

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет хімічних та біофармацевтичних технологій
Кафедра біотехнології, шкіри та хутра

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Біотехнологічні аспекти отримання біопалива з агробіомаси»

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 162 Біотехнології та біоінженерія

Освітня програма Біотехнологія високомолекулярних сполук

Виконав: студент групи МгБТ-22

Стахурський М.С.

Науковий керівник: к.б.н. Грецький І.О.

Рецензент: к.т.н., доц. Волошина І.М.

Київ 2023

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет	<u>хімічних та біофармацевтичних технологій</u>
Кафедра	<u>біотехнології, шкіри та хутра</u>
Рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський)</u>
Спеціальність	<u>162 Біотехнології та біоінженерія</u>
Освітня програма	<u>Біотехнологія високомолекулярних сполук</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БШХ

_____ Олена МОКРОУСОВА

« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Стахурському Максиму Сергійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: **Біотехнологічні аспекти отримання біопалива з агробіомаси**
Науковий керівник роботи Грецький Ігор Олександрович, к.б.н.
затверджені наказом КНУТД від «12» вересня 2023 року №210-уч.
2. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: завдання на кваліфікаційну роботу; наукова література щодо отримання біопалива з агробіомаси, технологічні схеми промислового отримання біопалива з агробіомаси; матеріали науково-дослідної та переддипломної практик.
3. Зміст кваліфікаційної роботи: вступ, огляд літератури, технологічна частина, контроль якості, висновки, список використаних джерел, додатки.
4. Дата видачі завдання 12.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапу кваліфікаційної роботи	Орієнтовний терміни виконання	Примітка про виконання
1	Вступ		
2	Розділ 1 Огляд літератури		
3	Розділ 2 Технологічна частина		
4	Розділ 3 Контроль якості		
5	Висновки		
6	Оформлення кваліфікаційної роботи (чистовий варіант)		
7	Подача кваліфікаційної роботи науковому керівнику для відгуку (за 14 днів до захисту)		
8	Подача кваліфікаційної роботи для рецензування (за 12 днів до захисту)		
9	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)		
10	Подання кваліфікаційної роботи на підпис завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)		

З завданням ознайомлений:

Студент _____ Максим СТАХУРСЬКИЙ

Науковий керівник роботи _____ Ігор ГРЕЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Стахурський М.С. Біотехнологічні аспекти отримання біопалива з агробіомаси – Рукопис.

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 162 – Біотехнологія та біоінженерія. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2023 рік.

Кваліфікаційну роботу присвячено дослідженню промислового отримання біопалива з агробіомаси. Розглянута динаміка виробництва основних сільськогосподарських культур в Україні та проведений аналіз виробництва біопалива. Надана оцінка перспектив використання агробіомаси для отримання біопалива в промислових масштабах.

Проведено огляд технології виробництва біопалива та визначені основні напрямки для вдосконалення ефективності та конкурентоспроможності виробництва біопалива.

Ключові слова: агробіомаса, біопаливо, біодізель, біоетанол, конверсія.

ANNOTATION

Stakhurskyi M.S. Biotechnological aspects of biofuel production from agrobiomass - Manuscript.

Master's thesis in specialty 162 - Biotechnology and Bioengineering. - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2023.

The master's thesis is devoted to the study of industrial production of biofuel from agrobiomass. The dynamics of the production of the main agricultural crops in Ukraine were considered and the analysis of biofuel production was carried out. An assessment of the prospects for the use of agrobiomass for the production of biofuel on an industrial scale is provided.

An overview of biofuel production technology was conducted and the main directions for improving the efficiency and competitiveness of biofuel production were identified.

Key words: agrobiomass, biofuel, biodiesel, bioethanol, conversion.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1_ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	11
1. Загальний опис біопалива	11
2. Характеристика біомаси агровідходів	18
3. Стратегії відновлення енергії з біомаси сільськогосподарських відходів	21
3.1. Попередня обробка біомаси.....	22
3.2. Ферментація.....	23
3.3. Анаеробне зброджування.....	26
3.4. Первапорація	30
3.5.Дистиляція	30
4. Аналіз впливу виробництва біоенергії.....	31
Висновки до розділу 1:	31
РОЗДІЛ 2_ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	33
2.1. Динаміка виробництва основних сільськогосподарських культур в Україні	33
2.2 Місце агробіомаси в енергетичному потенціалі біомаси України	34
2.3 Технології виробництва біопалива.....	37
РОЗДІЛ 3_ОЦІНКА ЯКОСТІ БІОПАЛИВА	42
3.1 Забезпечення якості біопалива	42
3.2. Технологічні бар'єри	43
3.2. Організаційні бар'єри	47
Висновки до розділу3:	54
ВИСНОВКИ.....	56

ВСТУП

Актуальність даної роботи полягає в розв'язанні завдання отримання біопалива з агробіомаси, яке вирішує проблеми сталих джерел енергії, зменшує викиди CO₂ та сприяє сталому розвитку. Технологічні та соціальні виклики ставлять завдання перед науковцями та інженерами, щоб розвивати і впроваджувати нові методи та технології для підтримки цього важливого напрямку у виробництві енергії. Біопаливо з агробіомаси стає все більш актуальним в контексті пошуку сталих та відновлюваних джерел енергії. Зростаючі побоювання щодо змін клімату, енергетична безпека та обмеженість традиційних джерел палива роблять виробництво біопалива з агробіомаси перспективним завданням.

До основних переваг отримання біопалива з агробіомаси можна віднести:

- **Відновлюваність:** Агробіомаса є відновлюваною ресурсом, яка може бути вирощена щорічно, відмінною від необоротних вуглеводнів.
- **Викиди CO₂:** Виробництво та споживання біопалива може знизити загальні викиди CO₂, оскільки рослини, використовувані для вирощування біомаси, поглинають цей газ під час фотосинтезу.
- **Мінімізація конфліктів з продовольчим виробництвом:** Створення енергетичних культур, які не конкурують з продуктами харчування, дозволяє уникнути конфліктів у використанні оброблюваних площ.
- **Розвиток сільських громад:** Вирощування енергетичних рослин може сприяти розвитку сільських громад, забезпечуючи нові можливості для сільськогосподарських підприємств та робочих місць.
- **Диверсифікація енергетичного портфеля:** Біопаливо з агробіомаси дозволяє диверсифікувати джерела енергії, що робить суспільство менш залежним від традиційних джерел палива.

При отриманні біопалива з агробіомаси треба вирішити основні технологічні виклики:

- Вдосконалення процесів переробки: Технологічні інновації у сфері переробки біомаси можуть знизити вартість та збільшити виходи біопалива.
- Генетична інженерія: Використання генетично модифікованих рослин може поліпшити їх енергетичний вихід та резистентність до стресових умов.
- Вдосконалення ефективності ферментації: Розробка біологічних процесів для ефективного перетворення біомаси в біопаливо.

Таким чином, актуальним для розвитку енергетичної безпеки та мінімізації змін клімату є створення нових ефективних технологій виробництва біопалива з агробіомаси.

Мета дослідження полягала в оцінці тенденції використання біопалива та дослідженні методів його виробництва для підвищення продуктивності.

Ключові слова: агробіомаса, біопаливо, біодізел, біоетанол, конверсія.

Виходячи з мети роботи, були поставлені такі *завдання дослідження*:

1. Оцінити перспективи сільськогосподарської лігноцелюлозної біомаси може бути перспективною сировиною для виробництва біопалива;
2. Порівняти методи виробництва біопалива для досягнення максимального виходу продукції за мінімальних витрат;
3. Визначити технологічні вдосконалення для покращення ефективності та конкурентоспроможності процесу виробництва біопалива;
4. Вивчити процес попередньої обробки біомаси, який далі використовуються для бродіння при виробництві біопалива;

Об'єкт дослідження - шляхи розвитку та впровадження біопалива для забезпечення ефективності, сталості та відповідності сучасним вимогам.

Предмет дослідження – комплексний процес отримання біопалива з агробіомаси.

Методи дослідження. Мікробіологічні, біотехнологічні, статистичні.

Наукова новизна.

У роботі проведена оцінка технології та підходів, які поліпшують ефективність, економічність та екологічну сталість виробництва біопалива.

Розглянуті технології переробки з використанням новітніх методів ферментації, гідролізу, піролізу та інших процесів для більш ефективного та енергозберігаючого отримання біопалива.

Вивчені вторинні відходи виробництва та сільськогосподарської діяльності для отримання біопалива.

Практичне значення.

Проведена оцінка перспектив використання енергетичних рослин з високим вмістом біомаси та ефективно адаптованих до місцевих умов.

Розглянуто різні методи конверсії біомаси в біопаливо, включаючи ферментацію, піроліз, гідроліз, та інші процеси.

Проаналізовано основні проблеми виробництва біопалива з агробіомаси, урахувавши економічний та екологічний вплив.

Апробація. Основні результати роботи представлено на конференціях:

1. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації». м. Переяслав, 30 вересня 2023 року.
2. ІХ Міжнародна науково-практична конференція «*Modern problems of science, education and society*» м. Київ, 6-8 листопада 2023 року

Публікації:

1. Стахурський М.С. Отримання біопалива з біомаси сільськогосподарських відходів // Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Зб. наук. праць. Переяслав, 2023. Вип. 97. 2022. С.183-186.

2. Стахурський М.С. Перспективи отримання біопалива з біомаси сільськогосподарських відходів// *Modern problems of science, education and*

society. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. Kyiv, Ukraine. 2023. P. 250-253.

Структура і обсяг. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, 12 рисунків, 12 таблиць, чотирьох висновків, списку з 32 використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Біопаливо другого покоління, вироблене з лігноцелюлозної біомаси (LCB), має потенціал для конкуренції з викопним паливом за умови, що в процесі виробництва використовуються відповідні економічно ефективні технології. Оскільки сільське господарство практикується в усьому світі і щороку виробляються мільйони тонн біомаси, виробництво біопалива з таких відходів може бути екологічно чистим підходом для задоволення зростаючого попиту на енергію. Виробництво біопалива є досить складним процесом, що включає кілька технологій і методів, які необхідно використовувати для максимального перетворення складної лігноцелюлози на функціональне біопаливо. Протягом десятиліть, у всьому світі було проведено численні дослідження, щоб знайти найкращі стратегії виробництва біопалива. Це призвело до кількох останніх досягнень, які допомагають досягти максимального виробництва біопалива в екологічно чистій та економічно ефективній системі.

1.1. Загальний опис біопалива

Відновлювана енергетика відіграє важливу роль у теперішній і майбутній епохах для подолання та заміни швидко вичерпних запасів викопного палива, зменшення шкоди навколишньому середовищу шляхом управління викидами парникових газів та контролю екологічних проблем, пов'язаних із забрудненням. У зв'язку з цим існує важливий зв'язок між відновлюваною енергією та сталим розвитком [1]. Для кращого майбутнього важливо йти шляхом сталого розвитку, який досягається за допомогою відновлюваних джерел енергії. Це робить обов'язковим розширення знань, впровадження, інтеграцію та вдосконалення технологій для створення відновлюваних джерел енергії, видобутку, використання та зберігання енергії за низькими витратами [1,2].

Згідно визначення, наведеного в директиві Європарламенту та Ради Європи 2009/28/ЕС, біомасою є речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу – продукти, відходи та залишки сільського господарства, лісового господарства та пов'язаних з ними галузей, а також частина промислових та побутових відходів, що зазнає біологічного розкладу. В законодавстві України визначення біомаси, як сировини, для енергетичного використання міститься в Законі України «Про альтернативні види палива»: біомаса – біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (відходи сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів. На такому визначенні біомаси базується визначення поняття біологічних видів палива (біопалива): тверде, рідке та газове паливо, виготовлене з біологічно відновлювальної сировини (біомаси), яке може використовуватися як паливо або компонент інших видів палива. Походження біомаси може бути досить різноманітним, починаючи з відходів та залишків сільського господарства, харчової промисловості, домашнього господарства і закінчуючи відходами комунального господарства. Джерелом біомаси є також відходи деревини в лісовому господарстві, деревообробній та целюлозно-паперовій промисловості. Для виробництва біомаси використовуються також спеціальні енергетичні культури, що дають швидкий приріст маси (верба, тополя, платан), або 8 певних сортів трав'янистих рослин (міскантус, просо, сорго та інші). До енергетичних культур також можна віднести ріпак, соняшник для виробництва рідких моторних палив. З метою енергетичного використання може вирощуватися і кукурудза та сорго, як для виробництва твердого біопалива так і біогазу. Біомасу (рис. 1.1) можна використовувати в енергетичних цілях шляхом безпосереднього спалювання, а також у переробленому вигляді рідких (ефіри ріпакової олії, спирти, рідкі продукти піролізу) або газоподібних біопалив (біогаз з відходів сільського

господарства та рослинництва, осаду стічних вод, твердих побутових відходів, продукти газифікації твердих палив).

Основним джерелом енергії у світі все ще залишається викопне паливо. Вичерпання запасів викопного палива є проблемою для майбутньої доступності через зростання населення світу та збільшення попиту [3]. Окрім доступності, забруднення повітря, спричинене спалюванням викопного палива, є світовою проблемою охорони здоров'я та навколишнього середовища, що призводить до глобальної зміни клімату, погіршення навколишнього середовища та захворювань, пов'язаних із забрудненням повітря, які щороку спричиняють мільйони смертей у всьому світі. Основними джерелами забруднення повітря є викиди промисловості, електростанцій і автотранспорту які виділяють шкідливі парникові гази, такі як чадний газ (CO), метан (CH₄), тверді частинки, оксиди азоту (NO_x), леткі органічні сполуки (ЛОС), оксиди сірки (SO_x) [4].

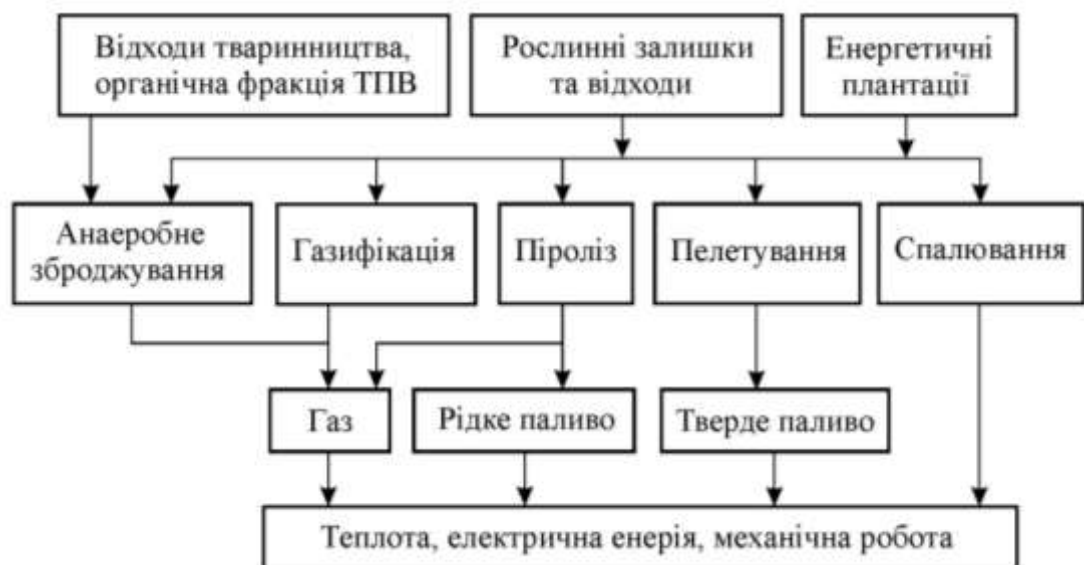


Рис 1.1 - Способи виробництва енергії з біомаси

Більшість варіантів виробництва енергії з відновлюваних джерел базується на таких джерелах, як вітер, сонце, припливи, гідроенергія та геотермальна енергія, які можуть виробляти електроенергію та замінювати викопне паливо. Однак рідке паливо все ще домінує на платформі для

споживання енергії, а інфраструктура та технології, необхідні для транспортування цих відновлюваних джерел енергії, ще не є великими. З цієї причини поступова і стратегічна заміна викопного палива рідким біопаливом, таким як етанол, метанол, бутанол і біокеросин, є важливим варіантом для багатьох дослідників [4]. Від загального обсягу виробництва біоенергії, отриманої з біомаси, використання рідкого біопалива зросло з 1% у 2000 році до 6% у 2016 році, зі стратегічним зростанням виробництва біопалива з приблизно 16 мільярдів літрів у 2000 році до 143 мільярдів літрів у 2016 році, що включає зростання виробництва на 65% для біоетанолу, 25% для біодизеля та 10% для інших видів біопалива [4]. Це біопаливо часто змішують з бензином у певному відсотковому відношенні для палива автомобілів. Бразилія наразі вимагає змішування 27% етанолу з бензином, тоді як Індія націлена на 20% змішування до 2025 року [5]. Звичайно, знадобиться кілька мільйонів років, щоб поповнити виснажені ресурси нафти та природного газу, тому необхідно вдаватися до матеріалів на основі вуглецю, які можуть забезпечити енергію за короткий час і безперервно, біомаса є одним із таких матеріалів, який відповідає вимогам. Властивості та обмеження біопалива, виробленого з лігноцелюлозної біомаси (LCB), наведені в Таблиці 1.1.

Біомаса складається з усіх форм рослинної та тваринної речовини, причому рослинна біомаса є найпоширенішою [6]. Хоча існує цілий ряд варіантів використання біомаси для виробництва енергії, важливо визначити такі групи біомаси, які є економічно ефективними та призводять до адекватної та постійної кількості енергії, щоб мати можливість замінити енергію, отриману з викопного палива. Вартість є однією з головних проблем у виробництві та транспортуванні. На відміну від біомаси, вирощеної спеціально для виробництва енергії, відходи біомаси та залишки є побічними продуктами сировини після обробки та споживання. Оскільки відходи біомаси, такі як сільськогосподарські та агропромислові відходи, є у великій кількості та спричиняють екологічні проблеми, якщо їх не утилізувати

належним чином, використання відходів біомаси у виробництві енергії додає цінність до залишків біомаси та робить процес виробництва енергії більш прибутковим.

Останнім часом аграрна біомаса або сільськогосподарська біомаса з лігноцелюлозних відходів набула інтересу через щорічне утворення великих обсягів сільськогосподарської біомаси та високу теплотворну здатність такої біомаси. Лігноцелюлозна рослинна біомаса, яка доступна у великій кількості в усьому світі, вважається невідкладною сировиною для виробництва біопалива [7]. Лігноцелюлоза є будівельним блоком рослин і складається з целюлози, геміцелюлози та лігніну як основних компонентів у складній структурі, яка запобігає деградації. Виробництво біопалива на основі сільськогосподарського LCB залежить від кількох факторів, включаючи сезонну доступність, склад, стратегії попередньої обробки та ферментації. Встановлено, що біомаса рису, кукурудзи та пшениці забезпечує найвищий вихід біоетанолу [8].

