи довжину, міцність і еластичність луб'яних волокон. Енергоефективність – процеси відбуваються за відносно низьких температур, що знижує енерговитрати. Біорозкладність відходів – побічні продукти ферментативної переробки легко утилізуються та можуть використовуватися як добрива або кормові добавки. Мінімальне зношування обладнання – м'який характер ферментативної дії знижує механічне навантаження на обладнання, подовжуючи термін його служби. Універсальність – ферменти можуть застосовуватися для переробки різних видів луб'яних культур, включно з льоном, коноплями та кенафом	Висока вартість ферментів – біокаталізатори є дорогими, що підвищує собівартість кінцевої продукції. Тривалість процесу – ферментативна обробка потребує більше часу в порівнянні з механічними чи хімічними методами. Складність контролю – ферментативні реакції чутливі до змін температури, pH та інших параметрів, що ускладнює їх регулювання. Обмежені обсяги виробництва –застосовуються переважно для невеликих і середніх обсягів сировини. Ризик контамінації – при недотриманні санітарних норм можливе зараження сировини небажаними мікроорганізмами. Потреба у спеціалістах – для управління ферментативними процесами потрібні висококваліфіковані кадри
Паро термічна переробка луб'яних культур	
Екологічність – відсутність хімічних реагентів робить цей метод екологічно чистим та безпечним для навколишнього середовища. Збереження якості волокон – парова обробка не пошкоджує структуру волокон, зберігаючи їх міцність та еластичність. Висока ефективність – процес дозволяє швидко і ефективно відокремити луб'яні волокна від стебел. Зниження енергозатрат – порівняно з іншими методами обробки (наприклад, хімічними або механічними) паро термічна обробка є енергоефективнішою. Підвищення якості кінцевої продукції – волокна, отримані після паро термічної обробки, мають високу якість, що робить їх придатними для виробництва текстильних матеріалів, паперу та інших виробів	Високі вимоги до обладнання – процес потребує спеціалізованого обладнання, здатного створювати високий тиск і температуру для ефективної обробки. Складність контролю процесу – необхідний точний контроль за температурою, тиском і часом впливу пари, оскільки порушення цих параметрів може вплинути на якість обробки. Великі енергозатрати на етапі підігріву – для нагрівання води до необхідної температури та створення пари може бути потрібно значне споживання енергії. Можливість зменшення продуктивності – при масштабуванні процесу можуть виникати труднощі з підтриманням постійної якості обробки на великих обсягах сировини. Обмеження щодо сировини – паро термічна переробка може бути менш ефективною для певних видів луб'яних культур або в разі їх недостатньої підготовленості до обробки

Закінчення Таблиці 1

1	2
Електроімпульсна обробка луб'яних культур	
Підвищення ефективності вилучення волокон – руйнування міжклітинних зв'язків сприяє кращому відокремленню волокнистої частини. Зменшення енергетичних витрат – у порівнянні з механічними методами обробки, цей процес вимагає менше енергії та зусиль. Екологічність – відсутність хімічних реагентів знижує негативний вплив на навколишнє середовище. Поліпшення якості волокон – отримані волокна мають кращі фізико-механічні властивості, що підвищує їх цінність для текстильної та інших галузей	Висока вартість обладнання – технологія потребує спеціальних генераторів імпульсів. Складність контролю параметрів – необхідний ретельний підбір напруги та частоти імпульсів для різних типів сировини. Необхідність додаткових досліджень – метод ще не набув масового поширення, що вимагає подальшої оптимізації технології

Проведений аналіз свідчить про наявність переваг та недоліків кожного із сучасних методів первинної переробки луб'яних культур.

Усунення недоліків механіко-біологічного методу переробки луб'яних культур можливе шляхом удосконалення технологічних процесів та впровадження інноваційних рішень. Зокрема, за рахунок використання сучасного обладнання із регульованими параметрами та автоматизації процесів за рахунок використання датчиків та систем контролю. Біологічний етап цього процесу можна покращити підбором екологічних препаратів для прискореного розкладання пектинових речовин та скорочення тривалості ферментації.

Ефективність первинної переробки луб'яних культур ультразвуком можна значно підвищити шляхом оптимізації параметрів ультразвукової обробки, вдосконалення технології та інтеграції ультразвукових технологій з іншими методами переробки.

