

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності
183 Технології захисту навколишнього середовища

Тема роботи: Технологія виробництва біоетанолу з метою зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище

Виконала:
студентка Бартош Еліза Юріївна

Керівник:
Професор, завідувач кафедри екології
та природозахисних технологій СумДУ
Пляцук Леонід Дмитрович

Залікова книжка
№ 22510183

Підпис: _____
дата, підпис

Підпис: _____

Консультант з охорони праці:
старший викладач Фалько В.В.

Підпис: _____
дата, підпис

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Секретар ЕК
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Бартош Елізи Юрївни

1. Тема проєкту (роботи) Технологія виробництва біоетанолу з метою зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище
затверджена наказом по університету від “21” листопада 2023 р. № 1315-VI.
2. Термін здачі студентом закінченого проєкту (роботи) 25 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Наукові джерела щодо технології виробництва біоетанолу; огляд технологій отримання біоетанолу; стан екологічної безпеки довкілля;
4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
Технологічні схеми виробництва біоетанолу другого покоління;
структура впливів на навколишнє середовище від використання біоетанолу;
технологія виробництва біоетанолу як перспективного біопалива та альтернатива традиційним видам палива;
вивчення стану розвитку біоенергетики в Україні та за кордоном;
вивчення аналітичних методів складу біопалива та викидів; аналіз методів оцінки життєвого циклу;
дослідження технології виробництва біоетанолу;
аналіз зниження антропогенного впливу на атмосферу при використанні біоетанолу;
вивчення нормативів забезпечення охорони праці;

5. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Фалько В.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	Вересень 2023 р.	
2	Аналіз виробництва рідкого біопалива в Україні	Жовтень 2023 р.	
3	Методи аналізу складу біопалива та викидів	Жовтень 2023 р.	
4	Аналіз зниження техногенного впливу на атмосферне повітря при використанні біоетанолу	Листопад 2023 р.	
5	Оцінка життєвого циклу біоетанолу другого покоління	Листопад 2023 р.	
6	Робота над розділом «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	Грудень 2023 р.	
7	Оформлення роботи	Грудень 2023 р.	

6. Дата видачі завдання 25.09.2023 року

Студентка _____

Е.Ю.Бартош

Керівник проекту _____

Л.Д.Пляцук

РЕФЕРАТ

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 21 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 56 сторінки, у тому числі 1 таблиця, 17 рисунків, перелік джерел посилання 3 сторінки.

Мета роботи – визначити технологію виробництва біоетанолу та встановити вплив на довкілля під час використання цього біопалива з метою зменшення техногенного навантаження.

Завдання роботи – проаналізувати технологію виробництва біоетанолу та його вплив на навколишнє середовище.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва біоетанолу другого покоління як перспективного біопалива та альтернатива традиційним видам палива.

Предмет дослідження – стан навколишнього середовища під час виробництва та використання біоетанолу.

Одержані результати – здійснено патентний огляд технологій отримання біоетанолу другого покоління, проаналізовано правове підґрунтя використання біопалив в Україні, вивчено та проаналізовано технологію отримання біоетанолу, надано оцінку життєвому циклу біоетанолу другого покоління.

Ключові слова: БІОЕТАНОЛ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ, БІОПАЛИВО, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ, ВИКИДИ, ВІДХОДИ.

ЗМІСТ

Розділ 1 Літературно-патентний огляд досліджуваної теми	7
1.1 Порівняння стану розвитку біоенергетики в Україні та за кордоном	7
1.2 Виробництво біоетанолу як складова енергонезалежності нашої держави ...	13
1.3 Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище під час виробництва та використання біопалива	14
1.4 Патентний пошук технологій виробництва біоетанолу для автотранспорту	17
1.5 Виробництво рідкого біопалива в Україні. Ошибка! Закладка не определена.	
Розділ 2 Об'єкт та методика дослідження	23
2.1 Біоетанол другого покоління як об'єкт дослідження	23
2.2 Методи аналізу складу біопалива та викидів	24
2.3 Методика оцінки життєвого циклу	26
Розділ 3 Результати дослідження	31
3.1 Технологія виробництва біоетанолу другого покоління	31
3.2 Аналіз зниження техногенного впливу на атмосферне повітря при використанні біоетанолу другого покоління.....	34
3.3 Оцінка життєвого циклу біоетанолу другого покоління	40
3.4 Проблемні ситуації з паливом.....	43
Розділ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	46
4.1. Безпека праці при поводженні з паливними матеріалами	46
4.2. Особливості реагування при виникненні пожежі	48
Висновки	51
Перелік джерел посилання	53
Додатки.....	56

Підп. і дата	
Технологія	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

ТС 22510183

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
Розроб.		Бартош		
Перев.		Пляцук		
Н.Конт		Батальцев		
Затв.		Пляцук		

Технологія виробництва
біоетанолу з метою
зменшення техногенного
навантаження на

Літ.	Аркуш	Аркушів
	4	56
СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС.м-21		

РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕМИ

1.1 Стан розвитку та подолання газових криз біоенергетики в Україні та закордоном

Біоенергетика – це галузь електроенергетики, що використовує біопаливо, яке виробляють з біомаси. Біомасу використовують в енергетичних цілях для виробництва палива, електроенергії, тепла.

В ЄС біоетанол з лігноцелюлозної сировини класифікується як сучасне біопаливо. Згідно з останньою версією Директиви ЄС 2018/2001, для біопалива, виробленого з продовольчих культур, максимальна норма транспортування встановлена на рівні 7%.

Водночас до 2030 року будуть посилені вимоги щодо доступу до сировини для виробництва з урахуванням прямих і непрямих ризиків землекористування. Для нових членів ЄС може застосовуватися ставка до 2%.

Україна має право домагатися встановлення для себе нормативу 7%, але це питання переговорного процесу України щодо вступу до ЄС. Наразі в Україні немає законів, які б обов'язково використовували паливні суміші на основі біоетанолу, а також забороняли їх використання.

Погіршення ринкової кон'юнктури військового часу створило можливості для продажу паливних сумішей E5 і E10, які містили вміст етанолу до 5% і 10% відповідно.

За інформацією International Energy Agency (IEA) біоенергетика становить десяту частину загального обсягу первинної енергії у світі [1].

Біоенергетика є найбільшим відновлювальним джерелом тепла. Згідно з прогнозами європейських експертів зросте на 12 % (1,7 ЕДж) у період 2019–2024 років (рисунок 1.1). Дві третини всієї біоенергії використовують у промисловому секторі.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510183