Таблиця 1.1

Властивості та обмеження біопалива на основі лігноцелюлози

Біопаливо	Властивості	Обмеження
Біоетанол	<ul style="list-style-type: none"> Використовується як альтернатива бензину як автомобільне паливо. Може використовуватися в суміші з бензином як паливо. Потрібна вища швидкість згоряння з чистішим вихлопом. Прозора і безбарвна рідина. Тиск пари досить низький порівняно з бензином, тому швидкість випаровування низька. Зменшити забруднення та викиди парникових газів. Можна використовувати будь-який тип субстрату, що містить цукор, тому використання біомаси лігноцелюлозних відходів у сільському господарстві дуже цінується для зменшення 	<ul style="list-style-type: none"> Ефективність низька в порівнянні з бензином. Впровадження в транспортні засоби вимагає модифікації двигунів старих транспортних засобів. Низький тиск парів біоетанолу ускладнює його використання як паливо при низьких температурах, що спричиняє проблеми з холодним пуском автомобіля. Має високу здатність поглинати вологу, що підвищує ризик корозії паливних насосів. Велика кількість CO₂ вивільняється під час виробничого процесу, який досі викликає суперечки. Щоб отримати більший прибуток, фермери, які продають

	проблем, пов'язаних зі звалищем таких відходів.	
Біобутанол	<ul style="list-style-type: none"> • Молекулярна структура дуже схожа на бензин, тому можливе змішування у високих концентраціях. • Може використовуватися як автомобільне паливо. • Практично не потрібні модифікації двигунів автомобіля. • Вміст енергії вище, ніж у біоетанолу. • Може використовуватися при більш низьких температурах завдяки меншій теплоті випаровування. • Розчинність вологи низька, що зменшує ризик корозії. • Може вироблятися шляхом анаеробної ферментації лігноцелюлозних субстратів із застосуванням мікроорганізмів у процесі, який називається ацетонбутаноловим бродінням. 	<ul style="list-style-type: none"> • Технологія виробництва біобутанолу є складним і енерговитратним процесом. Цей процес вимагає використання належної суміші та модифікованих мікроорганізмів з наступними добре спланованими процесами відновлення продукту для хорошого виходу біобутанолу в недорогій системі. • Біобутанол є токсичним для мікроорганізмів, що зазвичай призводить до низького виходу продукту.
Біогаз	<ul style="list-style-type: none"> • Складається приблизно з 70% метану, 25% CO₂ і 5% інших газів • Температура займання близько 700С • Виробляється в анаеробних резервуарах з використанням анаеробних мікроорганізмів. • Будь-яка органічна речовина може бути використана як субстрат, включаючи біомасу сільськогосподарських відходів, гній великої рогатої худоби, тверді міські відходи, промислові відходи та стічні води. • Вуглецевий нейтральний. • Може використовуватися як транспортне паливо у вигляді стисненого природного газу (SNG). • Може використовуватися як дешевше та чистіше паливо для роботи генераторів для виробництва електроенергії. • Можна використовувати варильний газ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Великі резервуари для біореакцій потрібні для великомасштабного виробництва, яке збільшує потребу в земельній площі. • Потрібна велика кількість органічної біомаси. • Містить домішки, які можуть призвести до корозії систем двигуна автомобіля при використанні в якості палива. • Потрібна енергія обслуговування для періодичного видалення залишків із біореакційних резервуарів. • Виробництво неефективне і неконтрольоване. • Необхідно підтримувати належну температуру, щоб мікроорганізми могли ефективно перетравлювати та

	<ul style="list-style-type: none"> Відсутність диму та залишків, що виділяються під час горіння. 	
Біоводень	<ul style="list-style-type: none"> Нуль CO₂ і викидів парникових газів. Сильно горючий. Не токсичний Високоєфективний у виробництві енергії. Використовується в паливних елементах у поєднанні з киснем для виробництва електричної енергії, яку можна використовувати в транспортних засобах. Єдиним побічним продуктом є вода і тепло. Біомасу сільськогосподарських відходів можна використовувати як субстрат для зниження собівартості виробництва. 	<ul style="list-style-type: none"> Процес виробництва дорогий. Потрібне стиснення до рідкого стану та зберігання при низькій температурі, щоб зберегти ефективність виробництва енергії завдяки дуже низькій щільності. Потребує належного обслуговування зберігання через його

Біопаливо експериментується та впроваджується десятиліттями як альтернатива викопному паливу. Виробництво та реалізація біопалива багато в чому залежать від сировини, способу виробництва та економічної доцільності. Різні етапи виробництва біопалива зображені на Рис. 1.2. Біопаливо можна класифікувати за чотирма поколіннями залежно від сировини та методу виробництва [9]. Біопаливо першого покоління виробляється з використанням харчових культур, таких як пшениця, картопля, кукурудза тощо як субстрат. Використання продовольчих культур як сировини створює численні проблеми, включаючи конкуренцію як джерело продовольства, що піднімає питання їжі проти палива, потреби в сільськогосподарських угіддях, добривах і воді [9].

Біопаливо другого покоління виробляється з неїстівних LCB, таких як відходи сільськогосподарських культур, міські відходи, агропромислові відходи. Висока вартість переробки зазвичай обмежує цей процес, навіть якщо виробництво біопалива другого покоління долає недоліки біопалива першого покоління [10]. Біопаливо третього покоління виробляється з

використанням мікродоростей як сировини. Високі витрати на виробництво все ще є недоліком, і на даний момент використання мікродоростей як сировини не вважається економічно доцільним, але в усьому світі проводиться кілька досліджень для отримання найбільш продуктивних видів водоростей для зниження вартості виробництва [11]. Біопаливо четвертого покоління є продовженням третього покоління, де біопаливо виробляється з використанням водоростей, які були генетично модифіковані з метою отримання високого врожаю біопалива [12].

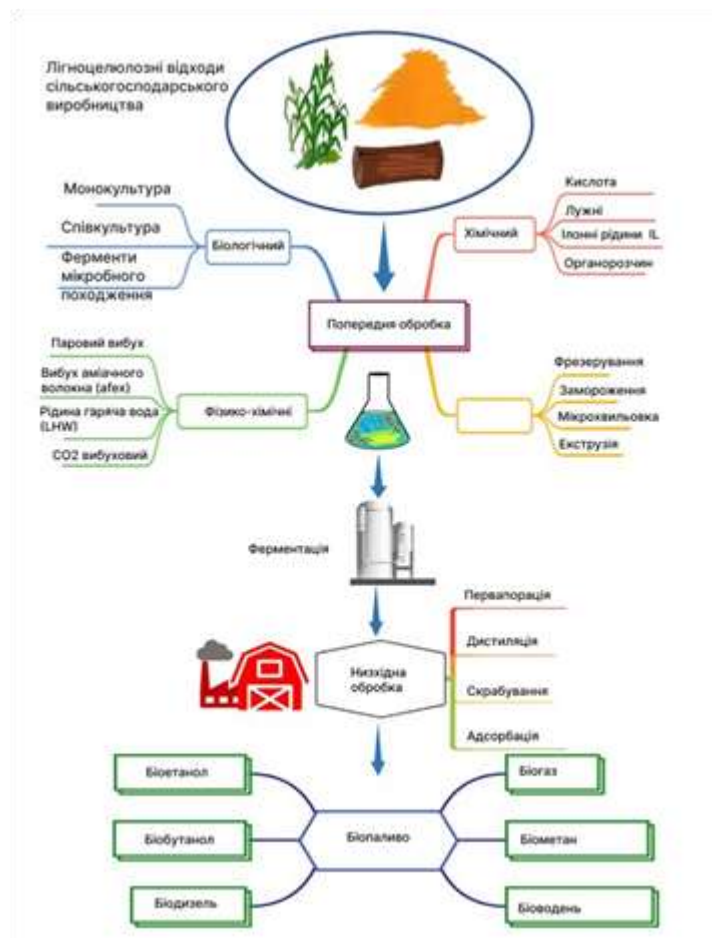


Рис. 1.2 Різні етапи виробництва біопалива з використанням біомаси лігноцелюлозних відходів сільськогосподарського виробництва як субстрату.

2. Характеристика біомаси агровідходів

Відходи — це матеріали, які залишають поза увагою після завершення процесу переробки і ще не створюють економічної цінності. Відходи біомаси

поділяються на три групи: первинні, вторинні та третинні. Первинні залишки біомаси утворюються як залишки від збирання продовольчих культур і лісових продуктів, наприклад стебла, солома, стебла кукурудзи, листя тощо. Вторинні залишки біомаси утворюються під час обробки харчових культур. Така біомаса включає деревну тріску, лушпиння кави, лушпиння цукрової тростини, рисове лушпиння, макуху з пальмового ядра тощо. Залишки третинної біомаси утворюються після споживання продуктів, отриманих із біомаси людьми та/або тваринами, і зазвичай утворюються як тверді побутові відходи (ТПВ).

Біомасу можна класифікувати на 3 типи: (1) Деревина (2) Енергетичні культури (3) Відходи сільського господарства (солома, лушпиння, листя, насіння тощо).

Однією з найважливіших видів діяльності у світі є сільське господарство. У 2017 році близько 37 відсотків земель у світі використовувалися для сільського господарства [13]. Сільськогосподарська діяльність призводить до виробництва великої кількості відходів сільськогосподарської біомаси, включаючи трав'янисті та деревні побічні продукти. Трав'янисті побічні продукти включають залишки після збору врожаю, які містять зерна, листя та стебла, а також мертві культури до кінця вегетаційного періоду, тоді як деревні побічні продукти утворюються в результаті обрізання та відновлення фруктових садів, виноградників та оливи [14].

Біомаса сільськогосподарських відходів складається з лігноцелюлозних матеріалів, що включають целюлозу, геміцелюлозу, лігнін, метали та інші сполуки, що утворюють дуже складну структуру [15]. Відсоток лігноцелюлозних компонентів відрізняється від субстрату до субстрату, тому використання відповідного субстрату є розумним вибором для великомасштабного біопалива виробництва. Склад LCB відіграє значну роль у продуктивності та ефективності як біодеградації, так і виробництва енергії.

Целюлоза належить до широко доступних органічних сполук і є полісахаридом мономерних субодиниць глюкози, з'єднаних 1,4- глікозидні зв'язки з утворенням довгих ланцюгів, і ланцюги з'єднані між собою водневими зв'язками для стабільності та жорсткості з утворенням складних полімерів. Основні властивості структури целюлози подібні у всіх LCB, хоча довжина та ступінь полімеризації целюлозного ланцюга відрізняються [16]. Структурні властивості геміцелюлози і лігніну відрізняються в різній біомасі. Геміцелюлози складаються з різних цукрових сполук, таких як ксилоза, арабіноза, глюкоза, маноза, галактоза, оцтова кислота, D-глюкуронова кислота, 4-O-метилглюкуронова кислота та D-галактуронова кислота, розташованих у різних пропорціях для утворення молекул, таких як ксилани, маннани, галактани та арабіногалактани. Геміцелюлоза є аморфною за своєю природою, має адгезивні властивості, твердне при дегідратації та складається з гомополімерів або гетерополімерів, пов'язаних 1,4 глікозидні зв'язки і

Іноді 1,3-глікозидні зв'язки, що складають остов і лігнін містить гваяцил разом із ефірними або вуглець-вуглецевими зв'язками п-гідроксифенілу та сирингілу, що утворює тривимірну метоксиловану фенілпропанову сполуку навколо целюлози та геміцелюлози, що сприяє структурній жорсткості LCB [17]. Наявність багатьох полярних і гідроксильних груп, що утворюють міцні внутрішньомолекулярні і міжмолекулярні водневі зв'язки, сприяє нерозчинності лігніну в будь-яких розчинниках, крім лужних [17].

Міжнародне енергетичне агентство та Всесвітня асоціація біоенергетики в 2018 році підрахували, що енергія, отримана з біомаси, становила до 72,3% від загального обсягу відновлюваної енергії, спожитої в усьому світі в 2016 році, зі значним збільшенням виробництва енергії (+32%) [17]. Переваги використання сільськогосподарської біомаси як сировини для виробництва біопалива включають (1) зменшення забруднення навколишнього середовища, спричинене захороненням залишків

сільськогосподарських відходів (2) зменшення потреб у землі для захоронення великої кількості сільськогосподарських відходів (3) велику кількість (4) низьку вартість субстрату та (5) високий відсоток лігноцелюлози в залишку.

Недоліки включають (1) високу вартість переробки (2) низьку продуктивність біопалива (3) конкуренцію продуктів харчування та палива та (4) вимогу відповідних технологій для великомасштабного виробництва біопалива з мінімальними економічними інвестиціями.

3. Стратегії відновлення енергії з біомаси сільськогосподарських відходів

Біомаса сільськогосподарських відходів складається з лігноцелюлозних матеріалів, включаючи целюлозу, геміцелюлозу та лігнін. Ці лігноцелюлозні матеріали являють собою сполуки вуглецю, які можна переробляти для виробництва енергії за допомогою різних процесів. Може існувати багато шляхів виробництва біопалива з лігноцелюлози, але в кожному з них необхідно враховувати такі характеристики: (1) деполімеризація целюлози та геміцелюлози до розчинних цукрів (2) ефективне бродіння цукрів (3) інтеграція передових методів до мінімізувати потреби в енергії для обробки (4) економічно ефективні технології [18].

Багато структурних, хімічних і композиційних факторів перешкоджають гідролізу LCB з утворенням цукрів і органічних сполук для виробництва біопалива. Виробництво біопалива з використанням відходів лігноцелюлози потребує впровадження кількох технологій обробки таких відходів для забезпечення максимального гідролізу та перетворення біомаси на біопаливо. Дані, які демонструють виробництво біопалива з біомаси лігноцелюлозних відходів сільського господарства, перераховані в Таблиця 1.2.

Таблиця 1.2

Виробництво біопалива з біомаси лігноцелюлозних відходів сільського господарства

Біопаливо	Сільськогосподарські відходи	Попередня обробка	Вихід цукру	Система виробництва	Вихід біопалива
Біоетанол	Рисова солома	розведена сірчана кислота	–	СВР з кальцієм карбонат, поліетилен гліколь і натрій ацетатні добавки	48% з 142 мМ
	Кокосове лушпиння	Комбінований гідротермальний і NaOH	257.14 ±0,92 г/л	ШФ** з використанням сахароміцети	27,19 г/л с продуктивність 0,57 г/л/год
	Стебло бавовнику	7,0% NaOH	241 мг/г	Ферментація	3,798 г/л
Біобутанол	Солома цукрової тростини	Гаряча вода	55 г/л при 15% мас./об	Ферментація методами оцукрювання та бродіння	95 л на тонну підкладка
	Рисова солома	Мікрохвильовий гідротермоліз	–	Ферментація <i>C. beijerinckii</i>	0.114г/л/год
	Кукурудзяна плита	сірчана кислота і водні аміак	–	SSF ферментація	0,18 г/г субстрату
Біометан	Рис	паровий вибух	41%	Анаеробне травлення (AD) > мулом	96,1% с Продуктивність 199 мл/г
	Залишок обробки рису	рідкої гарячої води	–	AD	276 л/кг VS
	Кукурудзяна солома	Похідні ферментів	–	AD	512,64 мл/г TS

3.1. Попередня обробка біомаси

Попередня обробка є першим і одним із важливих кроків у перетворенні біомаси на біопаливо. Основною проблемою використання лігноцелюлозних матеріалів у виробництві біопалива є низька доступність целюлози для ферментів і мікроорганізмів через складну асоціацію целюлози, геміцелюлози та лігніну. Використання біомаси для виробництва

енергії вимагає етапу попередньої обробки, оскільки він має на меті підвищити доступність ферментів внутрішньоклітинного цукру в біомасі.

Відповідний процес попередньої обробки важливий для руйнування складної структури лігніну, щоб збільшити доступність полісахаридів для їх перетворення на моносахариди шляхом ферментативного гідролізу та повинен включати (1) розщеплення водневих зв'язків кристалів целюлози, (2) вивільнення геміцелюлози та матриць лігніну, присутніх у перехресних - ланки, (3) посилення ферментативного гідролізу шляхом підвищення проникності та збільшення площі поверхні целюлози [19]. Основні методи попередньої обробки для виробництва біопалива включають фізичні, хімічні, біологічні та комбіновані процеси. Для попередньої обробки LCB можна використовувати кілька методів, але правильний вибір методу попередньої обробки має великий вплив на вихід біопалива. Було успішно досліджено, що метод попередньої обробки суттєво впливає на мікрофлору, яка бере участь в анаеробному зброджуванні (AD) для виробництва метану. Для виробництва біогазу порівняння кількох звітів показало, що фізичний метод попередньої обробки, особливо мікрохвильова попередня обробка, був найшвидшим. Було також виявлено, що більшість досліджень зосереджено на тому, що лужний метод попередньої хімічної обробки є ефективним, тоді як методи біологічної попередньої обробки вважалися повільними та малоенергетичними [20]. М'яка термічна попередня обробка харчових і рослинних відходів виявилася ефективною для виробництва біоводню шляхом темної ферментації з використанням біогумусу як джерела бактерій, що виробляють водень [21].

3.2. Ферментація

Ферментація - це процес, у якому мікроорганізми або мікробні ферменти використовуються для виробництва органічних кислот і спирту. Під час цього процесу виробляються різні вторинні метаболіти, включаючи антибіотики, біоповерхнево-активні речовини, ферменти, фактори росту

тощо. У цьому процесі моносахариди, що вивільняються гідролізом полісахаридів із LCB, перетворюються на органічні кислоти або паливо.

Твердофазна (або субстратна) ферментація (SF) – це метод бродіння, при якому субстрати з невеликою кількістю вільної води або без неї використовуються як субстрат для росту мікробів, але з певним вмістом вологи в субстратах для підтримки росту та метаболізму мікробів. Системи SF викликають великий інтерес для виробництва біопалива з відходів лігноцелюлозних залишків. Є кілька важливих факторів для успішної роботи SF. Деякі з цих факторів включають активність води, види мікробів, використовувану тверду основу, аерацію, температуру та тип ферментера. Існує багато переваг у використанні технології SF для виробництва біопалива з сільськогосподарських відходів, таких як легке відновлення продукту бродіння, низька собівартість виробництва, менший розмір ферментера, скорочення подальшої обробки та потреба в меншій кількості енергії для обробки [22]. Однією з головних переваг SF є його здатність утилізувати складні, рясні та недорогі сільськогосподарські відходи, які нагадують природні середовища існування різних мікробів. SF використовується для виробництва різних гідролітичних та лігнолітичних ферментів з використанням відходів сільського господарства, а також для попередньої обробки відходів сільського господарства для підвищення засвоюваності субстрату [23]. Незважаючи на те, що SF виробляє широкий спектр побічних продуктів, включаючи антибіотики, біоповерхнево-активні речовини, органічні кислоти тощо, SF головним чином націлений на виробництво гідролізуючих ферментів, наприклад целюлаз і геміцелюлаз, які можна використовувати для різних цілей, найцікавішою з яких є виробництво біопалива. Виробництво біоетанолу з відходів ананасів *Aspergillus niger* окультурений с *Saccharomyces cerevisiae* в SF, як повідомляється, був успішним і міг суттєво конкурувати із зазвичай кращим зануреним бродінням для виробництва біоетанолу [24]. Біоводень був отриманий за

допомогою *Clostridium termitidesi*, *Clostridium intestinalis* при використанні у співвідношенні 5:1 на рисовому лушпинні в мезофільних умовах у SF [25].