Ферментативна переробка луб'яних культур має великий потенціал завдяки своїй екологічності та високій якості отриманих волокон, проте вимагає подальших досліджень та удосконалення для масштабного промислового застосування.

Паро термічна переробка луб'яних культур є технологією із великою кількістю переваг, зокрема в плані екологічності та якості продукції, але вона також потребує спеціалізованого обладнання та контролю за процесами.

Електроімпульсна обробка може стати ефективною альтернативою традиційним методам первинної переробки луб'яних культур, особливо в умовах зростаючих вимог до екологічності та енергоефективності виробництва. Оптимізація параметрів електроімпульсного впливу, зменшення енерговитрат, покращення рівномірності обробки сировини дозволить зробити електроімпульсну переробку луб'яних культур більш ефективною, енергоощадною та екологічно безпечною. Це сприятиме збільшенню виходу високоякісного волокна, скороченню виробничих витрат та підвищенню конкурентоспроможності галузі.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує значущість первинної переробки луб'яних культур для формування якісної сировинної бази в різних сферах промисловості. В умовах загострення екологічних викликів застосування інноваційних технологій є ключовим фактором підвищення ефективності виробництва, мінімізації негативного впливу на природу та покращення економічних показників.

Вибір найбільш ефективного методу первинної переробки луб'яних культур залежить від різних факторів, таких як вид луб'яної культури, обсяг виробництва, екологічні вимоги та економічні можливості.

Список використаної літератури

1. На Житомирщині будують завод з переробки технічних конопель | Think brave. Think brave | Останні новини бізнесу України. URL: https://biz.ligazakon.net/news/233452_na-zhitomirshchin-buduyut-zavod-z-pererobki-tekhnchnikh-konopel (дата звернення: 01.02.2025).

2. Березовський Ю., Кузьміна Т. Аналіз інноваційної переробки сировини луб'яних культур. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2022. № 30. С. 29–36.

3. Berezovsky Y.V. Technical Solution for Scutching Bast Raw Material. Nauka ta innovacii. 2018. Vol. 14, no. 1. P. 26–39. URL: https://doi.org/10.15407/scin14.01.026 (date of access: 10.02.2025).

4. Луговський О.Ф., Берник І.М. Ультразвукові кавітаційні апарати для реалізації екологічно безпечної технології вилучення пектину з вторинної рослинної сировини // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування. 2010. № 58. С. 82–86.

5. Дорофєєв В.В., Разумєєв К.Е., Захаров В.Н., Бубнов Г.Г., Семенов А.В. Порівняльна оцінка прядильної здатності котонізованого волокна технічних конопель після ударно-хвильового впливу // Швейна промисловість. 2013. № 4. С. 41–42.

6. Ягелюк С.В., Дідух В.Ф. Формування якості льняної продукції : монографія. Луцьк. 2021. 140 с.

References

1. Think brave. (2025, February 1). *На Житомирщині будують завод з переробки технічних конопель* [A plant for processing technical hemp is being built in Zhytomyr region]. Think brave. Think brave | Останні новини бізнесу України. Retrieved from https://biz.ligazakon.net/news/233452_na-zhitomirshchin-buduyut-zavod-z-pererobki-tekhnchnikh-konopel

2. Berezovskyi, Y., & Kuzmina, T. (2022). Analysis of innovative processing of bast crop raw materials. *Bulletin of Lviv University of Trade and Economics. Technical Sciences*, (30), 29–36.

3. Berezovsky, Y.V. (2018). Technical solution for scutching bast raw material. *Nauka ta innovacii, 14*(1), 26–39. https://doi.org/10.15407/scin14.01.026

4. Luhovskyi, O.F., & Bernyk, I.M. (2010). Ultrasonic cavitation devices for implementing an environmentally safe technology of pectin extraction from secondary plant raw materials. *Bulletin of NTUU "KPI". Mechanical Engineering*, (58), 82–86.

5. Dorofeev, V.V., Razumeev, K.E., Zakharov, V.N., Bubnov, G.G., & Semenov, A.V. (2013). Comparative assessment of the spinning ability of cottonized fiber of technical hemp after impact-wave treatment. *Sewing Industry*, (4), 41–42.

6. Yahilyuk, S.V., & Didukh, V.F. (2021). *Formation of linen product quality: Monograph*. Lutsk.