Арк

7

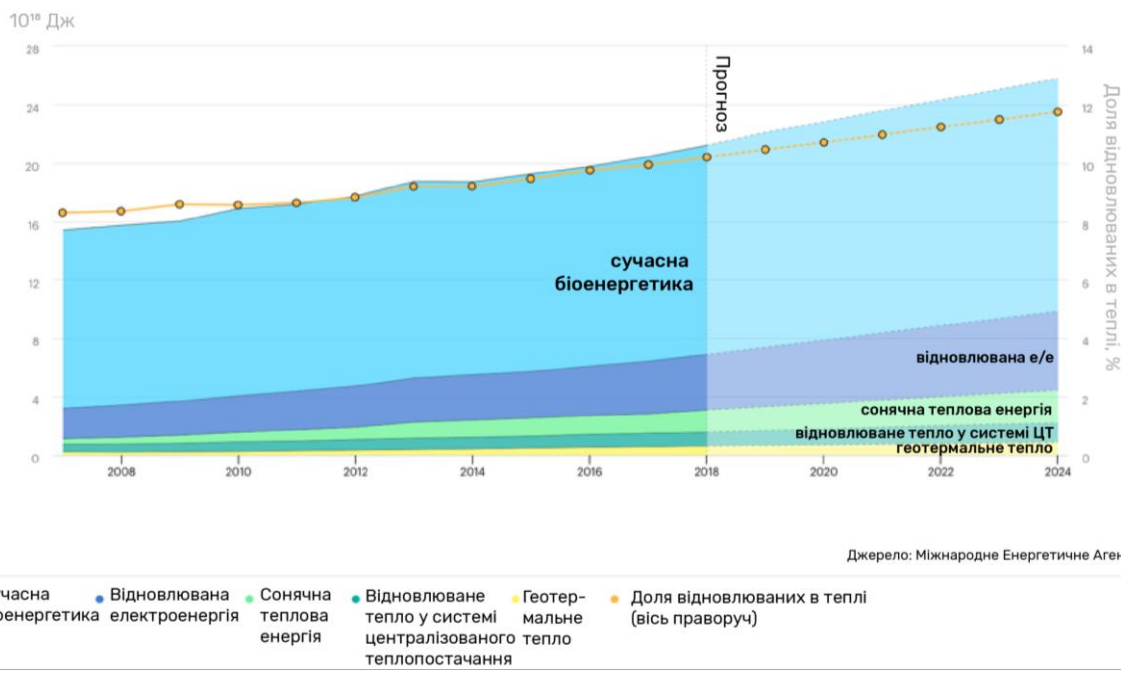


Рисунок 1.1 – Споживання відновлюваного тепла у 2007–2024 рр.

У Європі, так само, як і в інших передових світових спільнотах, розвиток сучасної біоенергетики стає ключовою складовою для забезпечення енергетичної безпеки та протидії глобальним змінам клімату. Це особливо актуально в контексті російської агресії та зростання цін на енергоносії.

«Сучасна біоенергетика» охоплює різноманітні сучасні технології спалювання біомаси в котлах, ТЕС та ТЕС, біометанові та біогазові технології, технології виробництва рідкого біопалива першого та другого покоління.

Є численні приклади успішної реалізації сучасних біоенергетичних проектів у ЄС та у всьому світі.

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Одним з них є Fortum Värtaverket KVV8 (рисунок 1.2), розташований у центрі Стокгольма (Швеція), з населенням 2,3 мільйона. Це одна з найбільших когенераційних установок на біомасі в світі (130 МВт + 280 МВт). Fortum Värtaverket KVV8 забезпечує 80% теплової енергії міста та 20% транспортної енергії з біомаси. До 2030 року місто планує на 100% використовувати відновлювані джерела енергії (ВДЕ).



Рисунок 1.2 – ТЕЦ Fortum Värtaverket KVV8 в Стокгольмі (Швеція)

Вільнюс (550 000 осіб) має найбільшу ТЕЦ на біомасі у Східній Європі (рисунок 1.3) (70 МВт + 164 МВт). Біоенергія забезпечує 85% потреб міста в теплі та 25% потреби в електроенергії. До 2040 року Вільнюс планує отримати 100% теплової енергії з ВДЕ.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510183



Рисунок 1.4 – Avedøre Coal to biomass conversion, Amager Bakke Wte (Данія)

Роль біоенергії у виробництві теплової енергії важлива, оскільки біомаса та біопаливо можуть замінити традиційні палива та джерела енергії у виробництві теплової та електричної енергії, а також на транспорті.

У 2018 році біоенергетика витіснила природний газ загалом на 4 млрд кубометрів. Завдяки використанню біомаси він може замінити природний газ і зріджений газ, бензин, дизельне паливо, гас у двигунах внутрішнього згорання.

Що стосується електроенергетики, варто зазначити, що виробництво електроенергії з біомаси/біогазу порівняно з сонячною та вітровою енергією, є більш стабільним, вони можуть брати участь у збалансованому ринку електроенергії України, оскільки не залежить від кліматичних умов, [2].

Перспективи біоенергетики в енергетичному секторі відображаються у суміжному виробництві тепла та електроенергії (теплоелектростанції на біомасі), а також у балансуванні енергосистем із високою часткою відновлюваної енергії за рахунок використання біометану.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Проте, сучасна біоенергетика не обмежується тільки електроенергетичним сектором, важливою складовою є забезпечення автотранспорту біопаливом, до якого відносять біоетанол.

Прикладом політики збалансування споживання біоетанолу є США. Президент країни прагне скоротити споживання нафти на 4 мільйони барелів на добу протягом десяти років. Це кількість, імпортована з Близького Сходу та Венесуели.

США – найбільший виробник біоетанолу у світі. Компанії США виробляють 15 мільйонів галонів біоетанолу щорічно, що становить 56% світового виробництва біоетанолу. (рисунок 1.5).

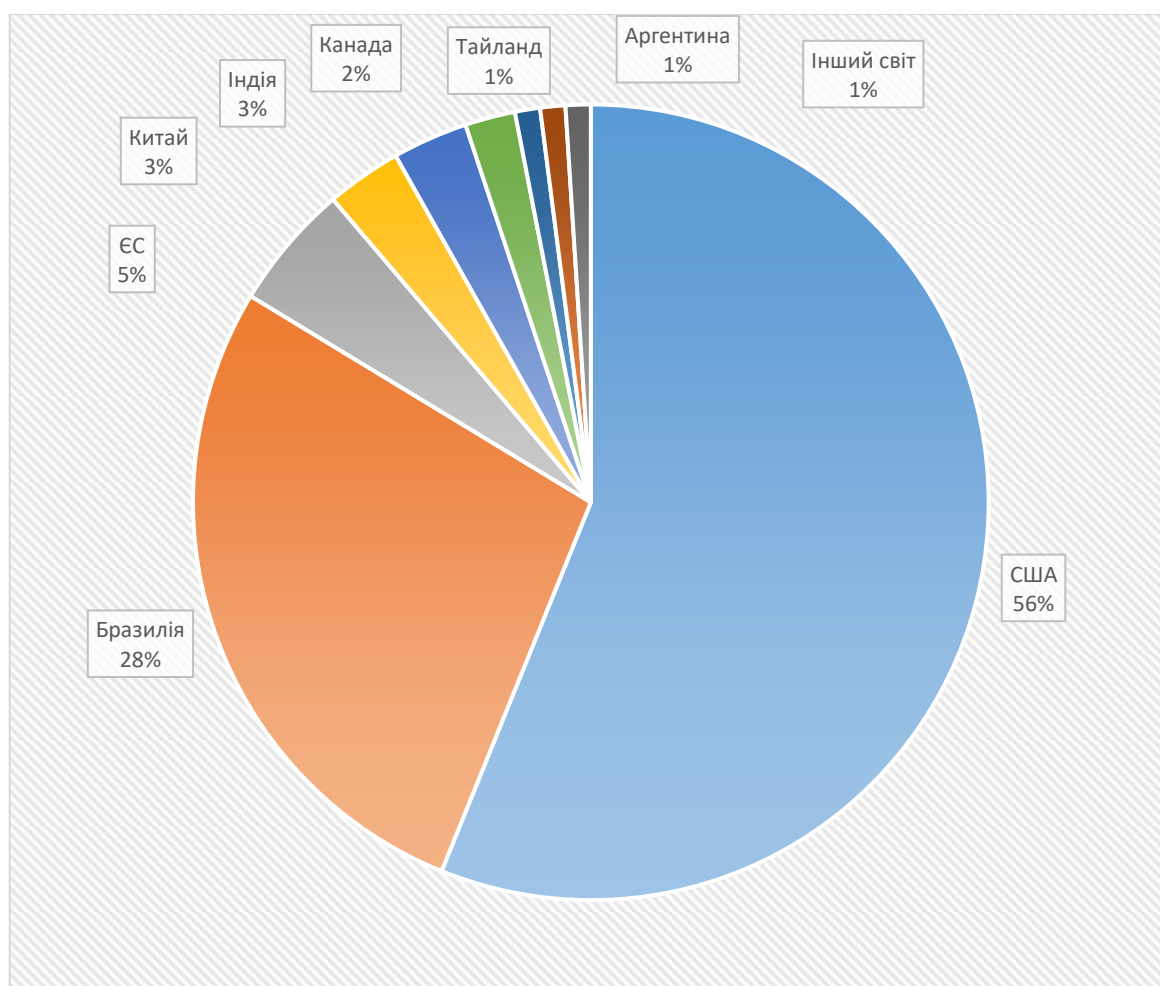


Рисунок 1.5 – 2021 рік Глобальне виробництво біоетанолу; Відсоток від світового виробництва