Глибинне бродіння (SmF) — це термін, який використовується для тих процесів бродіння, під час яких субстрати занурюються у водне середовище. Цей тип бродіння використовується в промислових виробничих процесах для отримання високого виходу продукту, оскільки такі параметри процесу, як температура, швидкість росту, потреба в кисні тощо, легко контролюються. SmF зазвичай використовується для виробництва ферментів целюлази, геміцелюлази та ксиланази з LCB з використанням відповідних мікроорганізмів. Ферменти можуть бути використані для виробництва біопалива. Було встановлено, що T-1 ефективний у руйнуванні природної біомаси з рисової соломи та світчу порівняно з попередньо обробленою біомасою під SmF виробляв найбільшу кількість целюлолітичних і ксиланолітичних ферментів у SmF, коли використовувалася багаса цукрової тростини порівняно з кількома іншими лігноцелюлозними відходами в дослідженні. Після 14 днів ферментації активності CMCase, FPase та ксиланази становили 1,27 U/мл, 0,72 U/мл та 376,81 U/мл відповідно.

Існує багато типів методів бродіння, які було введено як прогрес один за одним і які можна використовувати для виробництва біопалива, а саме: роздільний гідроліз і ферментація (SHF), одночасне оцукрювання та ферментація (SSF), попереднє оцукрювання та одночасне оцукрювання (PSSF), одночасне оцукрювання та спільне бродіння (SSCF), одночасне оцукрювання та спільне бродіння перед гідролізом (PSSCF) і консолідована біообробка (CBP). У виробництві біопалива SHF одиниці цукру пентози та гексози вивільняються після попередньої обробки LCB шляхом ферментативного гідролізу з наступним бродінням у системі, де для процесів гідролізу та бродіння використовуються окремі реактори. Виробництво біоетанолу методом SHF є комерційно неприйнятним через ряд недоліків. До них належать висока вартість виробництва окремих реакторів, потреба в гідролізуючих ферментах, виробництво ферментів, які пригнічують

утворення продукту, і висока концентрація гідролізатів або цукрів у реакторах, що перешкоджає ефективності виробництва [26]. Етапи гідролізу та ферментації інтегровані в системи обробки SSF. SSF - це процес бродіння комбінованого гідролізу та утилізації цукру для бродильного виробництва бажаних продуктів. Технологія SSF широко використовується для виробництва біопалива через низку переваг, включаючи зниження витрат на робочу силу та експлуатацію реакторів зсуву, які зазвичай необхідні для SHF, вирішує проблему інгібування продукту, опосередкованого гідролізуючими ферментами, шляхом одночасного споживання гідролізатів для продукту бродіння та зниження ризику зараження [27]. Різні температури, що використовуються для гідролізу (45–50°C) і бродіння (30–37°C) часто є недоліком методу SSF, і цю проблему можна вирішити за допомогою термостійких мікроорганізмів [28].

В останні роки було проведено багато досліджень для покращення ферментації ABE за допомогою стратегій покращення мікробних штамів та впровадження процедурних інструментів. Незважаючи на численні дослідження, існують деякі проблеми, такі як ефективні стратегії попередньої обробки з низьким утворенням побічних продуктів і модифікація штаму для високої толерантності до концентрації бутанолу, які все ще потрібно подолати для ефективного бродіння ABE.

3.3. Анаеробне зброджування

Метод анаеробного зброджування (AD) використовується для розкладання біорозкладаної органічної речовини мікроорганізмами за відсутності кисню. AD допомагає в деградації різноманітної та складної органічної біомаси з різних джерел, включаючи сільськогосподарські відходи, агропромислові відходи, міські відходи, промислові відходи тощо [29]. AD широко використовується для виробництва біогазу (який складається приблизно з 50%–75% метану та 25%–50% CO₂) і метан з відновлюваних LCB, який вважається потенційною альтернативою енергії

викопного палива [30]. Сільськогосподарські відходи складаються з LCB і є у великій кількості в усьому світі, що робить їх ідеальною сировиною для AD для виробництва біоенергії. AD є формою простого, екологічно чистого та економічно ефективного процесу розкладання лігноцелюлози, який використовує змішану культуру анаеробних мікроорганізмів для розкладання лігноцелюлози. Відомо також, що цей процес зменшує CO₂ викиди, утворені природним розкладанням самої біомаси. Завдяки можливості використовувати різні типи субстратів у AD, виробництво біогазу за допомогою AD має більше переваг перед іншими процесами виробництва біопалива, які можна покращити шляхом впровадження інновацій у кілька етапів. Інновації в AD для підвищення продуктивності біогазу можуть включати інноваційні стратегії попередньої обробки, методи перемішування, конструкції реакторів, додавання добавок, таких як мікроелементи, та контрольовані системи AD [31].

Одним із головних недоліків AD є виділення парникових газів, а саме метану та вуглекислого газу (які також присутні як компоненти біогазу з приблизно 48%–65% метану та 36%–41% вуглекислого газу) під час анаеробного зброджування [32]. Таким чином, контрольована AD має важливе значення, чого можна досягти, використовуючи герметичний метантенк для процесу зброджування, щоб запобігти витоку метану в атмосферу, і шляхом спалювання газу, що утворюється в реакторах (у формі енергії), для вивільнення вуглецево-нейтрального вуглецю. діоксид [32]. Вуглекислий газ, який виділяється під час процесу, є тією ж кількістю, що була поглинена рослинними субстратами під час фотосинтезу, отже, вуглекислий газ, який вивільняється в циклі вуглецю, у цій ситуації вважається вуглецево-нейтральним. У AD LCB необхідно враховувати кілька факторів для прийнятних великомасштабних виходів біоенергії, таких як вибір відповідної біомаси, належне збирання сільськогосподарської біомаси для зменшення інтенсивної попередньої обробки складної лігноцелюлози та використання відповідного варочного котла для процесу травлення. Процес

AD можна посилити шляхом введення наночастинок (НЧ) різних типів, включаючи НЧ нуль-валентного заліза (ЗВІ), НЧ металів і оксидів металів, НЧ на основі вуглецю. Встановлено, що наночастинок ZVI є найбільш ефективними у збільшенні виробництва біогазу, оскільки вони забезпечують стабільну систему AD та сприяють росту мікробів і виробленню ферментів. Для максимізації виробництва біогазу необхідні подальші дослідження щодо використання наночастинок у системах AD, а також необхідно враховувати економічну перспективу для широкомасштабного впровадження без шкоди для екологічних проблем.

Спільне анаеробне зброджування (Co-AD) сільськогосподарської біомаси з різними субстратами, такими як коров'ячий гній, свинячий гній, муніципальні відходи, і додавання ферментів все частіше випробовується для бродіння сільськогосподарської біомаси та, як очікується, покращить вихід біогазу та метану. Спільна АД твердих сільськогосподарських відходів з коров'ячим гноєм у співвідношенні 60:40 та лужна обробка NaHCO_3 покращений AD і покращене виробництво метану на 29,7%.

3.4. Піроліз

Піроліз або термічна деградація залишків агробіомаси для виробництва біопалива є ефективною термохімічною технологією, яка обробляє лігноцелюлозну біомасу високими температурами вище 230°C . Повільний процес піролізу здійснюється при низьких швидкостях нагріву, які поступово збільшуються до 600°C і витримують в інертній атмосфері з аргоном або азотом [33]. Термічний крекінг є ключовою реакцією процесу піролізу, де нагрівання при високій температурі вивільняє органічні та неорганічні газоподібні сполуки. Під час піролізу утворюються конденсовані гази, які можна розкласти на такі продукти, як чадний газ (CO), водень (H_2), вуглекислий газ (CO_2), вуглеводні, такі як метан (CH_4), етин (C_2X_2), етилен (C_2X_4), етан (C_2X_6) та ін., гудрони рідкі та тверде вугілля. Вихід продуктів піролізу залежить від кількох факторів, включаючи склад біомаси, швидкість

нагрівання, тиск, температуру та час перебування. Під час піролізу також утворюється біомасло, яке містить суміш цукрів і кислот, які можна використовувати безпосередньо як паливо для котлів або переробляти для отримання біопалива та хімікатів [34].

3.5. Подальша переробка біопалива

Подібно до того, як процеси попередньої обробки та виробництва важливі для виробництва біопалива, наступні процеси відіграють важливу роль у розділенні та очищенні продуктів біопалива. Залежно від типу виробленого біопалива існують різні типи подальших процесів.

Відокремлення біоетанолу від води та інших частинок у ферментаційному бульйоні за допомогою інтегрованої системи розділення широко використовується для відновлення біоетанолу та обмеження відновлення кінцевого продукту. Традиційний процес дистиляції є неекономічним для виділення ферментативного бутанолу, оскільки концентрація бутанолу в біологічних процесах низька, а максимальна концентрація бутанолу у воді становить близько 70 г/л. Адсорбція вважається ефективним методом розділення та очищення біобутанолу. Мікрохвильове опромінення, яке слідує концепції поверхневого випаровування, коли рідина випаровується з поверхневого шару без кип'ятіння всієї рідини, таким чином заощаджуючи енергію, вважається ефективним методом відділення бутанолу від води, особливо коли концентрація бутанолу низька, як у бродильні процеси виробництва бутанолу.

Видалення CO₂ біогазу збільшує вивільнення теплової енергії, зменшує витрати на стиснення та транспортування, а також покращує якість біометану для використання як альтернативи природному газу на основі викопного палива. Для покращення якості біогазу та видалення домішок можна використовувати декілька методів. Деякі з цих методів включають вологе очищення та методи поглинання (наприклад, очищення водою, адсорбція коливань тиску), мембранне розділення та біологічні системи (такі як

біоелектрохімічні системи, фотосинтез мікрободоростей, біологічні методи видалення S за допомогою мікроорганізмів).

3.4. Первапорація

Первапорація - це метод, який допомагає розділити рідкі суміші за допомогою мембрани. Поділ заснований на варіаціях коефіцієнтів розчинності та швидкості дифузії компонентів суміші. У цьому способі рідкій суміші або ферментаційній рідині дозволяють проникнути через непроникну полімерну мембрану або проникну неорганічну мембраноподібну цеолітову мембрану. З іншого боку мембрани створюватимуться умови вакууму або встановлюватиметься продувка газом. Рідка суміш випаровується в парову фазу під час проходження через мембрану, яка потім конденсується. Під час процесу фазового перетворення енергія споживається у вигляді тепла, що вносить свій внесок у вартість процесу виробництва. Цей процес в основному використовується для виробництва біоспиртів, включаючи біоетанол і біобутанол. Ідеальну мембрану для селективного розділення біоспиртів можна приготувати шляхом застосування певної кількості тепла для випаровування цільового біоспиртового продукту. Такі мембрани, як цеоліти, полі(1-триметилсиліл-1-пропін) (PTMSP) і мембрани змішаної матриці вважаються ефективними для розділення етанолу та бутанолу [39].

3.5. Дистиляція

Дистиляція - це широко використовуваний процес для розділення рідких сумішей. У цьому процесі створюється двофазна система, так що рідка суміш знаходиться в тісному контакті з другою фазою. При контакті створюються такі термодинамічні умови, що бажаний компонент, який необхідно відокремити від рідкої суміші, переходить у другу фазу у вигляді пари. У багатьох процесах розділення використовуються двофазні методи для виділення потрібного компонента, але при дистиляції друга фаза

створюється шляхом часткового випаровування рідкої суміші. Системи дистиляції використовують тепло у формі енергії, якою можна легко маніпулювати за потреби.

Застосовуються кілька методів дистиляції залежно від різних факторів, таких як компоненти суміші, продукт, який потрібно розділити, розмір і об'єм продукту, який потрібно розділити, тощо. Деякі широко відомі методи дистиляції: екстракційна дистиляція, гетерогенна дистиляція, дистиляція зі змінним тиском, реактивна дистиляція (RD), адсорбція, мембранне розділення та гібридні системи. Деякі енергозберігаючі методи дистиляції можуть включати мембранну дистиляцію разом з омичною гідродистиляцією та методи інтегрованого тепла у майбутньому, особливо з огляду на вплив наноматеріалів на навколишнє середовище.

4. Аналіз впливу виробництва біоенергії

Біоенергетика може стати багатообіцяючою альтернативою природному паливу в найближчому майбутньому і може достатньою мірою усунути існуючий тягар енергетичної, екологічної та продовольчої трилеми у світі останнім часом. Виробництво біоенергії з пожнивних залишків може стати міцною опорою на землі найближчого зеленого майбутнього, яке можна створити без впливу на продовольчі культури. Але комерційні та економічні аспекти повинні становити основу такої структури. Оцінка життєвого циклу та техніко-економічний аналіз виробництва біоенергії можуть надати достатні докази для широкомасштабного комерційного застосування такої біоенергії та біопереробних заводів у найближчі роки.

Висновки до розділу 1:

У виробництві біопалива існує кілька важливих методів, які забезпечують високий рівень продукції і водночас зменшують витрати на виробництво та підтримують екологічну стійкість. З цього огляду можна зробити такий висновок

- Сільськогосподарська лігнобіомаса може бути перспективною сировиною для виробництва біопалива за умови використання відповідних методів попередньої обробки для посилення гідролізу та деградації лігноцелюлози. Процес попередньої обробки є важливим етапом, який безпосередньо впливає на гідроліз лігноцелюлози до простих цукрів, які далі використовуються для бродіння або розщеплення для виробництва біопалива.

- Незважаючи на те, що доступно кілька типів методів попередньої обробки, необхідно проводити оптимальний вибір застосовуваних методів. Зазвичай для отримання кращих результатів розглядається комбінація методів попередньої обробки.

- Важливо використовувати ефективні технологічні процеси для відновлення продукту та обробки, без яких весь виробничий процес є неповним.

- Вибір найкращого методу виробництва біопалива здебільшого залежить від процесу досягнення максимального виходу біопалива за мінімальних витрат на виробництво в екологічно чистій системі.

- Проте необхідні більш глибокі дослідження для нещодавніх досягнень у стратегіях виробництва біопалива для максимального виробництва та транспортування біопалива в економічно ефективній та екологічно чистій системі для збільшення використання біопалива в усьому світі.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Динаміка виробництва основних сільськогосподарських культур в Україні

Аналіз статистичних даних щодо обсягів виробництва зернових культур та соняшника в Україні у період 2000-2018 рр. показує сталу позитивну динаміку росту цього виробництва (Рис. 2.1). У врожайності цих культур протягом зазначеного періоду спостерігаються певні коливання, але загальною тенденцією також є збільшення врожайності, яке у 2018 р. у порівнянні з 2000 р. склало 2,6 разів для кукурудзи на зерно, 1,9 разів – для пшениці, 1,9 разів – для соняшника (Рис. 2.2).

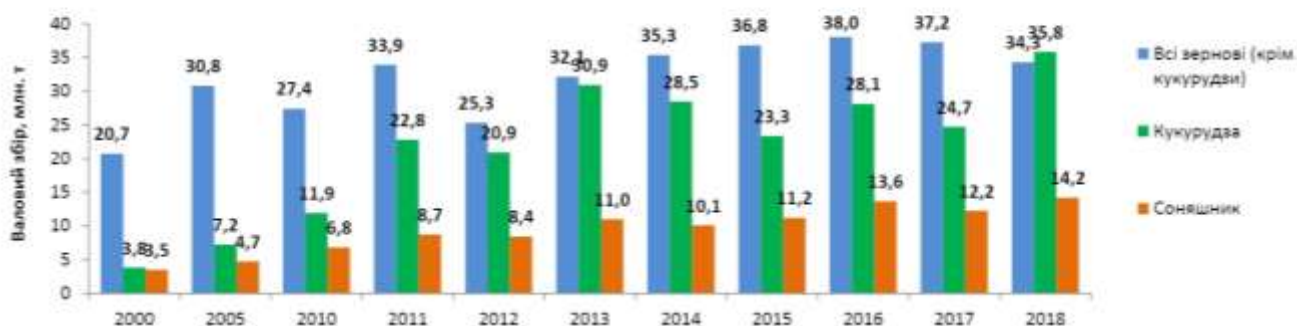


Рис. 2.1 Виробництво зернових культур та соняшника в Україні

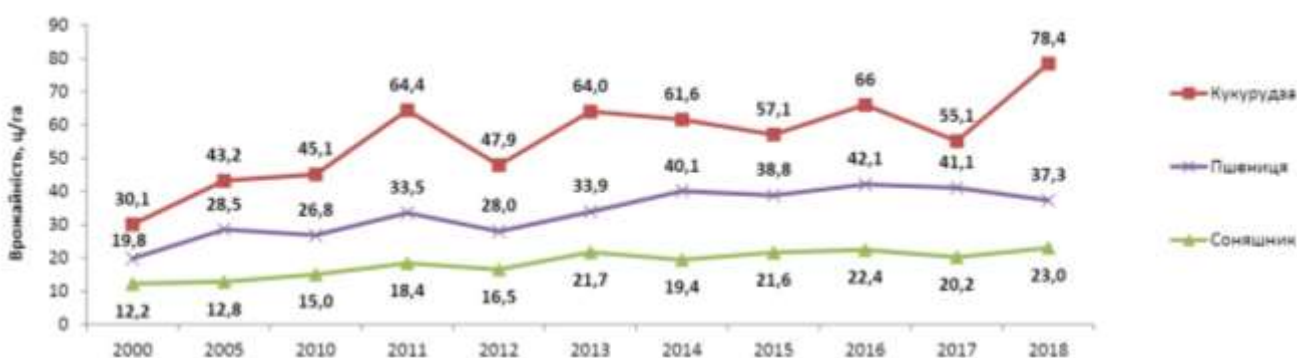


Рис. 2.2 Урожайність пшениці, кукурудзи та соняшника в Україні в Україні

У 2018 році в Україні було зібрано рекордний врожай і досягнуто рекордних показників врожайності кукурудзи на зерно – 35,8 млн. т (78,4 ц/га) та соняшника – 14,2 млн. т (23 ц/га). Крім того, вперше обсяг виробництва кукурудзи на зерно (35,8 млн. т) перевищив сумарний обсяг виробництва інших зернових та зернобобових (34,3 млн. т).

За оцінками експертів, Україна може збільшити виробництво зернових і олійних культур до 100 млн. тон на рік. Таким чином, можна констатувати, що країна має стабільно високі обсяги виробництва основних сільськогосподарських культур з перспективою подальшого росту, що є потужним джерелом різних видів відходів та побічної продукції.

2.2 Місце агробіомаси в енергетичному потенціалі біомаси України

Дані літератури показують, що на сьогодні біомаса аграрного походження (солома зернових культур та ріпаку, побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно та соняшника, лущиння соняшника) залишається основною складовою енергетичного потенціалу біомаси в Україні. За даними 2017 р., економічний потенціал цих видів біомаси, доступний для виробництва енергії, складає майже 9 млн. т н.е., що становить 43% загального потенціалу біомаси (20,9 млн. т н.е.). При цьому дані величини є стабільними протягом останніх років (Табл. 2.1). Повне використання енергетичного потенціалу агробіомаси може задовольнити близько 18% кінцевого споживання енергії в Україні, яке у 2017 році склало 50,1 млн. т н.е.

Іншою значною складовою енергетичного потенціалу біомаси в Україні є енергетичні культури, які можна вирощувати на незадіяних у сільському господарстві землях. За умови вирощування енергокультур, призначених для отримання твердого біопалива, на 1 млн. га, а також культур, спрямованих на виробництво біогазу, ще на 1 млн. га, сумарний потенціал становитиме 7,5 млн. т н.е./рік або 36% загального потенціалу біомаси в Україні.

Таблиця 2.1.

Енергетичний потенціал біомаси в Україні (2017 р.).

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн. т	Потенціал, доступний для енергетики	
		Частка теор. потенціалу, %	млн. т н.е.
Солома зернових культур	35,6	30	3,65
Солома ріпаку	3,9	40	0,54
Побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	32,1	40	2,45
Побічні продукти виробництва соняшника (стебла, корзинки)	23,2	40	1,33
Вторинні відходи с/г (лушпиння соняшника)	2,4	100	0,99
Деревна біомаса (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки)	6,6	94	1,54
Деревна біомаса (сухостій, деревина від реконструкції захисних лісосмуг, відходи ОВБСН)	8,8	44	1,01
Біодизель (з ріпаку)	-	-	0,31
Біоетанол (з кукурудзи і цукрового буряку)	-	-	0,59
Біогаз з відходів та побічної продукції агропромислового комплексу	1,6 млрд. м ³ СН ₄	50	0,68
Біогаз з полігонів твердих побутових відходів	0,6 млрд. м ³ СН ₄	34	0,18
Біогаз зі стічних вод (промислових та комунальних)	1,0 млрд. м ³ СН ₄	23	0,19
Енергетичні культури:			
- верба, тополя, міскантус (1 млн. га)*	11,5	100	4,88
- кукурудза (на біогаз) (1 млн. га)*	3,0 млрд. м ³ СН ₄	100	2,57
Всього	-	-	20,91
<i>Всього первинні та вторинні відходи с/г (частка від загального потенціалу біомаси):</i>			
<i>2017 р.</i>			8,96 (43%)
<i>2016 р.</i>			9,02 (43%)
<i>2015 р.</i>			8,12 (42%)
<i>2014 р.</i>			8,56 (40%)
<i>2013 р.</i>			8,53 (44%)

Нажаль, цей напрямок розвивається ще недостатньо швидко, і з 3-4 млн. га існуючих вільних земель сільськогосподарського призначення під енергетичні культури (вербу, міскантус, сорго та ін.) наразі задіяно тільки

близько 4,8 тис. га⁵. Отже, потенціал енергокультур на сьогодні має, головним чином, віртуальний характер на відміну від рослинних решток та інших видів агробіомаси, які є реальною складовою потенціалу.

Енергетичний потенціал деревної біомаси в Україні є порівняно обмеженим (близько 2,6 млн. т н.е./рік, дані 2017 р., див. Табл. 2.1), а його використання – дуже високим (більше 90%). Тому на найближче майбутнє найбільш доцільним є нарощування виробництва енергії з біомаси за рахунок агробіомаси і енергетичних культур, тим більш, що поточний рівень використання енергетичного потенціалу цих видів біомаси в країні є дуже низьким – від 0 до 2-3% в залежності від конкретного виду (Таблиця 2.2).

На найближчі 10-15 років можна прогнозувати подальше збільшення енергетичного потенціалу агробіомаси за умови росту врожайності сільськогосподарських культур, зокрема, пшениці і кукурудзи на зерно до кращих європейських рівнів (Таблиця 2.3). При такому підході потенціал агробіомаси може зрости з поточних 9 млн. т н.е./рік до 11,3 млн. т н.е./рік.

Таблиця 2.2.

Використання енергетичного потенціалу біомаси України (2017 р.).

Вид біомаси та напрямок використання	Потенціал, доступний для енергетики, тис. т	Обсяг, що вже використовується для потреб енергетики*		Частка використання загального потенціалу, %
		тис. т	тис. т н.е.	
		Солома зернових/ріпаку:	12258	
- спалювання (тюки)		200	68	1,6
- виробництво та спалювання пелет		155	55	1,3
- виробництво та експорт пелет		0,97	0,35	0,01
- виробництво та спалювання брикетів		15	5,5	0,1
Стебла, стрижні кукурудзи	12828	15	5,0	0,1
Стебла, кошики соняшника	9299	0	0	0,0
Деревна біомаса:	10117	10037	2713	99,2
- спалювання (дрова)		7040	1848	69,6
- спалювання (тріска)		1405	340	13,9
- експорт дров/тріски		850	223	8,4

- виробництво та спалювання пелет		240	97	2,4
- виробництво та експорт пелет		332	135	3,3
- виробництво та спалювання брикетів		170	69	1,7
Лушпиння соняшника:	2374	1500	626	63,2
- спалювання		650	271	27,4
- виробництво та спалювання пелет		300	125	12,6
- виробництво та експорт пелет		450	188	19,0
Жом цукрового буряку (W 13%)	4410	200	10,2	4,5
Силос кукурудзи (зелений)**	27000	15	1,9	0,06
Гній тваринництва та послід птахівництва	30020	335	12,9	1,1
Всього	108306	12473	3546	в середньому: 11,5%

Таблиця 2.3.

Порівняння врожайності пшениці, кукурудзи на зерно і соняшника в деяких країнах ЄС і в Україні.

Рік, с/г культура	Врожайність, ц/га*				Прогноз можливого росту врожайності в Україні
	Австрія	Данія	Німеччина	Україна	
2017					пшениця: 1,8 разів (до 75 ц/га) кукурудза: 1,5 разів (до 90 ц/га) соняшник: <i>врожайність в Україні вже на європейському рівні (20-22 ц/га)</i>
- пшениця	48,7	82,4	76,4	41,1	
- кукурудза	99,1	76,3	105,3	55,1	
- соняшник	23,3	-	22,0	20,2	
2016					
- пшениця	62,5	72,0	76,4	42,1	
- кукурудза	111,6	76,8	96,5	66,0	
- соняшник	32,9	-	21,4	22,4	
2015					
- пшениця	57	79,5	80,9	38,8	
- кукурудза	86,8	62	87,2	57,1	
- соняшник	20	-	19,2	21,6	

2.3 Технології виробництва біопалива

На сьогоднішній час існує широке різноманіття технологій виробництва біопалива (рис 2.3), однак не всі вони набули широкого

поширення через проблеми із створенням обладнанням та їх малою ефективністю.



Рис. 2.3. Схема виробництва та використання біопалива в аграрних підприємствах

Умовно всі технології можна розбити на дві групи (рис. 2.4 та 2.5): промислові та агропромислові (скорочений варіант промислових технологій, спеціально адаптованих для задоволення потреб аграрного виробництва у олії та дизельному біопаливі).



Рис. 2.4. Схема виробництва рослинної олії

Переваги промислової технології: висока якість виробленої продукції, більший термін придатності олії та вироблених з неї продуктів, більший вихід неочищеної олійної маси за рахунок використання методу екстракції. До недоліків промислової технології можна віднести: значні витрати електроенергії, складність обладнання, втрата корисних поживних речовин під час рафінації. Переваги агропромислової технології: менша кількість етапів виробництва (відсутні операції екстракції та волого-теплової обробки в отриманні сирої олії), простота та доступність обладнання, отримана олія має природний смак, запах та забарвлення, собівартість виробленої продукції нижча за рахунок менших витрат електроенергії. Недоліками агропромислової технології наступні: отримана рослинна олія має нижчу якість, містить вільні жирні кислоти, фосфоліпіди, а також має менший термін придатності.

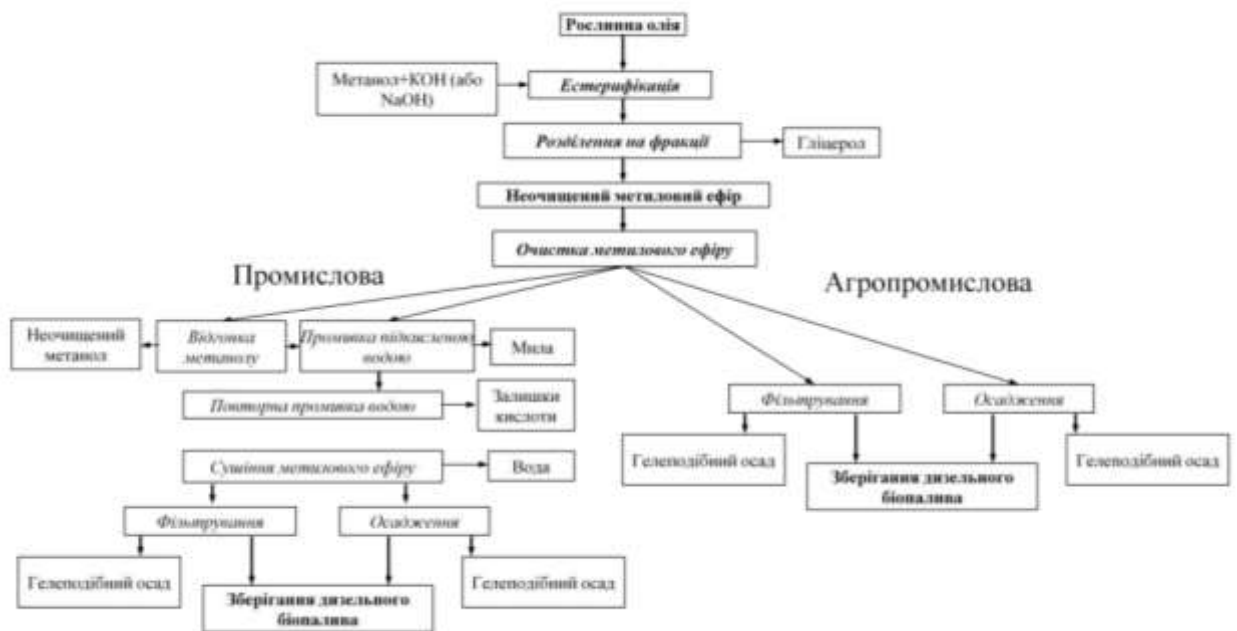
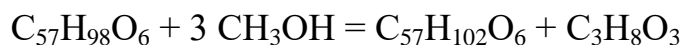


Рис. 2.5. Схема виробництва дизельного біопалива

Промислова технологія виробництва дизельного біопалива складається з таких основних процесів: естерифікації; розділення на фракції (дизельне біопаливо – легка фракція та гліцериновий осад – важка фракція), відгонки метилового спирту; промивки дизельного біопалива підкисленою водою та його зневоднення. Естерифікація – це процес взаємодії суміші жирних кислот (тваринного або рослинного походження) зі спиртом (метиловим, етиловим та ін.) з використанням лужного каталізатора (KOH, NaOH) для прискорення проходження реакції, в результаті якого отримують дизельне біопаливо та гліцериновий осад (гліцерин, залишки спирту та ін.). Реакція естерифікації проходить за таким наближеним виразом:



де $C_{57}H_{98}O_6$ – рослинна олія; CH_3OH – метиловий спирт; $C_{57}H_{102}O_6$ – метиловий ефір (дизельне біопаливо); $C_3H_8O_3$ – гліцериновий осад.

Враховуючи молярну масу вхідних і вихідних компонентів, вихід дизельного біопалива із рослинної олії приблизно дорівнює кількості рослинної олії. Однак на практиці він дещо менший і знаходиться в межах від 85 до 95 %. Необхідність відгонки метилового спирту обумовлена тим,

що його присутність в дизельному біопаливі призводить до руйнації гумових деталей двигуна та пошкодження лакофарбових поверхонь.

Промивка підкисленою водою необхідна для видалення каталізатора, який призводить до появи осаду. Повторну промивку дизельного біопалива водою здійснюють для видалення кислоти, яка потрапляє в нього під час першої промивки. Зневоднення дизельного біопалива необхідне для видалення вологи, яка потрапляє в нього під час промивок, адже присутність води в паливі призводить до неповного згорання, зниження потужності двигуна, корозії та утворення нагару у циліндрах двигуна.

Промислова технологія виробництва традиційно використовується на великих та промислових підприємствах, з річним виходом дизельного біопалива від 20000 до 100000 т/рік. До переваг промислової технології виробництва дизельного біопалива можна віднести його високу якість, що дає можливість використовувати дизельне біопаливо як в сумішах, так і без додавання традиційного дизельного палива.

Основні недоліки такого виробництва: складність обладнання, значні витрати електроенергії, висока собівартість виробленої продукції. Агропромислова технологія виробництва дизельного біопалива широко використовується для виробництва дизельного біопалива з річним обсягом від 100 до 5000 т/рік. Вона складається з етерифікації, розділення на фракції (дизельне біопаливо – легка фракція та гліцериновий осад або гліцерол – важка фракція, яка є побічним продуктом при виробництві дизельного біопалива) та очистки дизельного біопалива (відгонки метанолу та очистку від гелеподібного осаду шляхом фільтрації або осадження).

До переваг агропромислової технології у порівнянні з промисловою можна віднести: менші енерговитрати, простота та доступність обладнання, нижча собівартість отриманої продукції.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ЯКОСТІ БІОПАЛИВА

3.1 Забезпечення якості біопалива

Забезпечення якості біопалива є критичним аспектом його виробництва та використання. Ось кілька ключових елементів системи забезпечення якості для біопалива:

- **Стандарти якості:**

У багатьох країнах існують стандарти якості для біопалива, встановлені органами регулювання. Ці стандарти визначають параметри, такі як вміст біопалива, вологість, вміст домішок та інші властивості, що гарантують ефективне та безпечне використання.

- **Лабораторні випробування:**

Виробники біопалива зазвичай проводять регулярні лабораторні випробування, щоб перевірити відповідність продукції стандартам якості. Ці випробування можуть включати аналіз хімічного складу, вимірювання вмісту вологи та інші технічні параметри.

- **Система слідження та маркування:**

Забезпечення якості також може включати в себе систему слідження та маркування продукції. Кожна партія біопалива може бути відстежена з точки виробництва до кінцевого користувача, що дозволяє виявити та виправити будь-які відхилення в якості.

- **Вимоги до сировини:**

Забезпечення якості починається з контролю якості сировини. Ретельний відбір та аналіз біомаси, яка використовується для виробництва біопалива, дозволяє уникнути забруднення та забезпечити високу якість продукту.

- **Моніторинг виробництва:**

Виробництво біопалива повинно бути піддане систематичному моніторингу, щоб виявляти можливі відхилення в процесах та вчасно вживати заходів для їх виправлення.

Загальна мета цих заходів - забезпечити, що біопаливо відповідає встановленим стандартам, ефективно використовується та не має негативного впливу на навколишнє середовище.

Очевидно, що розвиток цього напрямку потребує додаткової уваги та зусиль, у тому числі по подоланню існуючих бар'єрів. Проаналізуємо ці бар'єри, згрупувавши їх по типам – технологічні, організаційні, економічні та екологічні.

3.2. Технологічні бар'єри

- **Відсутність у агровиробників техніки для заготівлі побічної продукції рослинництва для енергетичних потреб**

Для агровиробників головною метою є отримання максимального прибутку від виробництва основної товарної продукції. Для забезпечення збирання побічної продукції їм необхідно частково змінювати відпрацьовану агротехнологію, інвестувати у спеціалізовану техніку та задіяти додаткові ресурси.

Наприклад, для заготівлі побічної продукції вирощування кукурудзи на зерно спочатку кукурудзиння необхідно зібрати у валки, потім ущільнити у тюки прес-підбирачами, після чого зібрати тюки по полю та завезти на зберігання у підготовлені для цього склади. При цьому після формування валків можуть початися сильні та тривалі дощі, що перешкодить тюкуванню та отриманню агробіомаси із необхідними якісними показниками. Тоді потрібно буде використовувати додаткову техніку для розподілення побічної продукції по поверхні поля. В результаті цього агровиробник може понести значні матеріальні витрати, тоді як при звичайній технології збирання кукурудзи на зерно, коли зернозбиральний комбайн зразу розкидає рослинні рештки по полю, такого ризику немає.

Крім того, внаслідок переміщень по полю важкої техніки ущільнюється ґрунт, особливо вологий. Якщо не вжити відповідних заходів, це може негативно вплинути на врожайність наступного року. Якщо після валкування кукурудзиння дощі будуть іти недовго, а далі буде суха і тепла погода, можна ворушити валки, що створить умови для висушування побічної продукції та подальшого її тюкування.

Невирішеним на сьогодні залишається питання про можливість і оптимальні підходи до заготівлі стебел соняшника. З огляду на їх високу природню вологість (40-50%) на момент збору врожаю (серпень-вересень), в якості стратегічного напрямку використання (з певними обмеженнями) можна рекомендувати силосування стебел соняшника з подальшим виробництвом біогазу. Альтернативний варіант – залишити стебла в полі до кінця зими/початку весни, щоби вони достатньо підсохнули, а потім зібрати їх у вигляді тюків або подрібненої маси. Заготовлена таким чином біомаса може використовуватися як паливо для котлів або як сировина для виробництва брикетів/пелет. Наразі в Україні практично немає прикладів використання рослинних решток соняшника для виробництва енергії. Активно утилізується лише лущиння соняшника – для виготовлення брикетів/пелет та як паливо для котлів, що працюють на олійноекстракційних заводах та інших підприємствах масложирової галузі.

Пропозиції

Для прийняття рішення про заготівлю побічної продукції рослинництва для енергетичного використання агровиробнику важливо розуміти, що при цьому не зменшиться урожайність основної продукції, особливо якщо передбачаються довгострокові контракти на постачання біомаси. Тому необхідно максимально виявити ризики агровиробника та спланувати заходи для їх зменшення, зокрема, визначити необхідні зміни агротехнологій, передбачити закупівлю спеціалізованої техніки. З іншого боку, покупець має гарантовано отримати необхідну кількість агробіомаси із відповідними якісними характеристиками. Окремі істотні умови повинні

бути детально описані у договорі на постачання агробіомаси. Для біоенергетичних проектів необхідно розробити типові форми таких договорів.

З огляду на великий потенціал відходів та побічної продукції рослинництва в Україні, видається доцільним реалізація низки відповідних пілотних/демонстраційних проектів. В таких проектах, які мають бути профінансовані, головним чином, за рахунок грантових коштів, можна відпрацювати технології заготівлі і постачання різних видів агробіомаси, знайти найбільш оптимальні технічні та технологічні рішення. Вважаємо перспективними наступні напрямки для реалізації пілотних/демонстраційних біоенергетичних проектів:

- заготівля стебел кукурудзи;
- заготівля стрижнів кукурудзи;
- заготівля стебел соняшника;
- впровадження котелень на тюкованій соломі та стеблах кукурудзи.

- **Складність організації ланцюжка «заготівля-поставка»**

Рослинні рештки – це біомаса, розосереджена по площі поля. Її обсяги суттєво залежать від сортових особливостей сільськогосподарських культур, ґрунтово-кліматичних умов, застосованої агротехнології тощо. Існуючі технології заготівлі дозволяють частково зібрати лише надземну частину культури – побічну продукцію, наприклад, солому та полову, яких зазвичай збирають від 2 до 5 т/га. При цьому стерня та підземна частина рослини залишаються у полі.

Побічна продукція рослинництва характеризується низькою насипною щільністю (наприклад, солома у неущільненому вигляді має 20-50 кг/м³), тому для забезпечення ефективної логістики таку біомасу доцільно ущільнювати у тюки (рулони), брикети або пелети.