Підп. і дата	
Інв. № доubl.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

Сьогодні у світі існує 575 заводів з виробництва етанолу загальна продуктивність яких складає 80,6 мільйона тон. Основна сировина цих підприємств – кукурудза, цукрові буряки, цукрова тростина, пшениця. Найбільшими виробниками етанолу є США – 55%, Бразилія – 27%, ЄС – 5%, Китай – 3% і Канада – 2% [3].

1.2 Виробництво біоетанолу як складова енергонезалежності нашої держави

Дослідження показують, що немає наукових доказів дискримінації біопалива першого покоління. Незалежна оцінка пропозиції REDII Інститутом оцінки впливу (Бельгія) підтверджує цей висновок.

У 2021 році компанії, що входять до Європейської асоціації відновлюваного етанолу, виробили 4,4 млн тонн етанолу та 4,48 млн тонн високобілкових кормів для тварин. Близько 85% етанолу призначене для використання в якості палива.

Останніми роками в Україні обговорюють необхідність переходу на виробництво прогресивного біопалива з деревини та соломи. Це перспективний напрямок, особливо для України, яка має розвинене сільське господарство.

Однак у світі досі не вистачає технологій виробництва високоякісного біоетанолу в промислових масштабах за низькими витратами. За прогнозами Міністерства сільського господарства США, до 2022 року в ЄС буде працювати лише один завод з переробки соломи. Його буде в Румунії швейцарська компанія Clariant.

Річний обсяг виробництва компанії становить 50 000 тонн біоетанолу. Сировиною є 250 тис. тонн соломи місцевого виробництва. Вартість проекту становить 140 млн євро, з яких 100 млн євро надходять з власних коштів компанії та 40 млн євро з різних фондів ЄС.

Підп. і дата
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №подл.

Суміші з високим вмістом етанолу, E20 і E85, виготовляються з сільськогосподарських культур і пропонують багато додаткових переваг і все частіше використовуються в ЄС. З української кукурудзи виробляється близько 10% біоетанолу в Європі.

В умовах війни українські споживачі усвідомили економічний ефект від використання біоетанолу. По-перше, щодо цінового фактору, оскільки ціни на паливо зросли вдвічі, а доходи домогосподарств зменшилися або залишилися на тому ж рівні.

Роздрібна ціна бензину А-95 на АЗС становить 52-55 грн/л, а вартість суміші на 20% нижча, тому вибір для споживачів очевидний. Попит на паливо, що містить біоетанол, зростатиме, і цей фактор не можна ігнорувати при плануванні стратегії розвитку українського ринку автомобільного палива.

Використання E5 дозволить країні щороку економити не менше 100 тис. тонн високооктанового бензину. Це дуже добре може сприяти зниженню цін на паливному ринку. Звісно, такого ефекту можна досягти лише за рахунок використання в паливній суміші біоетанолу власного виробництва.

Виробництво біоетанолу має стати не лише комерційним проектом, а й частиною національної стратегії України. Саме цей продукт може і повинен стати одним із будівельних цеглинок енергетичної незалежності нашої країни.

Це також дасть потужний поштовх для розвитку сільського господарства. У цьому комплексі ми досягнемо значного економічного зростання та захопимо свою частку ринку ЄС. Не варто відкладати це до перемоги.

1.3 Зниження техногенного впливу на довкілля під час виробництва та використання біопалива

Причиною розробки біоетанолу та інших видів біопалива є їхня здатність викидати парникові гази шляхом заміни викопного палива. Традиційне біопаливо, таке як етанол, може спричиняти викиди парникових газів у розмірі

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510183

вуглеводні. Алкіл-ПАВ в більшій кількості, тому протягом тривалого періоду вони виживають у навколишньому середовищі.

Викиди від транспортного засобу, який заправляли E0, E10 та E85, порівняли автори дослідження. В результаті застосування стандарту Renewable Fuel Standard (RFS), E10 вже є найбільш часто використовуваним паливом у Сполучених Штатах. У порівнянні з E0, ми бачимо, що E10, і E85 зменшили викиди твердих частинок більш ніж на 95 відсотків, забезпечивши значну користь для здоров'я.

Крім того, викиди ПАВ від бензину E10 були на 67-96% нижчими, ніж E0, тоді як викиди ПАВ від E85 були на 82-96% нижчими, ніж E0. Відносна токсичність цих викидів також зменшилася — на 72% з E10 і на 83% з E85. Зазначені вище висновки свідчать про можливий позитивний вплив на здоров'я людини та зменшення викидів парникових газів при переході на суміші з високим вмістом етанолу в бензині.

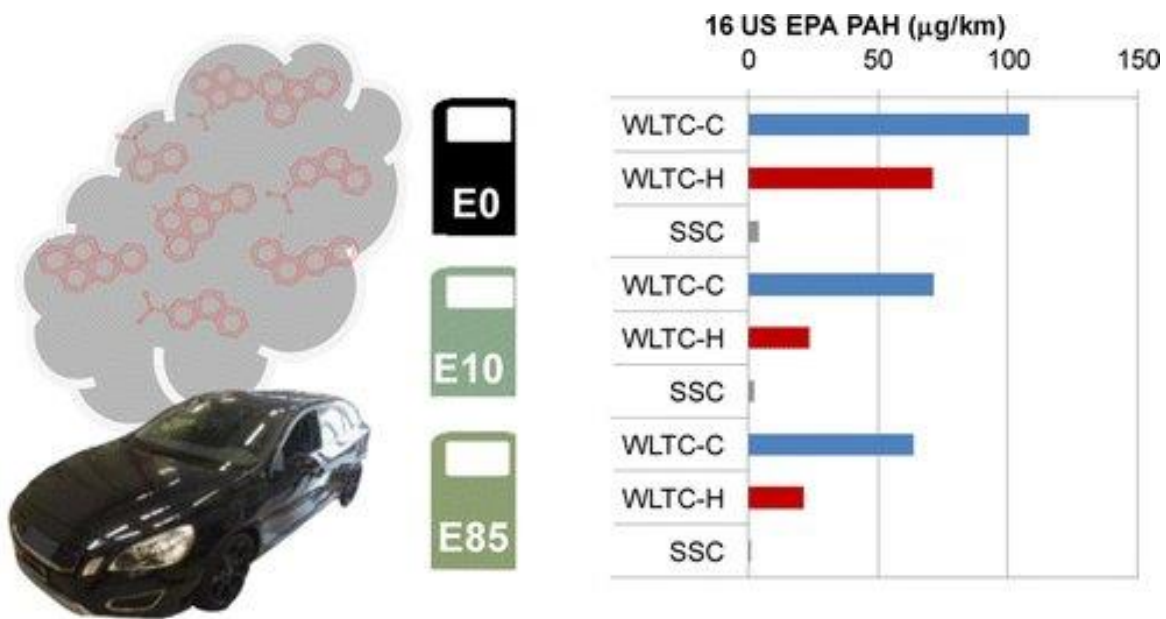


Рисунок 1.6 – Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (Всесвітній гармонізований цикл випробувань легких транспортних засобів)

Біоетанол складається з природної органічної сировини, тому паливо з таким біологічним компонентом має змогу розкладатися у довкіллі, що зменшує його негативний вплив у порівнянні зі звичайним бензином.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

використовуватися як паливо для транспортних засобів, але зазвичай він використовується у вигляді добавки до бензину для поліпшення викидів транспортних засобів і підвищення октанового числа.