Вміст вологи у побічній продукції рослинництва впливає, головним чином, на її теплотворну здатність. Крім цього, волога спричиняє псування біомаси під час зберігання.

Ці та інші особливості рослинних решток треба враховувати при плануванні та організації ланцюжка «заготівля-поставка».

Необхідність використання спеціалізованих машин і обладнання для збирання, переробки та логістики побічної продукції рослинництва і вироблених з неї твердих біопалив призводить до значних капітальних витрат. Прикладами такої техніки є прес-підбирачі великих прямокутних тюків, самозавантажувальні причепа, потужні трактори, навантажувачі, автотранспорт, дробарки, прес-брикетувальники, гранулятори тощо. Ця техніка повинна бути максимально завантажена, що потребує ретельного планування з огляду на сезонність сільськогосподарської діяльності, залежність від погодних умов та агротехнологічні обмеження. Ефективність заготівлі, переробки та логістики агробіомаси суттєво залежить від професіоналізму працівників. Крім того, особливу увагу необхідно приділити підготовці складів, які мають забезпечити належні умови для зберігання біомаси та біопалива. Також важливо налагодити контроль та моніторинг якості і кількості поставленої сировини та виробленої готової продукції.

Пропозиції

Для впровадження проектів з енергетичного використання побічної продукції рослинництва важливо використовувати існуючий передовий досвід вітчизняних та закордонних проектів. Також цінною є інформація про результати наукових досліджень відповідної біоенергетичної технології, особливо на початкових етапах розробки проекту та підготовки техніко-економічного обґрунтування. Тому необхідно сконцентрувати зусилля науковців і практиків на відпрацюванні базових технологій та підходів для організації ланцюжків «заготівля-постачання», пріоритетних для вітчизняних умов і видів агробіомаси. Крім того, суттєвим фактором є об'єктивне

інформування зацікавлених сторін, що дозволить зменшити ризики інвесторів та спростити процедури розробки та реалізації проектів.

3.2. Організаційні бар'єри

- *Нерозвиненість ринку біопалив*

Дотепер ринок біопалива в Україні залишається слабозвиненим. Не існує єдиного майданчика для реалізації ефективних закупівель різних видів біомаси/біопалива у необхідних обсягах і необхідної якості. Особливо гостро ця проблема стоїть для біоенергетичних проектів з використанням агробіомаси. З одного боку, для залучення інвестицій власник такого проекту має підтвердити наявність постачальників біомаси необхідного виду у необхідній кількості. З іншого боку, агровиробники готові організувати збір, зберігання і постачання біомаси тільки у разі існування вже реального (не потенційного) покупця (споживача).

Пропозиції:

Вважаємо за необхідне якомога скоріше впровадити в Україні систему електронної торгівлі біопаливом, тобто біопаливну біржу, за прикладом литовської біржі Baltpool³⁰. Проект закону, що необхідний для створення та функціонування такої системи електронної торгівлі, був розроблений у 2018 році за участі БАУ і знаходиться зараз на розгляді центральних органів виконавчої влади.

- *Складність притягнення до відповідальності за спалювання рослинних решток*

Спалювання рослинних решток на полях суворо **заборонено** законодавством України. Так, адміністративна відповідальність (у вигляді штрафу) та навіть передбачена кримінальна відповідальність.

В реальності, практика спалювання стерні та інших рослинних решток як спосіб позбавлення від них та очищення поля перед наступною посівною компанією активно продовжується.

Отже зараз нашій країні на полях спалюються колосальні обсяги біомаси, що негативно впливає на екологію та створює пожежонебезпечні ситуації. Тому ми вбачаємо значну роль розвитку біоенергетики серед можливих заходів для запобігання відкритому спалюванню агробіомаси на полях.

Пропозиції:

Органам місцевого самоврядування необхідно звернути **більш** серйозну увагу на випадки самовільного спалювання рослинних решток на полях. Відповідальні особи мають довести до власників/орендаторів полів інформацію про існування адміністративної і кримінальної відповідальності за такі дії.

- **Відсутність державної політики щодо енергетичного використання агробіомаси**

На сьогодні в Україні фактично **відсутня державна стратегія** використання аграрної біомаси для потреб енергетики. Агробіомаса як паливо або сировина для виробництва біопалива взагалі не згадується в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року (2017), а також в Державній стратегії регіонального розвитку на період до 2020 року (2014). В Концепції розвитку сільських територій (2015) лише зазначено про необхідність «підтримки виробництва енергії з альтернативних джерел» та «сприяння формуванню ринків збуту твердого біопалива». В проекті Єдиної комплексної стратегії та плану дій розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на 2015-2020 роки (підтриманому Національною радою реформ у 2015 р.) міститься опис напряму 10.4 «Біоенергетика» як складової Стратегічного пріоритету 10 «Захист довкілля та управління природними ресурсами, зокрема лісовим та рибним господарством». У цьому описі, який доречі є дуже загальним і у багатьом на сьогодні застарілим, агробіомаса ніяким чином окремо не виділена.

Пропозиції:

Вважаємо за необхідне розробити стратегію використання біомаси сільськогосподарського походження для потреб енергетики і включити її в один з діючих стратегічних документів або затвердити як окремий документ. Інший варіант – розробити стратегію розвитку біоенергетики в Україні з окремим розділом щодо використання агробіомаси. Профільні міністерства повинні в явному вигляді в офіційних документах зазначити свої погляди відносно можливості і оптимальних обсягів використання біомаси аграрного походження для виробництва енергії. Це можна зробити шляхом розробки

3.3. Економічні бар'єри

- ***Складність залучення фінансування на біоенергетичні проекти з використанням агробіомаси***

Заготівля агробіомаси є складним і затратним видом діяльності, розвиток якого тільки починається в Україні. Якщо технології тюкування соломи є вже біль-менш розповсюдженими і відпрацьованими, то із заготівлею стебел кукурудзи є проблеми, починаючи з відсутності необхідної техніки на ринку України. Практика реалізації *крупних* біоенергетичних проектів з використанням агробіомаси показує складність такого процесу, особливо в частині надійного забезпечення енергетичної установки біопаливом. На сьогодні два котла по 5 МВт на соломі на птахокомплексі «Дніпровський» є єдиним прикладом роботи потужного енергообладнання на агробіомасі в Україні. Видається, що проекти такого типу потребують цільової фінансової підтримки для можливості їх підготовки і впровадження.

Позитивним прикладом в даному напрямку є започаткування Європейським банком реконструкції та розвитку роботи в Україні програми FINTECC (Finance and Technology Transfer Centre for Climate Change Framework). Ця грантова програма націлена на стимулювання кліматичних технологій, в тому числі в сфері підвищення

енергоефективності, розвитку *відновлюваної енергетики*, скорочення викидів вуглецю та підвищення ефективності водокористування. Основні напрямки програми FINTESS в рамках проекту *Інновації у ланцюжках поставок біомаси в Україні* наступні:

- партнерство між основними зацікавленими сторонами у розповсюдженні практики використання *аграрних відходів для виробництва енергії*;
- підтримка у впровадженні найкращих доступних технологій;
- підтримка у підготовці проектів;
- надання фінансування;
- підтримка законодавчих та регуляторних змін.

Пропозиції :

Вважаємо, що діяльність по заготівлі агробіомаси для потреб енергетики повинна отримати цільову **державну підтримку**, наприклад в рамках діючої програми Мінагрополітики щодо підтримки аграріїв. Даною програмою надається часткова компенсація вартості вітчизняної сільськогосподарської техніки та обладнання з комісією при Міністерстві економічного розвитку і торгівлі України. Вважаємо, що цього переліку необхідно також включити техніку іноземного виробництва для тюкування стебел кукурудзи, оскільки вітчизняних аналогів такого обладнання не існує. Іншим варіантом підтримки може бути відкриття спеціальної кредитної лінії для компаній, що займаються заготівлею та постачанням агробіомаси на енергетичні об'єкти.

3.4. Екологічні бар'єри

- ***Потенційні ризики для ґрунту від вилучення з поля рослинних решток для потреб енергетики***

Для сталого розвитку сільського господарства важливо дотримуватися агрохімічного закону повернення поживних речовин, згідно з яким елементи живлення, відчужені з урожаєм сільськогосподарських

культур, мають бути повернені до ґрунту. Для забезпечення балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві використовують різні види органічних та мінеральних добрив.

До органічних добрив належать гній, гноївка, сидерати, компости, пташиний послід, солома, кореневі та стерневі рештки, торф, мул та ін. Гній довгий час був найбільш поширеним видом органічних добрив. Але у період 1990-2017 рр. в Україні радикально зменшилося поголів'я сільськогосподарських тварин, зокрема, ВРХ – майже у 7 разів, свиней – у 3 рази. Відповідно зменшився обсяг гною, що негативно вплинуло на об'єми внесення органічних добрив у рослинництві. У перерахунку на посівну площу, внесення органічних добрив знизилося з 8,6 т/га у 1990 р. до 0,5 т/га у 2017 р., тобто у 17 разів. Разом із цим в окремих господарствах вносять гній згідно агрономічних вимог.

Велике значення має раціональний підхід до використання наявних у господарстві органічних добрив, оскільки часто добрива вносяться неправильним, а відповідно, й неефективним способом. Наприклад, відомо, що солону як органічне добриво необхідно використовувати із одночасним внесенням азотних добрив в обсязі 8-10 кг азоту на 1 т соломи⁶². Але на практиці азот додається лише на 30-35% загальної площі, де солома приорується у ґрунт.

Слід зазначити, що значна частка загального поголів'я худоби утримується населенням у власних господарствах. Зокрема, на 01.01.2018 67% поголів'я ВРХ (2364,2 тис. голів) та 46% поголів'я свиней (2806,3 тис. голів) утримувалося у господарствах населення. Загалом по країні, у 2017 р. 65,4% домогосподарств утримували сільськогосподарських тварин, із яких у 33,3% була наявна велика рогата худоба, у 40,1% – свині та у 96,4% – птиця. Гній від домашньої худоби централізовано не збирається і не переробляється, а тому часто використовується на присадибних ділянках без дотримання необхідних агрономічних вимог, що зменшує ефективність його застосування як органічного добрива (найефективніша норма

внесення гною під просапні культури – 30-40 т/га, під озимі – 20-30 т/га). Так, у 2017 р. 84,1% домогосподарств використовували гній як добриво.

У світовій аграрній практиці, важливим джерелом поповнення запасів органічної речовини (гумусу), азоту та інших макро- і мікроелементів ґрунту є вирощування сидеральних культур – люпину, перко, пелюшки, гороху, вики, еспарцету, гірчиці, суріпки, редьки олійної, ріпаку та ін. До переваг сидеральних культур слід також віднести їхню здатність очищати поля від бур'янів та зменшувати кількість патогенних мікроорганізмів⁶⁵. Сьогодні в Україні зелені добрива використовуються недостатньо. Фактично, за останнє десятиліття середня площа, зайнята під сидератами, не перевищує 300 тис. гектарів, що складає близько 15% можливого обсягу.

Органічні добрива розглядаються, переважно, як місцеві, тобто такі, що не перевозяться на далекі відстані, а застосовуються поблизу місць утворення. Через нерозвиненість ринку органічних добрив, їх пропозиція в Україні наразі є обмеженою. Тому вітчизняні рослинницькі підприємства часто використовують як органічні добрива тільки *післяжнивні рештки*⁷, особливо у разі відсутності у регіоні розвинутого тваринництва. При цьому, через необхідність значних витрат коштів на управління рослинними рештками, деякі аграрії *не здійснюють належним чином необхідні технологічні операції або навіть спалюють стерню із соломною у полі.*

Обсяги внесення мінеральних добрив доволі відрізняються по регіонах України. Так, у 2017 р. сільськогосподарськими підприємствами було внесено найменше міндобрив у Херсонській області (у перерахунку на поживні речовини – 66 кг на гектар посівної площі), найбільше – у Волинській області (176 кг/га) при середньому показнику по Україні – 110 кг/га. У внесених добривах 67,3% поживних речовин становили азотні, 17,9% – фосфорні та 14,8% – калійні. Попри позитивні тренди останніх років, поточний рівень використання мінеральних добрив у вітчизняному

сільському господарстві залишається ще досить низьким як порівняно з рекомендаціями науковців та фахівців галузі, так і відносно показників багатьох розвинутих країн світу.

Пропозиції:

Вважаємо, що на сьогодні можна відчужувати з поля для потреб енергетики до 20-40% рослинних решток за умови внесення у ґрунт *необхідної кількості* мінеральних добрив (NPK), а також виконанні *інших рекомендацій* по зменшенню негативного впливу на ґрунт (пріоритетна заготівля кукурудзиння у порівнянні з соломою зернових, повернення золи на поле та ін.).

Позитивний вплив на ґрунт матиме також заготівля лише частини побічної продукції рослинництва, наприклад, стрижнів кукурудзи. Додатковою перевагою заготівлі стрижнів у порівнянні зі стеблами є легкість інтегрування в існуючі агротехнологічні ланцюжки, більша економічність збору, простота зберігання (менший вплив погодних умов).

На думку експертів, рослинні рештки не повинні бути єдиним видом органічних добрив, які підтримують родючість ґрунтів в Україні. Більш того, спеціалісти зазначають, що застосування соломи має ряд недоліків, зокрема таких: (і) водна витяжка зі свіжої соломи затримує розвиток рослин; (іі) виявлено ряд похідних фенолу, які мають токсичний вплив на рослини; (ііі) при розкладанні соломи утворюються органічні кислоти (оцтова, масляна, щавлева та інші), які шкідливо впливають на розвиток кореневої системи рослин, порушують обмін речовин та визивають хлороз.

Необхідно розвивати ринок добрив і більш широко використовувати інші види органічних добрив, зокрема, гній, гноївку, пташиний послід, компости, зброджений субстрат з біогазових установок, зелене добриво тощо. Також важливо повертати на поля золу від спалювання агробіомаси в енергетичних установках. Такі комплексні дії разом з відтворенням тваринницької галузі і загальним раціональним веденням сільського

господарства сприятимуть забезпеченню бездефіцитного балансу гумусу у ґрунтах.

Зазначений підхід співпадає з політикою, що проводиться в Євросоюзі. Наразі в ЄС розробляється нове законодавство стосовно використання добрив, яке буде прийнято у 2022 році. Одним з елементів цього законодавства є розвиток в ЄС внутрішнього ринку стандартизованих органічних добрив у вигляді зброженого субстрату, біологічного вугілля (біочару) та золи від спалювання біомаси.

Висновки до розділу3:

Актуальність напрямку енергетичного використання агробіомаси обумовлена тим, що в Україні є великий потенціал відходів та побічної продукції сільського господарства і без використання цього потенціалу неможливо досягти цілей по біоенергетиці, поставлених Енергетичною стратегією України на період до 2035 року.

Для подолання бар'єрів на шляху використання агробіомаси для виробництва енергії Україні рекомендується:

1. Створити умови, при яких агровиробник може змінити технологію збирання врожаю забезпечити заготівлю рослинних решток з мінімальними економічними ризиками.
2. З урахуванням передового зарубіжного досвіду, відпрацювати базові технології та підходи для організації ланцюжків «заготівля-постачання», пріоритетних для вітчизняних умов і видів агробіомаси.
3. Використовувати для спалювання агробіомаси сучасне спеціалізоване обладнання дотримуватися оптимальних режимів його роботи і вимог до якості палива.
4. Якомога скоріше прийняти відповідний закон і започаткувати роботу системи електронної торгівлі біопаливом.

5. Створювати умови, за яких спалювання агробіомаси на полях припиниться через існування інших, економічно привабливих способів очищення полів від рослинних залишків.

6. Розробити стратегію використання біомаси сільськогосподарського походження для потреб енергетики або стратегію розвитку біоенергетики в Україні з окремим розділом, що стосується агробіомаси.

7. Профільним міністерствам розробити «Рекомендації щодо визначення можливих обсягів відчуження побічної продукції рослинництва для виробництва енергії в Україні».

8. Систематично проводити інформаційно-просвітницькі кампанії щодо можливостей та переваг виробництва енергії з біомаси сільськогосподарського походження, в тому числі організовувати технічні екскурсії для зацікавлених сторін (стейкхолдерів) на успішно діючі об'єкти в Україні та країнах ЄС.

9. Запровадити цільову державну підтримку або спеціальну кредитну лінію для компаній, що займаються заготівлею та постачанням агробіомаси на енергетичні об'єкти.

10. Розвивати ринок органічних добрив, таких як гній, гноївка, пташиний послід, компости, зброджений субстрат з біогазових установок, зелене добриво тощо. Повертати на поля золу, утворену при спалюванні агробіомаси в енергетичному обладнанні.

ВИСНОВКИ

У виробництві біопалива існує кілька важливих методів, які забезпечують високий рівень продукції і водночас зменшують витрати на виробництво та підтримують екологічну стійкість. З цього огляду можна зробити наступні висновки:

1. Агробіомаса може бути стабільним та відновлюваним джерелом енергії. Засівання та вирощування енергетичних рослин може забезпечувати постійний потік сировини для виробництва біопалива.
2. Сільськогосподарська лігноцелюозна біомаса може бути перспективною сировиною для виробництва біопалива за умови використання відповідних методів попередньої обробки для посилення гідролізу та деградації лігноцелюлози. Процес попередньої обробки є важливим етапом, який безпосередньо впливає на гідроліз лігноцелюлози до простих цукрів, які далі використовуються для бродіння або розщеплення для виробництва біопалива.
3. Вибір найкращого методу виробництва біопалива здебільшого залежить від процесу досягнення максимального виходу біопалива за мінімальних витрат на виробництво в екологічно чистій системі.
4. Використання біопалива з агробіомаси може призводити до менших викидів вуглецю порівняно з традиційними видами палива. Рослини, вирощені для цієї цілі, поглинають CO₂ під час росту, що сприяє зменшенню вуглецевого сліду.
5. Отримання біопалива з агробіомаси потребує технологічних вдосконалень у сферах вирощування, збирання та переробки. Інновації у цих областях можуть покращити ефективність та конкурентоспроможність процесу.

Список використаної літератури

1. Dincer I. Renewable energy and sustainable development: A crucial review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2000. 4 (2). P. 157–175.
2. Østergaard P.A., Duic N., Noorollahi Y., Mikulcic H., Kalogirou S. Sustainable development using renewable energy technology. *Renew. Energy.* 2020. 146. P. 2430–2437.
3. Singh B.R., Singh, O. Global trends of fossil fuel reserves and climate change in the 21st century. In: *Fossil Fuel and the Environment.* 2012.
4. Kazemi Shariat Panahi, Kinder J.E., Ezeji T.C., A review on green liquid fuels for the transportation sector: A prospect of microbial solutions to climate change. *Biofuel Res. J.* 2019. 6 (3). P. 995–1024.
5. Sarwal R., Kumar S., Mehta A., et al. Roadmap for ethanol blending in India 2020-25. *OSF Prepr.* 2021. P. 1–72. <http://dx.doi.org/10.31219/osf.io/825mz>.
6. Woiciechowski A.L., Neto C.J., de Souza Vandenberghe LP. et al. Lignocellulosic biomass: Acid and alkaline pretreatments and their effects on biomass recalcitrance—conventional processing and recent advances. *Bioresour. Technol.* 2020. 304. 122848.
7. Parakh P.D., Nanda S., Kozinski J.A. Eco-friendly transformation of waste biomass to biofuels. *Curr. Biochem. Eng.* 2020. 6 (2). P. 120–134.
8. Panahi H.K., Dehghani M., Aghbashlo M., Karimi K., Tabatabaei M. Conversion of residues from agro-food industry into bioethanol in Iran: An under-valued biofuel additive to phase out MTBE in gasoline. *Renew. Energy* 2020. 145, P. 699–710.
9. Alalwan H.A., Alminshid A.H., Aljaafari, H.A. Promising evolution of biofuel generations. Subject review. *Renew. Energy Focus* 2019. 28, P. 127–139.
10. Bhatia S.K., Kim S.H., Yoon J.J., Yang Y.H., Current status and strategies for second generation biofuel production using microbial systems. *Energy Convers. Manage.* 2017. 148, P. 1142–1156.

11. Chowdhury H., Loganathan B. Third-generation biofuels from microalgae: A review. *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.* 2019. 20, P. 39–44.
12. Abdullah B., Muhammad S.A., Shokravi Z., et al. Fourth generation biofuel: A review on risks and mitigation strategies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2019. 107, P. 37–50.
13. Ferreira, J.A., Taherzadeh, M.J., Improving the economy of lignocellulose-based biorefineries with organosolv pretreatment. *Bioresour. Technol.* 2020. 299, P. 122695.
14. Ciria Barro Biomass resource assessment. *Biomass Supply Chains for Bioenergy and Biorefining.* Woodhead Publishing, 2016. pp. 53–83.
15. Deshavath N.N., Veeranki V.D., Goud V.V. Chapter 1 - lignocellulosic feedstocks for the production of bioethanol: Availability, structure, and composition. *Sustain. Bioenergy* 2019. P. 1–19.
16. Waliszewska B., Mleczek M., Zborowska M., Goliński P., Rutkowski P., Szentner K., Changes in the chemical composition and the structure of cellulose and lignin in elm wood exposed to various forms of arsenic. *Cellulose.* 2019. 26 (10), P. 6303–6315.
17. Tosuner Z.V., Taylan G.G., Özmihçi S. Effects of rice husk particle size on biohydrogen production under solid state fermentation. *Int. J. Hydrogen Energy.* 2019. 44 (34), P. 18785–18791.
18. Han S.Y., Park C.W., Kwon G.J., Kim N.H., Kim J.C., Lee S.H. Ionic liquid pretreatment of lignocellulosic biomass. *J. Forest Environ. Sci.* 2020. 36 (2), P. 69–77.
19. Haghghi Mood S., Hossein Golfeshan A., Tabatabaei M., et al. Lignocellulosic biomass to bioethanol, a comprehensive review with a focus on pretreatment. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2013. 17, P. 77–93.
20. Kamusoko R., Jingura R.M., Parawira W., Sanyika W.T., Comparison of pretreatment methods that enhance biomethane production from crop residues-a systematic review. *Biofuel Res. J.* 2019. 6 (4), P. 1080.

21. Pascualone M.J. Fermentative biohydrogen production from a novel combination of vermicompost as inoculum and mild heat-pretreated fruit and vegetable waste. *Biofuel Res. J.* 2019. 6 (3), P. 1046.
22. Sadh P.K., Duhan S., Duhan J.S. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: A review. *Bioresour. Bioprocess.* 2018. 5 (1), P. 1–5.
23. Abu Yazid N., Barrena R., Komilis D., Sánchez A. Solid-state fermentation as a novel paradigm for organic waste valorization: A review. *Sustainability.* 2017. 9 (2), 224
24. Efunwoye O.O., Oluwole O.R.. Bioethanol production from pineapple waste by solid state fermentation method. *Niger. J. Microbiol.* 2019. 33 (2), P. 4811–4820.
25. Tosuner Z.V., Taylan G.G., Özmihçi S. Effects of rice husk particle size on biohydrogen production under solid state fermentation. *Int. J. Hydrogen Energy.* 2019. 44 (34), P. 18785–18791.
26. Lamichhane G., Acharya A., Poudel D.K., et al. Recent advances in bioethanol production from lignocellulosic biomass. *Int. J. Green Energy.* 2021. 18 (7), P. 731–744.
27. Hazeena S.H., Salini C.N., Sindhu R., Pandey A., Binod P. Simultaneous saccharification and fermentation of oil palm frond for the production of 2, 3-butanediol. *Bioresour. Technol.* 2019. 278, P. 145–149.
28. Lamichhane G., Acharya A., Poudel D.K., et al. Recent advances in bioethanol production from lignocellulosic biomass. *Int. J. Green Energy.* 2021. 18 (7), P. 731–744.
29. Ward A.J., Hobbs P.J., Holliman P.J., Jones D.L., Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresour. Technol.* 2008. 99 (17), P. 7928–7940.
30. Sawatdeenarunat C., Surendra K.C., Takara D., Oechsner H., Khanal S.K., Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities. *Bioresour. Technol.* 2015. 178, P. 178–186.

31. Tabatabaei M., Aghbashlo M., Valijanian E., et al. A comprehensive review on recent biological innovations to improve biogas production, part 1: Upstream strategies. *Renew. Energy*. 2020. 146, P. 1204–1220.
32. Ward A.J., Hobbs P.J., Holliman P.J., Jones D.L. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresour. Technol.* 2008. 99 (17), P. 7928–7940.
33. Volpe R., Zabaniotou A.A., Skoulou V. Synergistic effects between lignin and cellulose during pyrolysis of agricultural waste. *Energy Fuels*. 2018. 32 (8), P. 8420–8430.
34. Hu X., Gholizadeh M. Progress of the applications of bio-oil. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2020. 134, P. 110124.
35. Li P., He C., Li G., Ding P., Lan M., Gao Z., Jiao Y. Biological pretreatment of corn straw for enhancing degradation efficiency and biogas production. *Bioengineered*. 2020. 11 (1), P. 251–260.
36. Kumar R., Kumar P. Future microbial applications for bioenergy production: A perspective. *Front. Microbiol.* 2017. 8, P. 450.
37. Ivase T.J., Nyakuma B.B., Oladokun O., Abu P.T., Hassan M.N. Review of the principal mechanisms, prospects, and challenges of bioelectrochemical systems. *Environ. Prog. Sustain. Energy*. 2019. 13298.
38. Li S., Chen G., Anandhi A. Applications of emerging bioelectrochemical technologies in agricultural systems: A current review. *Energies* 2018. 11 (11), 2951.
39. Chen X., Zhang Y., Gu Y., Liu Z., Shen Z., Chu H., Zhou X. Enhancing methane production from rice straw by extrusion pretreatment. *Appl. Energy* 2014. 122, P. 34–41.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

УНІВЕРСИТЕТ ГРИГОРІЯ СКОВОРОДИ
В ПЕРЕЯСЛАВІ

Рада молодих учених університету

Матеріали
Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції
**«ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
НАУКИ І ОСВІТИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ»**

30 вересня 2023 року

Вип. 97

Збірник наукових праць

Переяслав – 2023

ЗМІСТ / СОДЕРЖАННЯ

БИОЛОГІЧНІ НАУКИ / БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Любомира Гуменюк</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФРУКТОВИХ СОКІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ	5
<i>Катерина Єрмолович</i> БИОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГРУНТОВОЇ МІКРОБІОТИ	7
<i>Ярослав Нечаяк</i> ШЛЯХИ РЕГУЛЯЦІЇ ФІТОГОРМОНІВ	10
<i>Людмила Станкевич, Ірина Земцова,</i> <i>Юлія Хмельницька, Ганна Осипенко, Руслан Тронь</i> АНАЛІЗ І ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ РЕЗИСТЕНТНОСТІ ЕРИТРОЦИТІВ У ПРАКТИЦІ СПОРТСМЕНІВ СПОРТИВНИХ ТАНЦІВ	13
<i>Євгеній Степанов, Сергій Пасічник</i> ВПЛИВ БОРУ НА КОНЦЕНТРАЦІЮ ФЛАВОНОЇДІВ У ДЕЯКІЙ ЛІКАРСЬКІЙ РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ	16
<i>Рей-Анастасія Тесля, Олена Охмат</i> ПРОБІОТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БАКТЕРІЙ РОДУ <i>BACILLUS</i>	21
ТУРИЗМ І РЕКРЕАЦІЯ / ТУРИЗМ И РЕКРЕАЦИЯ	
<i>Наталія Габчак, Віталій Ткачук</i> ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ І РЕКРЕАЦІЇ В УКРАЇНСЬКО-ПОЛЬСЬКОМУ ПРИКОРДОННІ	24
<i>Алла Ковальова</i> ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПЛАНУВАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ РЕКРЕАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ САНАТОРНОГО ТИПУ	26
<i>Руслана Кривенкова, Артем Сірош</i> СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОГО ТУРИЗМУ (НА ПРИКЛАДІ КРАЇН ПІВНІЧНОЇ ЄВРОПИ)	29
<i>Єлизавета Ярова</i> ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ТУРИЗМ КРИВОРІЗЬКА: РОЗВИТОК І ПЕРСПЕКТИВИ	31
ЕКОНОМІКА / ЭКОНОМИКА	
<i>Надія Степанова</i> МЕТОДИКА ОЦІНКИ РІВНЯ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА	34
СОЦІОЛОГІЯ / СОЦИОЛОГИЯ	
<i>Станіслав Габчак, Петро Пасемків</i> ПРОБЛЕМИ БЕЖЕНЦІВ ТА НЕЛЕГАЛЬНИХ МІГРАНТІВ ЄВРОПИ	41
ЮРИДИЧНІ НАУКИ / ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ	
<i>Кулбагила Байкенжина, Еламан Алимхан</i> ҚЫЛМЫСТЫҚ СОТ ІСІН ЖҮРГІЗУДЕГІ ТАТУЛАСУ ЖӘНЕ ТАТУЛАСТЫРУ РӘСІМДЕРІ	43
<i>Mariia Klumenko</i> WHY ROMAN LAW IS A MODEL OF LEGAL TECHNIQUE AND ITS ROLE IN MODERN NORM-MAKING	48
<i>Марія Міміна</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО УПРАВЛІННЯ СПРАВАМИ ТА Е-СУДОЧИНСТВА В АДМІНІСТРАТИВНОМУ ПРОЦЕСІ	50
<i>Анна Савченко</i> НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ОСНОВИ ЗАХИСТУ ПРАВ ВИМУШЕНИХ МІГРАНТІВ	53
<i>Шыныбай Темирханов</i> ПРАВОВОЙ ИНСТИТУТ ВОЗВРАЩЕНИЯ УГОЛОВНОГО ДЕЛА НА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ РАССЛЕДОВАНИЕ	56

Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації

МИСТЕЦТВО / ИСКУССТВО	
<i>Вікторія Махніцька</i> МУЗИКОТЕРАПІЯ У РОБОТІ З ДІТЬМИ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ	60
<i>Олександр Стаднік</i> ШЕН – ДРЕВНІЙ ПРОТОТИП ГУБНОЇ ГАРМОНІКИ, РУЧНОЇ ГАРМОНІКИ, АКОРДЕОНА ТА БАЯНА	62
<i>Євгенія Янина-Ледовська</i> ВПЛИВ ХОРЕОГРАФІЧНОГО МИСТЕЦТВА НА РОЗВИТОК ДИТИНИ	64
ПЕДАГОГІКА / ПЕДАГОГІКА	
<i>Вікторія Байда</i> ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА УРОКАХ ЗАСВОЄННЯ НОВИХ ЗНАТЬ В ПОЧАТКОВІЙ ШКОЛІ	67
<i>Надія Гава</i> ФОРМУВАННЯ ПРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ДОШКІЛЬНИКІВ – ОСНОВА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ВИХОВАТЕЛІВ ЗАКЛАДУ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ	71
<i>Юлія Карлова</i> ЗАСТОСУВАННЯ ДІЯЛЬНІСНОГО ПІДХОДУ НА УРОКАХ «Я ДОСЛІДЖУЮ СВІТ» В УМОВАХ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ	75
<i>Марія Крушинська</i> ФОРМУВАННЯ ДІАЛОГІЧНОГО МОВЛЕННЯ ДІТЕЙ СТАРШОГО ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ В ІГРАХ ЗА СЮЖЕТАМИ ХУДОЖНЬОГО ТВОРУ	78
<i>Тамара Куряча</i> ЦІННІСНІ ОРІЄНТАЦІЇ СУЧАСНОЇ МОЛОДІ ЯК АКТУАЛЬНА ПРОБЛЕМА ПСИХОЛОГІЧНОЇ НАУКИ	81
<i>Ганна Кутас</i> ПРОВІ ФОРМИ РОБОТИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ОСОБИСТОСТІ НА УРОЦІ «Я ДОСЛІДЖУЮ СВІТ»	83
<i>Максим Мороз</i> ОСОБЛИВОСТІ ПРОЯВУ СПОРТИВНОЇ АГРЕСІЇ У ШКОЛЯРІВ-СПОРТСМЕНІВ ПІДЛІТКОВОГО ВІКУ	86
<i>Світлана Петкова</i> РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕГРОВАНОГО ПІДХОДУ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ	90
<i>Галина Підлісняк</i> ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ ПЕДАГОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДУ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ	94
<i>Ірина Примакова</i> КОНЦЕПТУАЛЬНІ ІДЕЇ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСТОСУНКУ ДИТЯЧОГО ПРОГРАМУВАННЯ SCRATCH JR ЯК ЗАСОБУ ФОРМУВАННЯ ПІЗНАВАЛЬНИХ ІНТЕРЕСІВ ДІТЕЙ СТАРШОГО ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ	99
<i>Мирослава Савіна</i> ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ КОНФЛІКТАМИ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕДАГОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	102
<i>Оксана Стремоухова</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОГО НАВЧАННЯ У СПЕЦІАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ З ДІТЬМИ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ	104
<i>Ірина Юдіна</i> ФОРМУВАННЯ КОМУНІКАТИВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ В ПРОЦЕСІ ДИСТАНЦІЙНОГО СПІЛКУВАННЯ	107

Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації

ПСИХОЛОГІЯ / ПСИХОЛОГИЯ	
<i>Олеся Блащак</i> ДИНАМІКА ТРИВОЖНОСТІ ТА СТРЕСОСТІЙКОСТІ УЧНІВ СТАРШИХ КЛАСІВ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ ДІЯЛЬНОСТІ	111
<i>Вікторія Бульковська</i> ОСОБЛИВОСТІ СТАТЕВОГО ВИХОВАННЯ ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНИМИ ПОТРЕБАМИ В УМОВАХ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ	114
<i>Юлія Тимошенко</i> ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВОЖНОСТІ У ДІТЕЙ	118
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ / ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
<i>Тетяна Глухова, Юлія Літовченко, Лариса Радзіховська</i> ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ В УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ	122
<i>Victoria Shyburyn, Natalia Liubymova</i> USING THE GRABBER ROBOT BASED ON THE ARDUINO IN THE LEARNING PROCESS	125
ФІЗИЧНА КУЛЬТУРА І СПОРТ / ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ	
<i>Богдана Гаража</i> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПРИ ЛІКУВАННІ ЗАХВОРЮВАНЬ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ	128
<i>Даніїл Дорошенко, Євгенія Коваленко, Ігор Могильний</i> ФІТНЕС-ПРОГРАМИ АЕРОБНОЇ СПРЯМОВАНОСТІ	132
<i>Олександра Крашівич</i> ГНУЧКІСТЬ: ВИЗНАЧЕННЯ, ЗАСОБИ ТА МЕТОДИКИ РОЗВИТКУ	135
<i>Василь Кульчицький</i> ЗАСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ Й СТИМУЛЯЦІЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ В УПРАВЛІННІ ТРЕНУВАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ БІГУНІВ НА СЕРЕДНІ ДИСТАНЦІЇ	138
<i>Оксана Мащенко, Анастасія Білогуб</i> СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ СПОРТСМЕНІВ У СПОРТИВНІЙ АЕРОБІЦІ	141
<i>Вероніка Ольховська</i> ЦИКЛІЧНІ ВИДИ ВПРАВ В СИСТЕМІ ОЗДОРОВЧОЇ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ	144
<i>Вадим Парахонько, Олександр Черевичко, Валентина Зубко, Олександр Качалов</i> ПЛАВАННЯ ТА ЙОГО ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ СТУДЕНТСЬКОЇ МОЛОДІ	147
<i>Софія Петрова</i> ВИКОРИСТАННЯ КОНДИЦІЙНИХ ТРЕНУВАНЬ ДЛЯ ФІЗИЧНОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ	150
<i>Людмила Пілюгіна</i> РЕАБІЛІТАЦІЙНА ДОПОМОГА У СФЕРІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я, ПРОФЕСІЙНІ ОБОВ'ЯЗКИ ПРАЦІВНИКІВ ТА ФАХІВЦІВ З РЕАБІЛІТАЦІЇ	153
<i>Леонід Плотницький</i> ОСОБЛИВОСТІ ТАКТИЧНОЇ БОРОТЬБИ НА ЗМАГАННЯХ З ПАУЕРЛІФТИНГУ	156
<i>Анастасія Радовенчик</i> ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ АДАПТОВАНОСТІ СТУДЕНТІВ-СПОРТСМЕНІВ ДО НАВЧАННЯ У ВНЗ	160
<i>Юлія Шаповал</i> ВОДНА РЕКРЕАЦІЯ ЯК ЧАСТИНА ОЗДОРОВЧОЇ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ	164
ФІЛОЛОГІЧНІ НАУКИ / ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ	
<i>Ірина Коляда, Олена Карасьова</i> ENGLISH LANGUAGE SLANG AND ITS PECULIARITIES	168
<i>Liudmyla Roienko, Svitlana Redko</i> SOME ASPECTS OF TEACHING WRITING FOR BUSINESS	170

Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації

<i>Ірина Товт</i>		
ПРОБЛЕМА БАЙДУЖОСТІ ДІТЕЙ ДО КНИЖОК – ОДНА З НАЙБІЛЬШИХ ПРОБЛЕМ У НАВЧАННІ РІДНОЇ МОВИ		173
	ФІЛОСОФСЬКІ НАУКИ / ФИЛОСОФСКИЕ НАУКИ	
<i>Олексій Запорожченко, Анна Супрун</i>		
ДУХОВНІСТЬ ЯК ОДИН З ЕКЗИСТЕНЦІАЛІВ ЛЮДСЬКОГО БУТТЯ		177
<i>Олександр Кирильчук</i>		
РЕЛІГІЙНІСТЬ ТА ЇЇ КРИТЕРІЇ		180
	СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО / СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО	
<i>Максим Стахурський</i>		
ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВА З БІОМАСИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ		183
	ТЕХНІЧНІ НАУКИ. ТРАНСПОРТ / ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. ТРАНСПОРТ	
<i>Vadim Nantoi, Daria Nantoi, Alexandru Buga, Olivian Pădure, Iurie Tezec</i>		
THE ROLE OF PERSONAL MOBILITY DEVICES IN URBAN TRANSPORTATION: IN SEARCHING A BALANCING APPROACH		187
<i>Ірина Попова, Анастасія Кот</i>		
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО СИРУ З МОЛОКА КОРІВ		191
<i>Ірина Попова, Сергій Чаусов</i>		
РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ НА ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧАХ		194
	АРХІТЕКТУРА І БУДІВНИЦТВО / АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО	
<i>Наталія Витвицька</i>		
ОСОБЛИВОСТІ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ТА ОБ'ЄКТІВ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ		199
<i>Роман Курильців, Надія Михайлишин</i>		
ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В НІМЕЧЧИНІ		202
<i>Роман Курильців, Ольга Супрун</i>		
ФОРМУВАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ТА ПРАВ КОРИСТУВАННЯ ЗЕМЛЯМИ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ		204
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / СВЕДЕННЯ ОБ АВТОРАХ		208

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО / СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 631.353.3;631.53.023

Максим Стахурський
(Київ, Україна)ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВА З БІОМАСИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ

Біопаливо другого покоління, вироблене з лігноцелюлозної біомаси (LCB), має потенціал для конкуренції з викопним паливом за умови, що в процесі виробництва використовуються відповідні економічно ефективні технології. Оскільки сільське господарство практикується в усьому світі і щороку виробляються мільйони тонн біомаси, виробництво біопалива з таких відходів може бути екологічно чистим підходом для задоволення зростаючого попиту на енергію. Виробництво біопалива є досить складним процесом, що включає кілька технологій і методів, які необхідно використовувати для максимального перетворення складної лігноцелюлози на функціональне біопаливо. Протягом десятиліть, у всьому світі було проведено численні дослідження, щоб знайти найкращі стратегії виробництва біопалива.