Біодизельне паливо виробляють за допомогою трансестерифікації з жирів або масел. Зазвичай його використовують як добавку до дизельного палива, аби знизити рівень твердих частинок, вуглеводнів та чадного газу у автомобілях з дизельним двигуном. Також біодизельне паливо можна використовувати як паливо для транспортних засобів у чистому вигляді (B100).

Покоління біопалива.

Біопаливо першого покоління представляє собою вид палива, яке виробляється з продовольчих культур, вирощених на сільськогосподарських ділянках. Вміст цукру, крохмалю або олії у цих культурах конвертується у біодизель або етанол за допомогою процесів трансестерифікації або дріжджового бродіння. Науковці мають різні погляди на вплив біопалива першого покоління на клімат. Наприклад, у Сполучених Штатах деякі вчені стверджують, що викиди від етанолу, виготовленого з кукурудзи, можуть бути вищими, ніж викиди від нафти, тоді як інші дослідження свідчать про низькі викиди від біопалива (ВДЕ).





	<p>1-Покоління біопалива Виробляється з цукру, кукурудзи та зернових. Велика кількість вуглецю.</p>
	<p>2-Покоління біопалива Виробляється із відходів рослинництва а також залишків деревини Менша кількість парникових газів ніж в 1 поколінні.</p>
	<p>3-Покоління біопалива Виробляється з водоростей. Вуглецево нетрайльний тип біопалива</p>
	<p>4-Покоління біопалива Виробляється з ГМО продуктів Вуглецево негативний тип біопалива</p>

Рисунок 1.7 – Покоління біопалива

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Біоетанол другого покоління як об'єкт дослідження

Біоетанол – спирт етиловий зневоднений, який використовується у якості біопалива та як компонент моторного палива.

Біоетанол розділяють на 2 покоління в залежності від типу сировини. До першого покоління відносять біоетанол що вироблений із сільськогосподарських культур, що мають у своєму складі високий вміст цукру або крохмалю. До них відноситься цукровий буряк, пшениця, цукрова тростина, кукурудза.

Біоетанол другого покоління зазвичай виробляється з лігноцелюлозної біомаси (рисунок 2.1), але також можна використовувати промислові побічні продукти, такі як сироватка або неочищений гліцерин. Така біомаса зазвичай є відносно недорогою, а також легкодоступною. Лігноцелюлоза вважається відновлюваним і стійким джерелом вуглецю. Кількість доступної лігноцелюлозної біомаси залежить від кліматичних умов. Перетворення цукру в лігноцелюлозі є складнішим, ніж перетворення крохмалю.

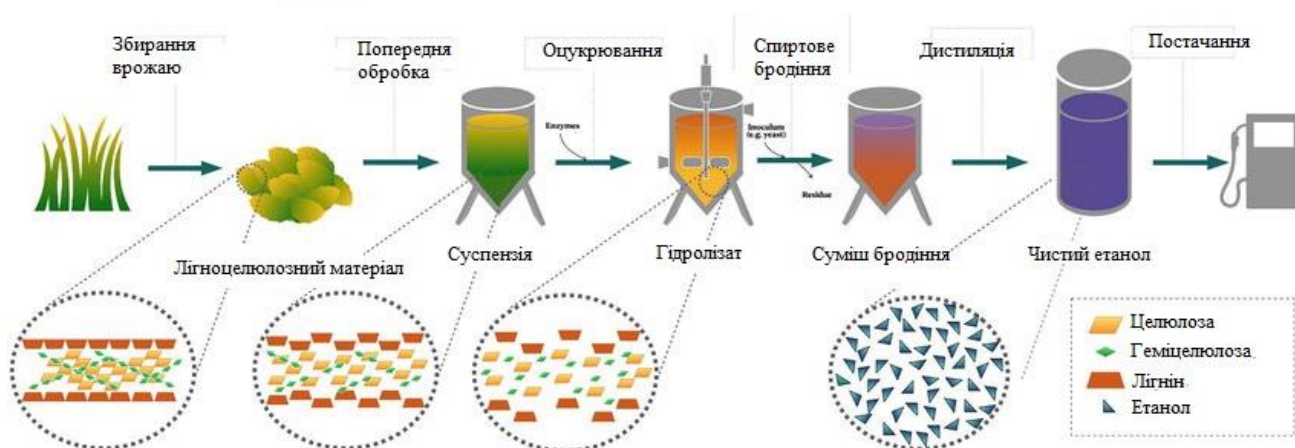


Рисунок 2.1 – Виробництво біоетанолу другого покоління

Різні види рослинної біомаси розглядалися дослідниками для використання у виробництві біопалива. Сюди входять спеціальні енергетичні

Підп. і дата
Взаєм. інв. №
Вид
Арк
№ докум.
Підп.
Дат

культури, які ростуть на низькоякісному ґрунті (наприклад, трав'янисті культури та багаторічні трави, такі як *Miscanthus sinensis* і *M.giganteus* або switchgrass. Сільськогосподарські відходи, такі як солома зернових культур, солома пшениці, кукурудзяні качани, рисове лушпиння та стеблі цукрового тростнику, також розглядалися як потенційні джерела лігноцелюлозної біомаси. Інші дослідження були зосереджені на лісових відходах деревини та лісова біомаса (кора, тирса, обрізки хвойних порід (сосна) і кора листяних порід (дуб), або на відходах парків і садів (листя, трави). Також розглядалися промислові відходи, такі як відпрацьоване зерно пивоварного виробництва та відпрацьоване зерно винокурних заводів. Розглядалися навіть тверді комунальні відходи, а саме харчові відходи, крафт-папір та паперовий шлам, що містить целюлозу.

Через високе органічне навантаження сироватка, отримана як побічний продукт сирної промисловості, є токсичною для навколишнього середовища і вимагає обробки перед видаленням як відходи. Використання сироватки як субстрату для виробництва етанолу може зменшити витрати, пов'язані з очищенням стоків на молокозаводах. Сирий гліцерин, який утворюється під час трансестерифікація тваринних жирів і рослинних олій, є значним побічним продуктом біодизельної промисловості. Ферментація сирого гліцерину, отриманого з відходів, дозволяє зменшити цей надлишок. Ферментація гліцерину здійснюється шляхом перетворення на фосфоенолпіруват (PEP) або піруват, що призводить до збільшення вмісту відновних еквівалентів і більшого виходу біоетанолу, ніж ферментація глюкози та ксилози з біомаси. Лігноцелюлозний біоетанол створює нижчі рівні парникових газів, ніж біоетанол першого покоління, і спричиняє менше забруднення повітря [10].

1.2 Методи аналізу складу біопалива та викидів

Аналіз викидів автотранспорту здійснюється в 2 шляхи: стаціонарно, тобто ті що постійно відслідковують загальний стан повітря, у фіксованому

Підп. і дата
Взаєм. інв. №
Інв. № дубл.
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510183	Арк
						24

місці та з допомогою прямих вимірювань, такі вимірювання що здійснюються методом прямих вимірювань вмісту забруднюючих речовин та параметрів газопилового потоку, саме на джерелах утворення та джерелах викидів (забруднюючих речовин) або у відібраних пробах, заснований на використанні спеціалізованих засобів вимірювальної техніки.