Ключові слова: біоенергетика, види біопалива, рослинна біомаса, солома, тверде біопаливо.

Second-generation biofuels produced from lignocellulosic biomass (LCB) have the potential to compete with fossil fuels, provided that appropriate cost-effective technologies are used in the production process. As agriculture is practiced all over the world and millions of tons of biomass are produced every year, the production of biofuels from such waste can be an environmentally friendly approach to meet the growing energy demand. Biofuel production is a rather complex process involving several technologies and methods that must be used to maximize the conversion of complex lignocellulose into functional biofuel. Over the decades, numerous studies have been conducted around the world to find the best strategies for biofuel production.

Key words: bioenergy, types of biofuel, plant biomass, straw, solid biofuel.

Відновлювана енергетика відіграє важливу роль у теперішній і майбутній епохах для подолання та заміни швидко вичерпних запасів викопного палива, зменшення шкоди навколишньому середовищу шляхом управління викидами парникових газів та контролю екологічних проблем, пов'язаних із забрудненням. У зв'язку з цим існує важливий зв'язок між відновлюваною енергією та сталим розвитком [1]. Для кращого майбутнього важливо йти шляхом сталого розвитку, який досягається за допомогою відновлюваних джерел енергії. Це робить обов'язковим розширення знань, впровадження, інтеграцію та вдосконалення технологій для створення відновлюваних джерел енергії, видобутку, використання та зберігання енергії за низькими витратами [1, 2].

Основним джерелом енергії у світі все ще залишається викопне паливо. Вичерпання запасів викопного палива є проблемою для майбутньої доступності через зростання населення світу та збільшення попиту [3]. Окрім доступності, забруднення повітря, спричинене спалюванням викопного палива, є світовою проблемою охорони здоров'я та навколишнього середовища, що призводить до глобальної зміни клімату, погіршення навколишнього середовища та захворювань, пов'язаних із забрудненням повітря, які щороку спричиняють мільйони смертей у всьому світі. Основними джерелами забруднення повітря є викиди промисловості, електростанцій і автотранспорту які виділяють шкідливі парникові гази, такі як чадний газ (CO), метан (CH₄), тверді частинки (PM), оксиди азоту (NO_x), леткі органічні сполуки (ЛОС), оксиди сірки (SO_x) [4].

Більшість варіантів виробництва енергії з відновлюваних джерел базуються на таких

Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації

джерелах, як вітер, сонце, припливи, гідроенергія та геотермальна енергія, які можуть виробляти електроенергію та замінювати викопне паливо. Однак рідке паливо все ще домінує на платформі для споживання енергії, а інфраструктура та технології, необхідні для транспортування цих відновлюваних джерел енергії, ще не є великими. З цієї причини поступова і стратегічна заміна викопного палива рідким біопаливом, таким як етанол, метанол, бутанол і біокеросин, є важливим варіантом для багатьох дослідників [4]. Від загального обсягу виробництва біоенергії, отриманої з біомаси, використання рідкого біопалива зросло з 1% у 2000 році до 6% у 2016 році, зі стратегічним зростанням виробництва біопалива з приблизно 16 мільярдів літрів у 2000 році до 143 мільярдів літрів у 2016 році, що включає зростання виробництва на 65% для біоетанолу, 25% для біодизеля та 10% для інших видів біопалива [4]. Це біопаливо часто змішують з бензином у певному відсотковому відношенні для палива автомобілів. Бразилія наразі вимагає змішування 27% етанолу з бензином, тоді як Індія націлена на 20% змішування до 2025 року [5]. Звичайно, знадобиться кілька мільйонів років, щоб поповнити виснажені ресурси нафти та природного газу, тому необхідно вдатися до матеріалів на основі вуглецю, які можуть забезпечити енергію за короткий час і безперервно, біомаса є одним із таких матеріалів, який відповідає вимогам.

Біомаса складається з усіх форм рослинної та тваринної речовини, причому рослинна біомаса є найпоширенішою [6]. Хоча існує цілий ряд варіантів використання біомаси для виробництва енергії, важливо визначити такі групи біомаси, які є економічно ефективними та призводять до адекватної та постійної кількості енергії, щоб мати можливість замінити енергію, отриману з викопного палива. Вартість є однією з головних проблем у виробництві та транспортуванні. На відміну від біомаси, вирощеної спеціально для виробництва енергії, відходи біомаси та залишки є побічними продуктами сировини після обробки та споживання. Оскільки відходи біомаси, такі як сільськогосподарські та агропромислові відходи, є у великій кількості та спричиняють екологічні проблеми, якщо їх не утилізувати належним чином, використання відходів біомаси у виробництві енергії додає цінність до залишків біомаси та робить процес виробництва енергії більш прибутковим.

Останнім часом аграрна біомаса або сільськогосподарська біомаса з лігноцелюлозних відходів набула інтересу через щорічне утворення великих обсягів сільськогосподарської біомаси та високу теплотворну здатність такої біомаси. Лігноцелюлозна рослинна біомаса, яка доступна у великій кількості в усьому світі, вважається невідкладною сировиною для виробництва біопалива [7]. Лігноцелюлоза є будівельним блоком рослин і складається з целюлози, геміцелюлози та лігніну як основних компонентів у складній структурі, яка запобігає деградації. Виробництво біопалива на основі сільськогосподарського LCB залежить від кількох факторів, включаючи сезонну доступність, склад, стратегії попередньої обробки та ферментації. Встановлено, що біомаса рису, кукурудзи та пшениці забезпечує найвищий вихід біоетанолу [8].

Біопаливо експериментується та впроваджується десятиліттями як альтернатива викопному паливу. Виробництво та реалізація біопалива багато в чому залежать від сировини, способу виробництва та економічної доцільності. Біопаливо можна класифікувати за чотирма поколіннями залежно від сировини та методу виробництва [9]. Біопаливо першого покоління виробляється з використанням харчових культур, таких як пшениця, картопля, кукурудза тощо як субстрат. Використання продовольчих культур як сировини створює численні проблеми, включаючи конкуренцію як джерело продовольства, що піднімає питання їжі проти палива, потреби в сільськогосподарських угіддях, добривах і воді [9].

Біопаливо другого покоління виробляється з неїстівних LCB, таких як відходи сільськогосподарських культур, міські відходи, агропромислові відходи. Висока вартість переробки зазвичай обмежує цей процес, навіть якщо виробництво біопалива другого покоління долає недоліки біопалива першого покоління [10]. Біопаливо третього покоління виробляється з використанням мікроводоростей як сировини. Високі витрати на виробництво

Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації

все ще є недоліком, і на даний момент використання мікрводоростей як сировини не вважається економічно доцільним, але в усьому світі проводиться кілька досліджень для отримання найбільш продуктивних видів водоростей для зниження вартості виробництва [11]. Біопаливо четвертого покоління є продовженням третього покоління, де біопаливо виробляється з використанням водоростей, які були генетично модифіковані з метою отримання високого врожаю біопалива [12].

Однією з найважливіших видів діяльності у світі є сільське господарство. У 2017 році близько 37 відсотків земель у світі використовувалися для сільського господарства [13]. Сільськогосподарська діяльність призводить до виробництва великої кількості відходів сільськогосподарської біомаси, включаючи трав'янисті та деревні побічні продукти. Трав'янисті побічні продукти включають залишки після збору врожаю, які містять зерна, листя та стебла, а також мертві культури до кінця вегетаційного періоду, тоді як деревні побічні продукти утворюються в результаті обрізання та відновлення фруктових садів, виноградників та оливки [14].

Біомаса сільськогосподарських відходів складається з лігноцелюлозних матеріалів, що включають целюлозу, геміцелюлозу, лігнін, метали та інші сполуки, що утворюють дуже складну структуру [15]. Відсоток лігноцелюлозних компонентів відрізняється від субстрату до субстрату, тому використання відповідного субстрату є розумним вибором для великомасштабного біопалива виробництва. Склад LCB відіграє значну роль у продуктивності та ефективності як біодеградації, так і виробництва енергії. Основні властивості структури целюлози подібні у всіх LCB, хоча довжина та ступінь полімеризації целюлозного ланцюга відрізняються [16]. Структурні властивості геміцелюлози і лігніну відрізняються в різній біомасі.

Іноді 1,3-глікозидні зв'язки, що складають остов і лігнін містить гваяцил разом із ефірними або вуглець-вуглецевими зв'язками п-гідроксифенілу та сирингілу, що утворює тривимірну метоксиловану фенілпропанову сполуку навколо целюлози та геміцелюлози, що сприяє структурній жорсткості LCB [17]. Наявність багатьох полярних і гідроксильних груп, що утворюють міцні внутрішньомолекулярні і міжмолекулярні водневі зв'язки, сприяє нерозчинності лігніну в будь-яких розчинниках, крім лужних [17].

Міжнародне енергетичне агентство та Всесвітня асоціація біоенергетики в 2018 році підраховали, що енергія, отримана з біомаси, становила до 72,3% від загального обсягу відновлюваної енергії, спожитої в усьому світі в 2016 році, зі значним збільшенням виробництва енергії (+32%) [17]. Переваги використання сільськогосподарської біомаси як сировини для виробництва біопалива включають (1) зменшення забруднення навколишнього середовища, спричинене захороненням залишків сільськогосподарських відходів (2) зменшення потреб у землі для захоронення великої кількості сільськогосподарських відходів (3) велику кількість (4) низьку вартість субстрату та (5) високий відсоток лігноцелюлози в залишку.

Недоліки включають (1) високу вартість переробки (2) низьку продуктивність біопалива (3) конкуренцію продуктів харчування та палива та (4) вимогу відповідних технологій для великомасштабного виробництва біопалива з мінімальними економічними інвестиціями. Може існувати багато шляхів виробництва біопалива з лігноцелюлози, але в кожному з них необхідно враховувати такі характеристики: (1) деполімеризація целюлози та геміцелюлози до розчинних цукрів (2) ефективне бродіння цукрів (3) інтеграція передових методів до мінімізувати потреби в енергії для обробки (4) економічно ефективні технології [18].

Проте необхідні більш глибокі дослідження для нещодавніх досягнень у стратегіях виробництва біопалива для максимального виробництва та транспортування біопалива в економічно ефективній та екологічно чистій системі для збільшення використання біопалива в усьому світі.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Dincer I. Renewable energy and sustainable development: A crucial review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2000. 4 (2). P. 157–175.

Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації

2. Østergaard P.A., Duic N., Noorollahi Y., Mikulcic H., Kalogirou S. Sustainable development using renewable energy technology. *Renew. Energy*. 2020. 146. P. 2430–2437.
3. Singh B.R., Singh, O. Global trends of fossil fuel reserves and climate change in the 21st century. In: *Fossil Fuel and the Environment*. 2012.
4. Kazemi Shariat Panahi, Kinder J.E., Ezeji T.C., A review on green liquid fuels for the transportation sector: A prospect of microbial solutions to climate change. *Biofuel Res. J.* 2019. 6(3). P. 995–1024.
5. Sarwal R., Kumar S., Mehta A., et al. Roadmap for ethanol blending in India 2020-25. *OSF Prepr.* 2021. P. 1–72. <http://dx.doi.org/10.31219/osf.io/825mz>.
6. Woiciechowski A.L., Neto C.J., de Souza Vandenberghe LP. et al. Lignocellulosic biomass: Acid and alkaline pretreatments and their effects on biomass recalcitrance—conventional processing and recent advances. *Bioresour. Technol.* 2020. 304. 122848.
7. Parakh P.D., Nanda S., Kozinski J.A. Eco-friendly transformation of waste biomass to biofuels. *Curr. Biochem. Eng.* 2020. 6 (2). P. 120–134.
8. Panahi H.K., Dehghani M., Aghbashlo M., Karimi K., Tabatabaei M. Conversion of residues from agro-food industry into bioethanol in Iran: An under-valued biofuel additive to phase out MTBE in gasoline. *Renew. Energy* 2020. 145, P. 699–710.
9. Alalwan H.A., Alminshid A.H., Aljaafari, H.A. Promising evolution of biofuel generations. Subject review. *Renew. Energy Focus* 2019. 28, P. 127–139.
10. Bhatia S.K., Kim S.H., Yoon J.J., Yang Y.H., Current status and strategies for second generation biofuel production using microbial systems. *Energy Convers. Manage.* 2017. 148, P. 1142–1156.
11. Chowdhury H., Loganathan B. Third-generation biofuels from microalgae: A review. *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.* 2019. 20, P. 39–44.
12. Abdullah B., Muhammad S.A., Shokravi Z., et al. Fourth generation biofuel: A review on risks and mitigation strategies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2019. 107, P. 37–50.
13. Ferreira, J.A., Taherzadeh, M.J., Improving the economy of lignocellulose-based biorefineries with organosolv pretreatment. *Bioresour. Technol.* 2020. 299, P. 122695.
14. Ciria Barro Biomass resource assessment. *Biomass Supply Chains for Bioenergy and Biorefining*. Woodhead Publishing, 2016. pp. 53–83.
15. Deshavath N.N., Veeranki V.D., Goud V.V. Chapter 1 - lignocellulosic feedstocks for the production of bioethanol: Availability, structure, and composition. *Sustain. Bioenergy* 2019. P. 1–19.
16. Waliszewska B., Mleczek M., Zborowska M., Goliński P., Rutkowski P., Szentner K., Changes in the chemical composition and the structure of cellulose and lignin in elm wood exposed to various forms of arsenic. *Cellulose*. 2019. 26 (10), P. 6303–6315.
17. Tosuner Z.V., Taylan G.G., Özmihci S. Effects of rice husk particle size on biohydrogen production under solid state fermentation. *Int. J. Hydrogen Energy*. 2019. 44 (34), P. 18785–18791.
18. Han S.Y., Park C.W., Kwon G.J., Kim N.H., Kim J.C., Lee S.H. Ionic liquid pretreatment of lignocellulosic biomass. *J. Forest Environ. Sci.* 2020. 36 (2), P. 69–77.

MODERN PROBLEMS OF SCIENCE, EDUCATION AND SOCIETY

Proceedings of IX International Scientific and Practical Conference

Kyiv, Ukraine

6-8 November 2023

Kyiv, Ukraine

2023

UDC 001.1

The 9th International scientific and practical conference “Modern problems of science, education and society” (November 6-8, 2023) SPC “Sci-conf.com.ua”, Kyiv, Ukraine. 2023. 1705 p.

ISBN 978-966-8219-87-0

The recommended citation for this publication is:

Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Modern problems of science, education and society. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Kyiv, Ukraine. 2023. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-problems-of-science-education-and-society-6-8-11-2023-kiyiv-ukrayina-arhiv/>.

Editor**Komarytskyy M.L.***Ph.D. in Economics, Associate Professor*

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

e-mail: kyiv@sci-conf.com.ua

homepage: <https://sci-conf.com.ua>

©2023 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®

©2023 Authors of the articles

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

1. *Зарівняк Б. П., Павкович С. Я., Огородник Н. З., Дудар І. Ф.* 30
ПОЖИВНІСТЬ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГІБРИДУ
2. *Ищенко Т. А., Тимошенко А. О.* 33
ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ СОРТІВ СОЇ
ПОЛТАВСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ
3. *Пінчук Ю. В.* 37
АНАЛІЗ ГОРИМОСТІ ЛІСІВ ФЛІЇ «РАДОМИШЛЬСЬКЕ
ЛІСОМИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО»

VETERINARY SCIENCES

4. *Кос'янчук Н. І., Савчук К. І.* 40
ГІГІЄНИЧНІ ВИМОГИ ДО УТРИМАННЯ КОНЕЙ

BIOLOGICAL SCIENCES

5. *Бессонова В. П., Яковлева-Носарь С. О., Іванченко О. Є.,
Александрова О. В.* 43
ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПІРАЦІЇ *QUERCUS ROBUR* L. І *ACER
SAMPESTRE* L. В ПАКЛЕНОВИХ ДІБРОВАХ БАЛКИ
ВІЙСЬКОВА
6. *Глушук В. Р., Настека Т. М.* 51
АНАЛІЗ НАСЛІДКІВ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА НАФТОПРОДУКТАМИ
7. *Дроздова Т. А., Лях В. О.* 58
ПРИРОДА МУТАЦІЙ ХЛОРОФІЛЬНОЇ НЕДОСТАТНОСТІ ТА
КАРЛИКОВОСТІ У *NIGELLA DAMASCENA* L.
8. *Коробкова К. С., Затовська Т. В.* 61
ВПЛИВ БУЛЬБОЧКОВИХ БАКТЕРІЙ РІЗНОГО ГЕНОТИПУ НА
ПРОЯВ ФІТОПЛАЗМОЗУ ЛЮЦЕРНИ
9. *Кричковська Л. В., Дубоносів В. Л., Хохленкова Н. В.,
Двінських Н. В.* 66
СТАБІЛІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИРОВИНИ ВІД
ОКИСЛЮВАЛЬНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ПРИ СТВОРЕННІ
ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ
10. *Лащенко О. М., Лащенко К. С.* 73
ЖИТТЯ БЕЗ СМІТТЯ
11. *Малинович В. О., Бойка О. А.* 77
ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ СОЛЬОВОГО
РОЗЧИНУ НА ГІБРИДИ ОГІРКУ АНІКА F1, ЕЛІЗА F1 ТА
ЧИСТІ СТАВКИ
12. *Настека Т. М., Решетар Н. В.* 82
ВПЛИВ ПОВІТРЯНОЇ ТРИВОГИ НА СЕРЦЕВО-СУДИНУ
СИСТЕМУ УЧНІВ ПОЧАТКОВОЇ ШКОЛИ М. КИЇВ

13.	<i>Нечаюк Я. В.</i> ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕГУЛЯЦІЇ ФІТОГОРМОНІВ	88
14.	<i>Цитнарська А. І., Зубарева І. М., Кузьмініч О. М.</i> ВИВЧЕННЯ УМОВ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГІДРОЛІЗУ КУКУРУДЗЯНОГО КРОХМАЛЮ	92
15.	<i>Шарамок Т. С., Машикова К. А.</i> ОСОБЛИВОСТІ ГІСТОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ГЕПАТОПАНКРЕАСУ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО (CARASSIUS GIBELIO) Р. САМАРА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	95
MEDICAL SCIENCES		
16.	<i>Nabil Basim Yousif Haddad</i> FEATURES OF THE "SUBPATHOLOGICAL" CONSTITUTIONAL TYPE IN UKRAINIAN MEN WITH BENIGN NEVI	100
17.	<i>Shupiatkyi I., Bazun Ya., Ivanenko A.</i> DENTAL PHOBIA. SYMPTOMS. ORIGINS OF DENTAL PHOBIA. POSSIBLE OUTCOMES AND WAYS OF TREATMENT	103
18.	<i>V'юн Т., Hlushko S., Sloz D.</i> ENDOTHELIAL DYSFUNCTION AS A FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF RENAL DYSFUNCTION IN PATIENTS WITH HYPOTHYROIDISM	111
19.	<i>Абдо Дžoана Мустафа, В'юн Т. І.</i> АНТИМІКРОБНА РЕЗИСТЕНТНІСТЬ: АКТУАЛЬНІСТЬ ТА МЕТОДИ ВИРШЕННЯ	116
20.	<i>Бажан Т. А.</i> ЛАЗЕРКОАГУЛЯЦІЯ ТА VEGF-ТЕРАПІЯ У ЛІКУВАННІ ГОСТРИХ ПОРУШЕНЬ ВЕНОЗНОГО КРОВООБІГУ СІТКІВКИ	119
21.	<i>Безкоровайна Л. П.</i> ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЯ В ДОСЛІДЖЕННІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЖУВАЛЬНИХ М'ЯЗИВ У ЗДОРОВИХ ЛЮДЕЙ	121
22.	<i>Благодир А. К., В'юн Т. І.</i> РИЗИКИ РОЗВИТОК ІНСУЛЬТІВ У ПАЦІЄНТІВ З ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ	126
23.	<i>Боднарчук О. В.</i> ОЦІНКА МЕТАБОЛІЗМУ ЛІПІДІВ, ГЛІКЕМІЇ ТА ІНСУЛІНЕМІЇ У ВАГІТНИХ ЖІНОК ІЗ ОЖИРІННЯМ НА ФОНІ НЕСТАЧІ/ДЕФІЦИТУ ВІТАМІНУ Д	130
24.	<i>В'юн Т. І., Лазирська А. В., Дацун В. Є.</i> ПОВТОРНА ГОСПІТАЛІЗАЦІЯ ПАЦІЄНТІВ СІМЕЙНОЇ МЕДИЦИНИ: МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ	136
25.	<i>Вітовцик Т. О.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ ПРИ МУКОВІСЦИДОЗІ	139

26. *Гаркуша М. А., Веснін В. В., Алиєва С. В.* 146
ОСОБЛИВОСТІ БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КРОВІ У ХВОРИХ ЖІНОК З ОСТЕОПОРОТИЧНИМ ПЕРЕЛОМОМ ДИСТАЛЬНОГО ВІДДІЛУ ПЕРЕДПЛІЧЧЯ
27. *Дзевульська І. В., Маліков О. В.* 150
АНАТОМО-ФІЗІОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПОЯВИ ПРОТРУЗІЙ МІЖХРЕБЦЕВИХ ДИСКІВ
28. *Глацук Т. О., Чобану Я. В.* 151
АНАЛІЗ ПРАВИХ ВІДДІЛІВ СЕРЦЯ У ПАЦІЄНТІВ З ХРОНІЧНИМ СТРУКТИВНИМ ЗАХВОРЮВАННЯ ЛЕГЕНЬ ТА ХРОНІЧНИМ КОРОНАРНИМ СИНДРОМОМ ТА ПРИ ЇХ ПОЄДНАННІ
29. *Кича І. І., Федорова Е. В., Таран О. М.* 156
НЕЗАДОВЛІЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ РІВНЮ ГЛІКЕМІЇ, ЯКИЙ ПОВ'ЯЗАНИЙ З ВИСОКИМ РИЗИКОМ ПОРУШЕННЯ НЕРВОВОГО РОЗВИТКУ У ДІТЕЙ ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ І ТИПУ
30. *Колесник В. П., Гончарова Н. М., Строміло А. В., Літвінова Д. Г.* 164
ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕРАПІЇ ПІСЛЯ ОПЕРАЦІЙНИХ РАН У ХІРУРГІЧНИХ СТАЦІОНАРАХ МЕТОДИКОЮ VAS-ТЕРАПІЇ
31. *Коляда О. М., Шевченко В. Ю.* 166
ВПЛИВ НАВКОЛИШНИХ ЧИННИКІВ НА ВИНИКНЕННЯ ОНКОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ
32. *Марцафей Н. М.* 169
ДОСВІД КОМПЛЕКСНОГО ЛІКУВАННЯ МЕТОДОМ ГІПЕРБАРИЧНОЇ ОКСИГЕНАЦІЇ ТА ПОЛЯРИЗОВАНИМ СВІТЛОМ В ПЕДІАТРІЇ
33. *Масленников С. О., Авраменко Ю. М., Головаха М. Л.* 173
МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТРОМАЛЬНО-ВАСКУЛЯРНОЇ ФРАКЦІЇ ІНФРАПАТЕЛЯРНОГО ЖИРОВОГО ТІЛА
34. *Мироник О. В., Мойсюк І. І.* 179
РЕФРАКТЕРНА АТИПОВА ТРИГЕМІНАЛЬНА НЕВРАЛГІЯ, АСОЦІЙОВАНА З РЕАКТИВОВАНОЮ ГЕРПЕСВІРУСНОЮ ІНФЕКЦІЄЮ
35. *Проценко Д. В., Спасов Д. А., Кривоногих К. Р., Демочко Г. Л.* 185
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ В ВАЖКОДОСТУПНИХ РЕГІОНАХ: ВИКОРИСТАННЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНИ ТА МОБІЛЬНИХ ПУНКТІВ ДОПОМОГИ
36. *Слободян К. В.* 188
ПОРУШЕННЯ ФУНКЦІЇ НИРОК У СТАТЕВОНЕЗРІЛИХ ЩУРІВ ІЗ СУЛЕМОВОЮ НЕФРОПАТІЄЮ ПРИ НАВАНТАЖЕННІ 3% РОЗЧИНОМ ХЛОРИДУ НАТРІЮ ЗА УМОВ БЛОКАДИ НИРКОВИХ ПРОСТАГЛАДІНІВ ІНДОМЕТАЦИНОМ

37.	<i>Супруненко В. Г., Кулай Н. І., Стафійчук О. П.</i>	192
	ВИНИКНЕННЯ ПСИХОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ПРИ НАДМІРНУМУ ПЕРЕГЛЯДІ ЗМІ	
38.	<i>Терянік Т. А., Чернета В. М., Заказнов В. Ф.</i>	195
	ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ СТРЕСУ НА ОСНОВІ МАЙНДФУЛНЕС В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ	
39.	<i>Чорний В. В.</i>	199
	ОЦІНКА МІЦНОСТІ ВУЗЛІВ КРІПЛЕННЯ ФІКСУЮЧИХ ГВИНТІВ В ВУГЛЕЦЬ-ВУГЛЕЦЕВО КОМПОЗИТНИХ ІМПЛАНТАТАХ ДЛЯ ОСТЕОСИНТЕЗУ	
40.	<i>Чумак Л. І.</i>	202
	ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ ТА СКЛАДОВИХ ЯКОСТІ ЖИТТЯ ПІДЛІТКІВ, ХВОРИХ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ І ТИПУ	
41.	<i>Шкляр Х. В.</i>	205
	ОЦІНКА БІОФІЗИЧНИХ І БІОХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТОВОЇ РІДИНИ ПРИ ПОЧАТКОВОМУ КАРІЄСІ ЗУБІВ У ДІТЕЙ МОЛОДШОГО ВІКУ	
42.	<i>Янішен І. В., Андрієнко К. Ю., Погоріла А. В.</i>	212
	ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ АТРОФІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТКАНИН ПРОТЕЗНОГО ЛОЖА ПАЦІЄНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗНІМНИХ ОРТОПЕДИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛЕГОВАНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	
PHARMACEUTICAL SCIENCES		
43.	<i>Задніпрянець М. М.</i>	216
	БАКТЕРІЇ РОДУ STREPTOMYCES, ЯКІ ВОЛОДІЮТЬ ПРОТИПУХЛИННИМ ЕФЕКТОМ	
44.	<i>Панкратов І. О., Мосненко Є. В.</i>	223
	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФАРМАЦЕВТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ НА ПРИКЛАДІ АПТЕЧНОЇ УСТАНОВИ В УМОВАХ КОРОНАВІРУСНОЇ ХВОРОБИ (COVID-19)	
CHEMICAL SCIENCES		
45.	<i>Boychuk O. V., Pershina K. D.</i>	225
	ELECTROCHEMICAL IMPEDANCE SPECTRA OF THE ALUMINIUM FILMS WITH GRAPHENE-BENTONITE COVERING	
46.	<i>Авраменко В. Л., Підгорна Л. П., Віпник А. М., Карандашов О. Г.</i>	229
	ВПЛИВ УФ-ОПРОМІНЮВАННЯ ПОЛІЕТИЛЕНУ І ПОЛІСТИРОЛУ НА ВЛАСТИВОСТІ ЇХ СУМІШЕЙ	
47.	<i>Авраменко В. Л., Підгорна Л. П., М'ягохліб І. П., Реука Ю. В., Карандашов О. Г.</i>	234
	ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ УСАДКИ КРИСТАЛІЧНИХ ПОЛІМЕРІВ	

48. *Бабич І. В., Коваленко І. В., Власенко Н. С., Зульфїгаров А. О.* 237
СПОСОБ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
З ВИКОРИСТАННЯМ КРІОГЕЛЯ
49. *Генчева В. І., Федїк І. В.* 241
ОРГАНОЛЕПТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕЯКИХ
ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПШЕНИЧНОГО ТА
ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА
50. *Іванець Л. М., Горлачук Н. В., Зарївна Н. О.* 246
СПІВСТАВЛЕННЯ ВІЛЬНИХ ЕНЕРГІЙ АКТИВАЦІЇ
НЕКАТАЛІТИЧНОЇ І КАТАЛІЗОВАНОЇ ПРИДИНОМ РЕАКЦІЇ
ГІДРАЗИДУ О,О-ДИФЕНІЛТІОФОСФОРНОЇ КИСЛОТИ З
ФЕНІЛІЗОТІОЦІАНАТОМ В БЕНЗОЛІ
51. *Стахурський М. С.* 250
ПЕРСПЕКТИВИ ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВА З БІОМАСИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ
52. *Стругацька М. Б., Каряка Н. С., Дьяконенко В. В.,* 254
Шишкіна С. В., Смола С. С., Русакова Н. В., Овчинніков В. А.,
Слива Т. Ю., Амїрханов В. М.
СТРУКТУРНІ ТА ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ
КОМПЛЕКСІВ ЛАНТАНОЇДІВ (III) З
КАРБАЦІЛАМІДОФОСФАТОМ ТА α, α' -БІПРИДИНОМ
53. *Штогрин М. О., Власенко Н. С., Зульфїгаров А. О.,* 260
Коваленко І. В.
ХІМІЧНІ МАТЕРІАЛИ У ЗВАРЮВАЛЬНОМУ НАПРЯМКУ
54. *Яковець С. М., Коваленко І. В., Власенко Н. С., Зульфїгаров А. О.* 264
МЕТОДИ СИНТЕЗУ НАНОДИСПЕРСНОГО ДІОКСИДУ
ТИТАНУ
- TECHNICAL SCIENCES**
55. *Khrulev A.* 268
MODELING OF DAMAGE TO CONROD-PISTON GROUP
DURING HYDROLOCK IN INTERNAL COMBUSTION ENGINE
CYLINDER
56. *Kryvenko G. M.* 276
THE INFLUENCE OF FACTORS ON THE SAFETY OF PIPELINE
TRANSPORT
57. *Musaiev Z. R.* 280
ANALYSIS OF THE KINEMATICS OF THE WORKING
EQUIPMENT OF THE SMALL-SIZED LOADER PMTS 1200
BASED ON COMPUTER MODELING
58. *Rudnichenko M. D., Kunup T. V., Gezha N. I.* 286
ON THE PRELIMINARY RESULTS OF AN AUTOMATIC LLM
EXPERIMENTAL COMPARISON PLATFORM

УДК 631.353.3; 631.53.023

**ПЕРСПЕКТИВИ ОТРИМАННЯ БІОПАЛИВА З БІОМАСИ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ**

Стахурський Максим Сергійович

Студент

Київський національний університет технологій і дизайну
м. Київ, Україна

Вступ. Однією з найважливіших видів діяльності у світі є сільське господарство. Сільськогосподарська діяльність призводить до виробництва великої кількості відходів сільськогосподарської біомаси, які набули інтересу через високу теплотворну здатність. Біомаса сільськогосподарських відходів складається з лігноцелюлозних матеріалів, що включають целюлозу, геміцелюлозу, лігнін та інші сполуки, що утворюють дуже складну структуру [1] і вважається невідкладною сировиною для виробництва біопалива [2]. Встановлено, що біомаса рису, кукурудзи та пшениці забезпечує найвищий вихід біоетанолу [3].

Переваги використання сільськогосподарської біомаси як сировини для виробництва біопалива включають: зменшення забруднення навколишнього середовища, спричинене захороненням залишків сільськогосподарських відходів; зменшення потреб у землі для захоронення великої кількості сільськогосподарських відходів; велику кількість; низьку вартість субстрату та високий відсоток лігноцелюлози в залишку.

До недоліків відносять: високу вартість переробки; низьку продуктивність біопалива; конкуренцію між виробництвом продуктів харчування та палива; складнощі в великомасштабному виробництві біопалива з мінімальними економічними інвестиціями [4].

Мета роботи полягала в оцінці тенденції використання етанолу як пального та дослідженні методів його виробництва для підвищення продуктивності.

Матеріали та методи. Велика кількість залишків сухої агробіомаси зараз в 7 разів більше ніж кількість перероблюємої біомаси. Повне використання потенціалу цих ресурсів вимагатиме нової великої інфраструктури біопереробного заводу. Аналогічно нафтопереробному заводу, у концепції заводу з переробки агробіомаси вихідна сировина буде перетворена на широкий спектр продуктів. До них належать паливо, електроенергія та теплоенергія, корми для тварин і різноманітні хімічні речовини.

Вивчення досліджень з біопалива вказує на те, що успіх у досягненні цілей щодо виробництва залежить від високоефективних процесів дуже великомасштабного перетворення лігноцелюлози в етанол [5].

Дріжджі *Saccharomyces* є основною культурою, яка задіяна в майже всьому сучасному промисловому виробництві етанолу шляхом бродіння. Ці дріжджі виробляють високу концентрацію етилового спирту з низьким рівнем побічних продуктів і мають високу життєздатність клітин і характеристики флокуляції, необхідні для повторної переробки клітин. Серйозним обмеженням є те, що дріжджі ферментують лише вузький діапазон вуглеводних субстратів. Це обмеження було успішно усунено за допомогою генно-інженерних дріжджів, які здатні до одночасного бродіння глюкози та ксилози.

Крім того до методів, спрямованих на поліпшення продуктивності, включають наступні дії:

- розробка нових штамів дріжджів *Saccharomyces uvarum*, які можуть швидко ферментувати цукор, витримують високу концентрацію алкоголю, швидко флокулюються і мають регуляторну систему, яка дозволяє їм виробляти алкоголь під час росту;
- використання неперервної ферментації з переробкою з використанням швидко флокулюючих дріжджів;
- безперервна вакуумна ферментація, в якій етанол неперервно випаровується при низькому тиску з бродильної сировини;
- використання іммобілізованих дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* у заповненому резервуарі замість традиційного метода з перемішуванням.

Результати та обговорення.

З літератури відомо, що грам-негативні бактерії *Zyotomonas mobilis* поглинають глюкозу та виробляють етанол у чотири рази швидше, ніж дріжджі, з виходом спирту до 97% від теоретичного максимального значення [6]. Проте *Zyotomonas mobilis* використовує лише три субстрати: глюкозу, фруктозу та сахарозу. Зростання на фруктозі та сахарозі призводить до перетворення 10% субстрату в продукти, відмінні від спирту, такі як дигідроксіацетон, маніт і гліцерин.

Таким чином, використання замість дріжджів грам-негативних бактерій *Zyotomonas mobilis* надає декілька переваг, зокрема:

- більш високу ніж у дріжджів швидкість перетворення глюкози при виробництві етанолу. Заявляється, що в неперервній ферментації бактерії *Zyotomonas* виробляють до 300% більше етанолу, ніж дріжджі.
- вищий відсоток виходу етанолу при меншій біомасі порівняно з дріжджами. Кількість *Zyotomonas*, необхідна для виробництва, набагато менша, ніж у дріжджів.
- більша толерантність до етанолу (до 16%) ніж у деяких штамів дріжджів.
- спроможність *Zyotomonas* зростати в цукрових розчинах з високою концентрацією глюкози (до 40%), що повинно призводить до підвищення ефективності виробництва етанолу.

Проте при переробці агробіомаси необхідні використовувати бактеріально-дріжджові консорціуми для максимального ефективного рівня виробництва біопалива.

Висновки. Майбутнє біоетанолу як альтернативного палива залежить від подальшого підвищення ефективності та економічності перетворення лігноцелюлози на етиловий спирт. Проте необхідні більш глибокі дослідження виробництва біопалива для максимального ефективного виробництва та транспортування біопалива для збільшення його використання в усьому світі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Abdullah B., Muhammad S. A., Shokravi Z., et al. Fourth generation biofuel: A review on risks and mitigation strategies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2019. 107, P. 37–50.
2. Parakh P. D., Nanda S., Kozinski J. A. Eco-friendly transformation of waste biomass to biofuels. *Curr. Biochem. Eng.* 2020. 6 (2). P. 120–134.
3. Panahi H. K., Dehghani M., Aghbashlo M., Karimi K., Tabatabaei M. Conversion of residues from agro-food industry into bioethanol in Iran: An under valued biofuel additive to phase out MTBE in gasoline. *Renew. Energy* 2020. 145, P. 699–710.
4. Ferreira J. A., Taherzadeh M. J., Improving the economy of lignocellulose-based biorefineries with organosolv pretreatment. *Bioresour. Technol.* 2020. 299, P. 122695.
5. Deshavath N. N., Veeranki V. D., Goud V. V. Chapter 1 - lignocellulosic feedstocks for the production of bioethanol: Availability, structure, and composition. *Sustain. Bioenergy* 2019. P. 1–19.
6. Waliszewska B., Mleczek M., Zborowska M., Goliński P., Rutkowski P., Szentner K., Changes in the chemical composition and the structure of cellulose and lignin in elm wood exposed to various forms of arsenic. *Cellulose.* 2019. 26 (10), P. 6303–6315.
7. Tosuner Z. V., Taylan G. G., Özmihçi S. Effects of rice husk particle size on biohydrogen production under solid state fermentation. *Int. J. Hydrogen Energy.* 2019. 44 (34), P. 18785–18791.