Для визначення різниці поміж звичайними бензиновими двигунами та бензиновими з додаванням біоетанолу потрібно здійснювати точкові заміри у місці утворенні викидів. Для такого дослідження нам потрібно виконати прямі вимірювання забруднюючих речовин. Окрім цього замірів потрібно використовувати системи що мають змогу відслідковувати основні продукти горіння палива, а саме CO, NO_x, PM2,5 та PM10. Однією з таких систем є комплекс Outdoor Air Quality Test Kit (Pro) (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Outdoor Air Quality Test Kit (Pro)

Outdoor Air Quality Test Kit (Pro) здатний відслідковувати широкий спектр забруднюючих речовин, основні з яких:

- тверді частинки PM2,5 та PM10,

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510183

- NO₂,
- O₃,
- CO,
- VOC (леткі органічні речовини)

Здійснюється визначення певного типу речовини шляхом автоматичної заміни датчика речовини. Даний комплекс обладнаний датчиком метеорологічних показників до яких відноситься: температура, вологість, швидкість вітру. Що допомагає при замірах відразу враховувати кліматичні умови [11].

2.3 Методика оцінки життєвого циклу

Визначення згідно методології оцінки життєвого циклу (ДСТУ ISO 14040:2013):

Оцінка життєвого циклу – LFS – це збір та оцінка інформації про вхідні, вихідні та потенційні впливи на навколишнє середовище протягом життєвого циклу виробничої системи.

Життєвий цикл - послідовні і взаємопов'язані етапи виробничої системи - від придбання сировини або від виробництва природних ресурсів до остаточної утилізації.

LFM моделює життєвий цикл продукту як виробничу систему, яка виконує одну або декілька визначених функцій. Основний атрибут виробничої системи характеризується своєю функцією і не може бути повністю визначений кінцевим продуктом. На малюнку 2.3 наведено приклад виробничої системи.

Виробнича система поділяється на набір окремих процесів (див. рисунок 2.4). Окремі процеси пов'язані один з одним через проміжні потоки продуктів і/або потоки відходів для переробки, з іншими виробничими системами через потоки продуктів і з навколишнім середовищем через елементарні потоки.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510183

Арк
26

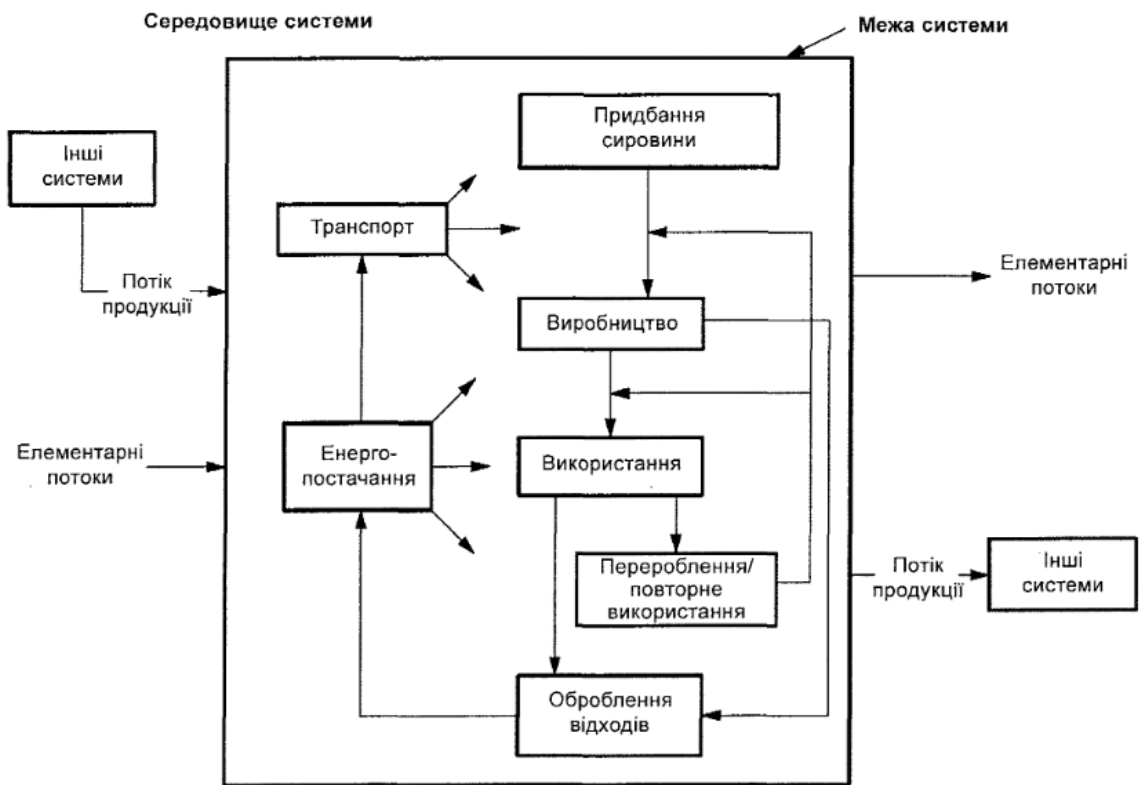


Рисунок 2.3 – Приклад продукційної системи для ОЖЦ

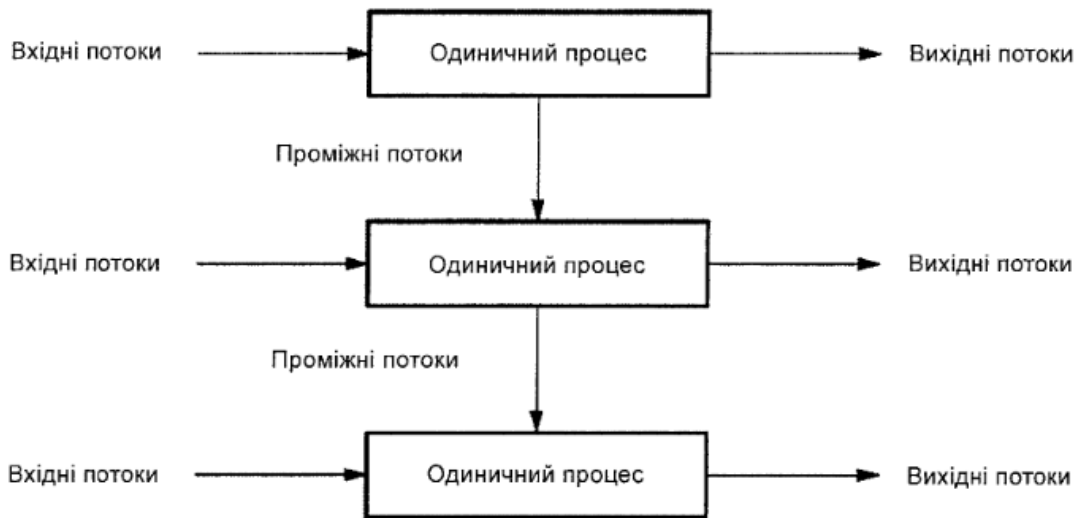


Рисунок 2.4 – Приклад групи одиничних процесів у межах продукційної системи

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

Аналіз ОЖЦ поділено на різні етапи, які узагальнено на рисунку 2.5. Визначення мети та обсягу є першим кроком дослідження ОЖЦ, де метою оцінки є встановлення і приймання рішень щодо деталей досліджуваної системи. Цей крок спрямований на чітке визначення цілей, щоб забезпечити оптимальне узгодження аналітичних цілей, методів, результатів і запланованих досліджень. Коли цілі визначені, вирішальне значення має визначення передбачуваних відповідностей, а також ступінь аналітичної глибини та ретельності дослідження. Це також має бути відображено у визначених обмеженнях дослідження. Визначення обсягу дослідження ОЖЦ включає наступні елементи: опис та характеристики досліджуваного продукту, виробничий процес та еталонний потік, межі системи, категорії впливу та відповідні методи оцінки впливу, гіпотези/недоліки.



Рисунок 2.5 – Дослідження «Етапи аналізу життєвого циклу» (ОЖЦ)
(на основі ISO 14040:2006)

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

Після визначення цілей та обсягу дослідження готується опис життєвого циклу. ОЖЦ – це компіляція та кількісна оцінка вхідних і вихідних даних для даної системи продукту протягом її життєвого циклу. Як наслідок, ОЖЦ є основою для розрахунку потенційного впливу на навколишнє середовище аналізованого продукту чи процесу. Він складається з детального відстеження всіх потоків в системі продуктів і з них, включаючи сировину або матеріали, енергію за типом, воду та викиди в повітря, рідину та суміші за певною речовиною. Важливо, щоб все використання ресурсів і викиди, пов'язані з етапами життєвого циклу, включеними до визначеної межі системи, фіксувалися в ОЖЦ.

До ОЖЦ можуть бути включені такі етапи життєвого циклу (залежно від функціонального блоку та меж системи, визначених на попередньому кроці): придбання сировини та попередня обробка; сільськогосподарське виробництво; капітальні товари; виробництво; розподіл і зберігання продукції; етап використання; логістика; використання. У випадках «багатофункціональності», тобто коли процес або об'єкт виробляє більше однієї функції/товару/«супутнього продукту», вхідні ресурси та викиди, пов'язані з процесом, розподіляються між продуктом, який цікавить, та іншими супутніми продуктами в заздалегідь визначеним способом. На основі даних інвентаризації життєвого циклу проводиться ОЖЦ для розрахунку навантаження на навколишнє середовище продукту/процесу для вибраних категорій і моделей впливу. Категорії впливу класифікуються на дві групи: Проміжний вплив та Результат. Проміжний вплив, такий як токсичність для людини, руйнування озонового шару, глобальне потепління та евтрофікація, орієнтовані на вплив. Вплив, що фіксується в індикаторах проміжного впливу, можна додатково використати для визначення категорій збитку в індикаторах результату. Індикатори кінцевої точки фокусуються на пошкодженні. Вони являють собою кількісну оцінку впливу викидів на об'єкт, який слід захищати: екосистему, здоров'я людини та доступність ресурсів.

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510183

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Технологія виробництва біоетанолу другого покоління

Накопичення лігноцелюлозної сировини для виробництва біоетанолу.

Лігноцелюлозна біомаса (рисунок 3.1) є перспективною сировиною для виробництва біоетанолу, оскільки це легко відновлюваний ресурс, що зручно транспортувати. Накопичення лігноцелюлозного матеріалу залежить від його виду, сорту, умов зростання.

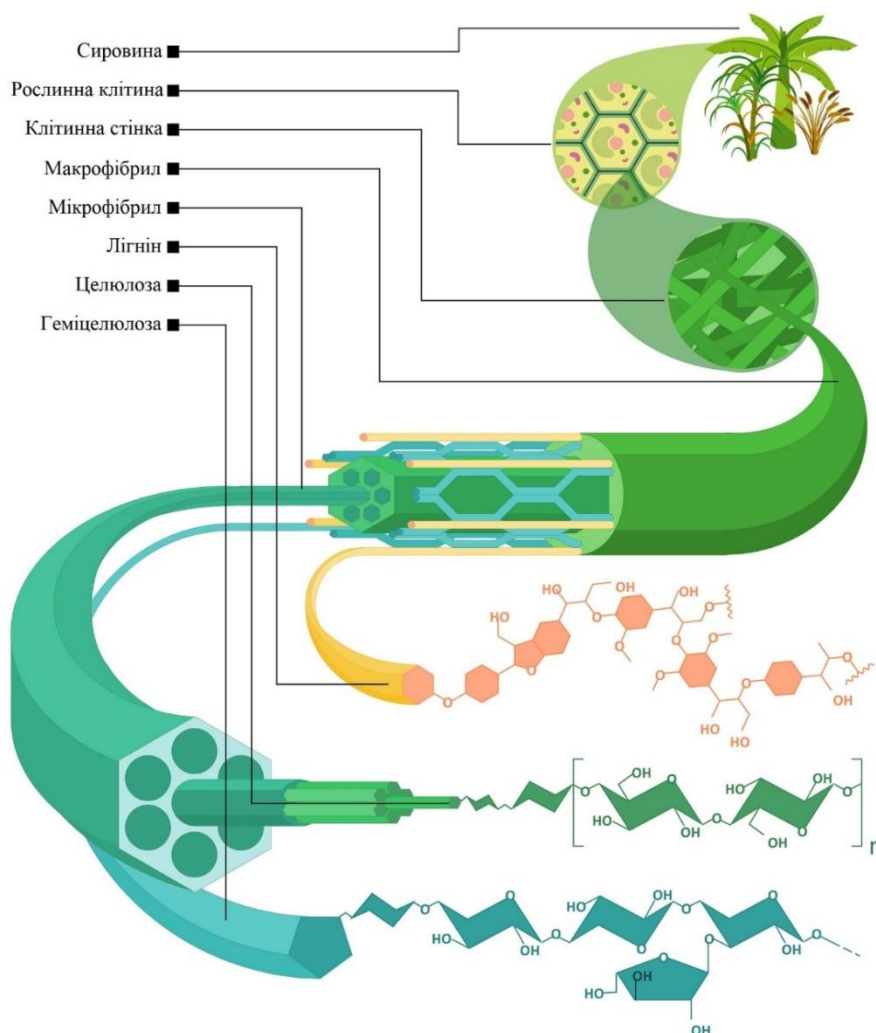


Рисунок 3.1 – Структура лігноцелюлози

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

(400–650 °C), і в умовах нульового кисню. Ефектом піролізу є деполімеризація біомаси в рідкі проміжні продукти, такі як піролізне масло або біоолія.

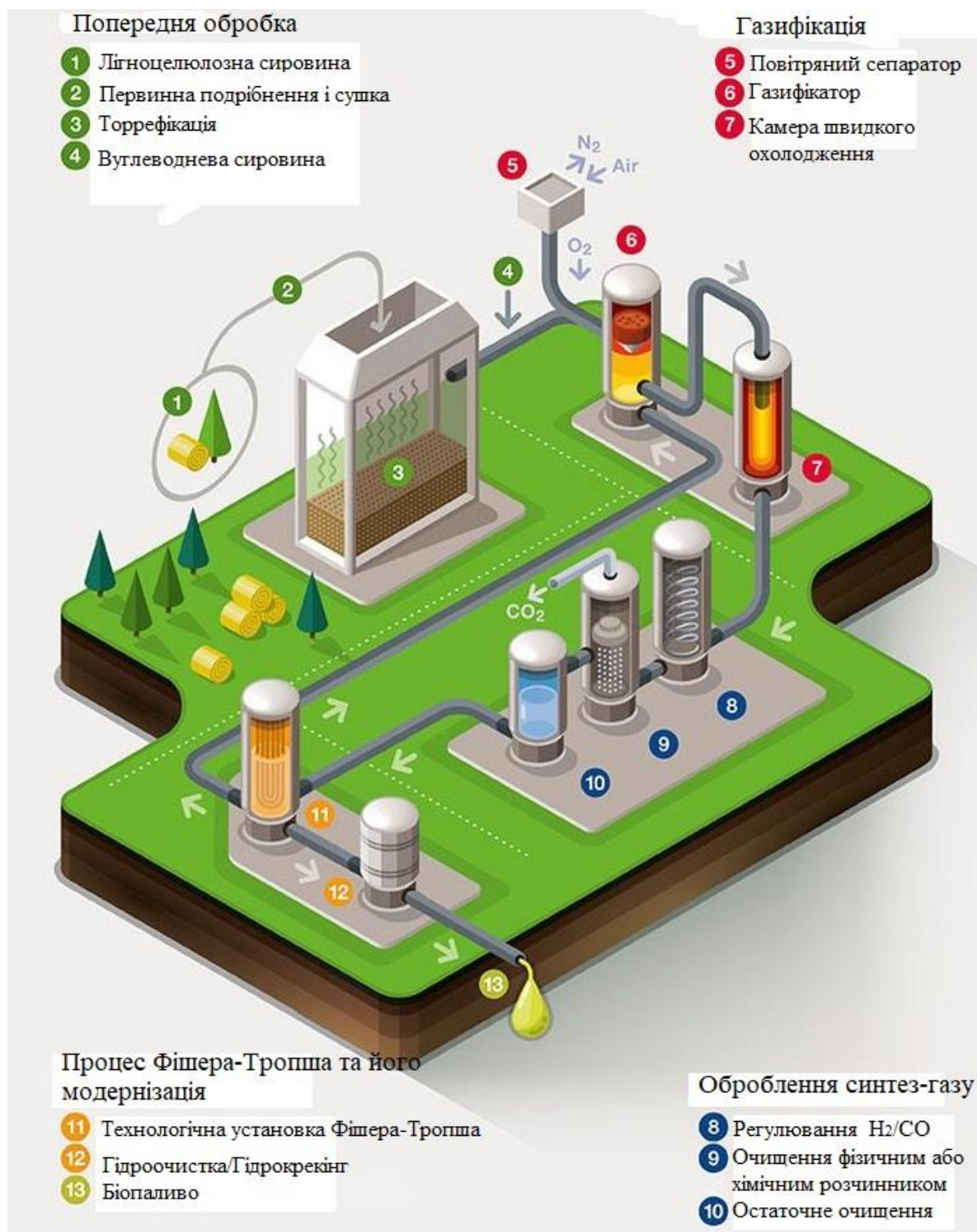


Рисунок 3.2 – Термохімічний процес переробки лігноцелюлозної біомаси в етанол

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510183

Біопаливо охоплює в основному три горючі види: біодизель, біоетанол і біогаз, які є частиною директиви Європейської комісії про біопаливо, створеної в 2003 році для впровадження біопалива, де мінімум 5,75 відсотка від загальної кількості палива має включати біопаливо з 2010 року. З цих типів біоетанол – у центрі уваги цього дослідження – це біопаливо, що видобувається з сільськогосподарських продуктів, таких як крохмаль, цукор та лігноцелюлоза, і застосовується в сумішах з бензином або дизельним паливом, щоб зменшити залежність від нафти та обмежити викиди парникових газів. Його світове виробництво швидко зросло з 17 до 86 мільярдів літрів з 2000 по 2011 роки. У Бразилії та США, на які припадає понад 90 % загального світового виробництва та споживання біоетанолу.

Дослідження сумішей біоетанолу можна розділити на два основні класи: біоетанол-дизельне паливо та суміші біоетанол-бензин. Як біоетанол, так і етанол містять основну сполуку - етиловий спирт; проте відмінні виробничі процедури можуть внести нові компоненти у викидах, які мають важливе значення для повної токсикологічної оцінки та оцінки викидів. У цьому контексті більшість розглянутих досліджень засновані на фактичному використанні біоетанолу в сумішах, а не етанолу. У сумішах з бензином біоетанол зазвичай використовується 5–20 % сумішей (E95–E80). Змішування з бензином сприяє посиленню процесу згоряння палива, покращується ряд параметрів, пов'язаних з ходовими якостями двигуна. Також склад викидів для стандартних класів сполук (CO, HC та NOx) загалом зменшився за рахунок зменшення викидів CO- та вуглеводнів (HC), які є результатом збільшення горючості всієї суміші. Однак кінцеві викиди CO₂ збільшуються за рахунок змішування бензину та біоетанолу саме завдяки покращеному згорянню. Одночасно, викиди NO_x значно змінюються порівняно з чистими бензиновими двигунами, однак результати, як правило, менш передбачувані, ніж вимірювання HC та CO, оскільки утворення NOx безпосередньо залежить від типу двигуна. Інші нещодавні дослідження також повідомляють про збільшення викидів CO₂ і

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510183

Арк
35

перетворення етанол-бензин призводять до викидів (1) ацетальдегіду > (2) формальдегіду > (3) метану > (4) неметану. органічні гази та загальні органічні гази. В іншому дослідженні, що стосується сумішей біоетанолу та бензину, повідомляють про ті самі класи сполук, що й у дослідженні López-Aragiçio та його колег (2013), однак для біоетанолу повідомляється про зменшення двох ароматичних сполук, бензолу та 1,3-бутадієну. суміші низького та високого рівня. У тому ж дослідженні Балата повідомляється, що інші леткі органічні сполуки в сумішах біоетанолу та бензину також зменшуються, коли кількість біоетанолу в суміші збільшується. Дослідження, проведене Seggiani та його колегами, оцінювало вплив на викиди біоетанолу з вмістом 10–20 % сумішей у чотиритактних двигунах мопедів, а також включало вимірювання твердих частинок (7–10 лм) та поліциклічних ароматичних частинок у фазі частинок. вуглеводні (ПАУ). Результати Седжані та його колег показав цікаві знахідки; Викиди ПАВ, зв'язані з частинками, привели до 2,2–4,1 Іg/km бензо[а]піренового еквіваленту, що визначається дією лише бензо[а]пірену (BaP), горезвісного канцерогену. Загальна кількість зв'язаних частинок ПАВ становила 26–35 Іг/км у фракціях частинок діаметром менше 0,1 лм.

Цікаво, що змішування з біоетанолом у чотиритактному двигуні мопеда не вплинуло на кількість частинок, що виділяються, та їх діаметр. Кількість і діаметр частинок є вирішальним аспектом токсикологічного профілю викидів, оскільки ці компоненти викидів можуть поширюватися на великі площі, глибоко проникати в дихальну систему і переносити компоненти вихлопних викидів на свою поверхню. Друге італійське дослідження повідомляє про профілі викидів від 0 % до 85 % обсягу біоетанолу з бензином у звичайному двигуні 1,6 л SI. Результати показують зовсім інші висновки, ніж результати для двигуна мопеда, де кількість частинок і діаметр зменшуються відповідно на 60 % і 90 %, коли суміш біоетанолу з бензином наноситься на чисте бензинове паливо, на всіх циклах двигуна. Леткі органічні сполуки також зменшуються за допомогою суміші біоетанолу та бензину E85. Однак викиди ацетальдегіду та

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

формальдегіду збільшувалися з біоетанольною частиною, причому E10 представляє суміш з найвищими викидами ацетальдегіду. Цікаво, що третя сполука, не виміряна в інших дослідженнях сумішей біоетанолу та бензину, була знайдена групою, а саме бензальдегід, у концентрації 10 мг/кВт год. Із сполук ЛОС, що виявляються у викидах сумішей, етилен > метан > етан > пропілен > ацетилен > бензол > ізобутен > 2-метилбутан > 2,2-диментилбутан > метилпентан є основними сполуками з відповідним зниженням концентрації від 450 мг/kW год до 100 мг/ kW год. Крім того, токсичні еквіваленти по відношенню до ВаР показують найбільше зниження токсичності, присвоєне суміші E85, але менше зниження E10, E20 і E30.

Незважаючи на очевидний менший негативний вплив біопалива при його експлуатації. Цей вид палива здійснює значний вплив на навколишнє середовище при його виготовленні а саме викиди, що утворюються при вирощенні сировини для біопалива, значна частина викидів надходить по причині внесені добрив NaOH . Внесення цього добрива призводить до утворення парникових газів NO, N₂O (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Ключові параметри вихідної сировини етанолу та виробництва палива, які найбільше впливають на викиди парникових газів.

Параметр	Одиниця	Кількість точок даних	Значення параметра		
			Min.	Max.	Сер.
Супутнє утворення електроенергії.	кВт·год/л EtOH	21	0	1,03	0,53
вміст N у соломі стебл	кг/суха тонна сировини	7	5,47	8,26	6,7
Використання N-добрив	кг/суха тонна сировини	7	4,96	12,12	7,56
Витрата NaOH	кг/суха тонна сировини	2	0	0,03	0,02
Споживання целюлази	кг/суха тонна сировини	9	1,24	37,4	6,72
Сільськогосподарська енергія для збору соломи	МДж/суха тонна сировини	8	214	897	487
Надмірний кукурудзяний відвар	кг/суха тонна сировини	9	11,7	17,3	15,3
NO, N ₂ O утворення	% від N	7	0	2,34	1,21

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510183

Арк

38

Норма врожаю стебл кукурдзи	Суха тонна/га	29	0,11	1,75	0,78
NO, N ₂ O утворення	% від N	7	0	2,34	1,21
Вихід етанолу	л/суха тонна	43	137	449	329

Для визначення процесів утворення парникових газів нами була складена схема життєвого циклу виробництва біоетанолу з урахуванням утворення парникових газів (рисунок 3.3).

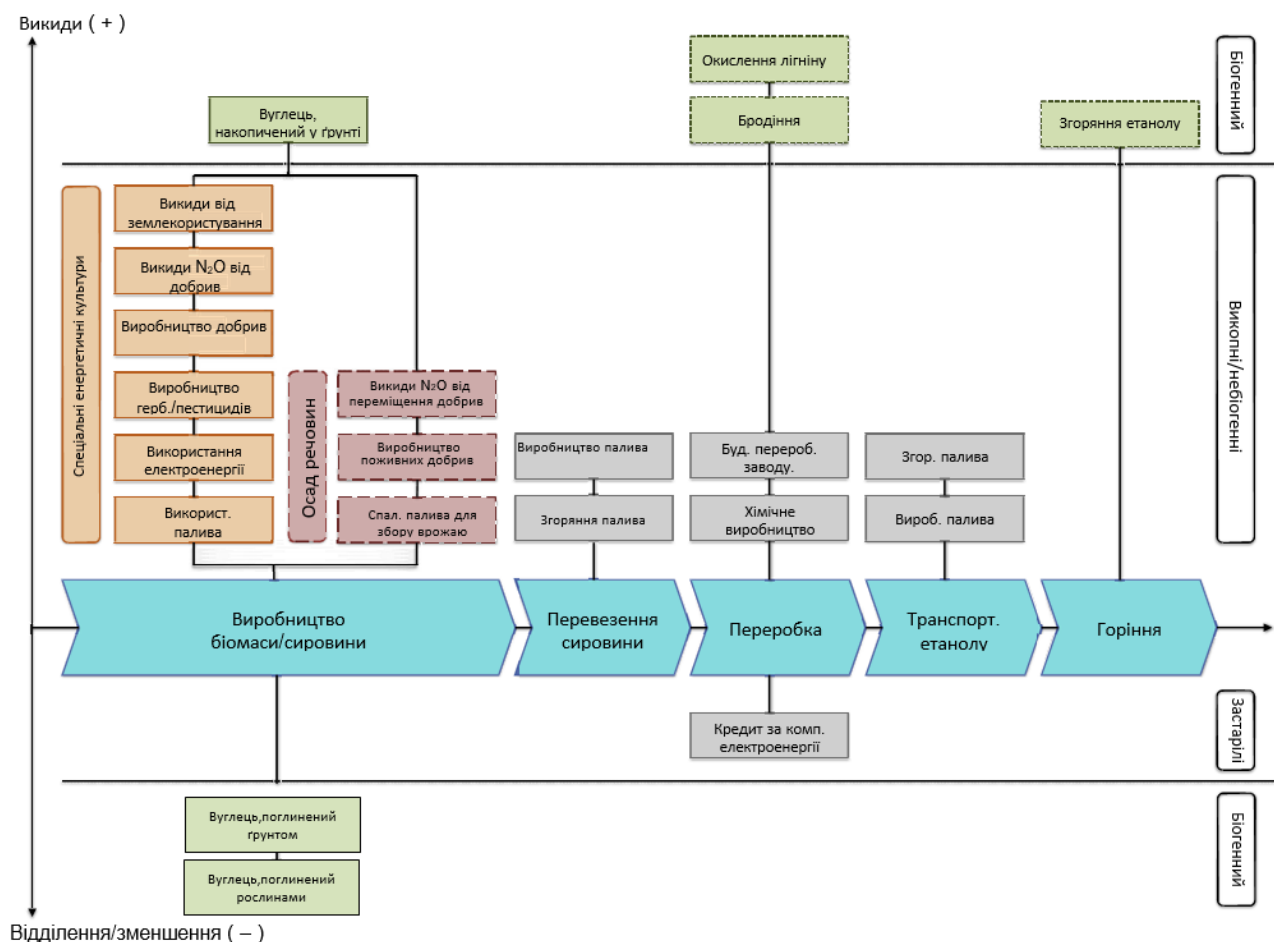


Рисунок 3.3 – Схема життєвого циклу виробництва біоетанолу з урахуванням утворення парникових газів

Окрім цього потрібно звернути увагу, що виробництво біопалива потребує значного залучення сільськогосподарських земель. Що для деяких країн означає

Підп. і дата
Інв. № доубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

заміну лісових деревних територій що виробляють кисень сільськогосподарськими культурами, що утворюють парникові гази [13].

3.3 Оцінка життєвого циклу біоетанолу другого покоління

Вплив на етапі вирощування енергетичних рослин. Рослини вирощуються відповідно до технології вирощування культур, тому всі впливи однакові. Отже, викиди забруднюючих речовин пов'язані з роботою двигунів внутрішнього згоряння сільськогосподарської техніки, а саме: оксиди азоту, оксиди вуглецю, метан, оксиди сірки, сажа. Крім того, в повітря можуть потрапляти леткі компоненти добрив і засобів захисту рослин, які використовуються під час вирощування. Забруднення водного середовища на даному етапі життєвого циклу не передбачається. Присутня можливість інфільтрації добрив у водоносні горизонти через шар ґрунту.

Утворення відходів пов'язано із обслуговуванням сільськогосподарської техніки. Передбачається утворення відпрацьованих паливних, масляних та повітряних автомобільних фільтрів, відпрацьованих гальмівних рідин, промасленого ганчір'я та піску, шин. Також, до відходів слід віднести використану тару з-під добрив та засобів захисту рослин, що використовувалися у технологічному процесі.

Вплив на етапі виробництва палива

Будь-яка біомаса в основному складається з целюлози, лігніну та геміцелюлози в різних пропорціях.

Основна мета етапу попередньої обробки полягає в тому, щоб видалити мінеральні домішки з біомаси (в основному частинки ґрунту) і зробити цукри більш доступними для наступного етапу гідролізу. Завдяки фізичним, фізико-хімічним, хімічним і біологічним шляхами ця операція збільшує площу поверхні біомаси, видаляє лігнін і геміцелюлозу з лігноцелюлозної матриці та зменшує кристалічність целюлози. Це найскладніший і найдорожчий етап перетворення біомаси в етанол, ефективність якого залежить від конструкції обладнання і типу

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510183

Арк

40

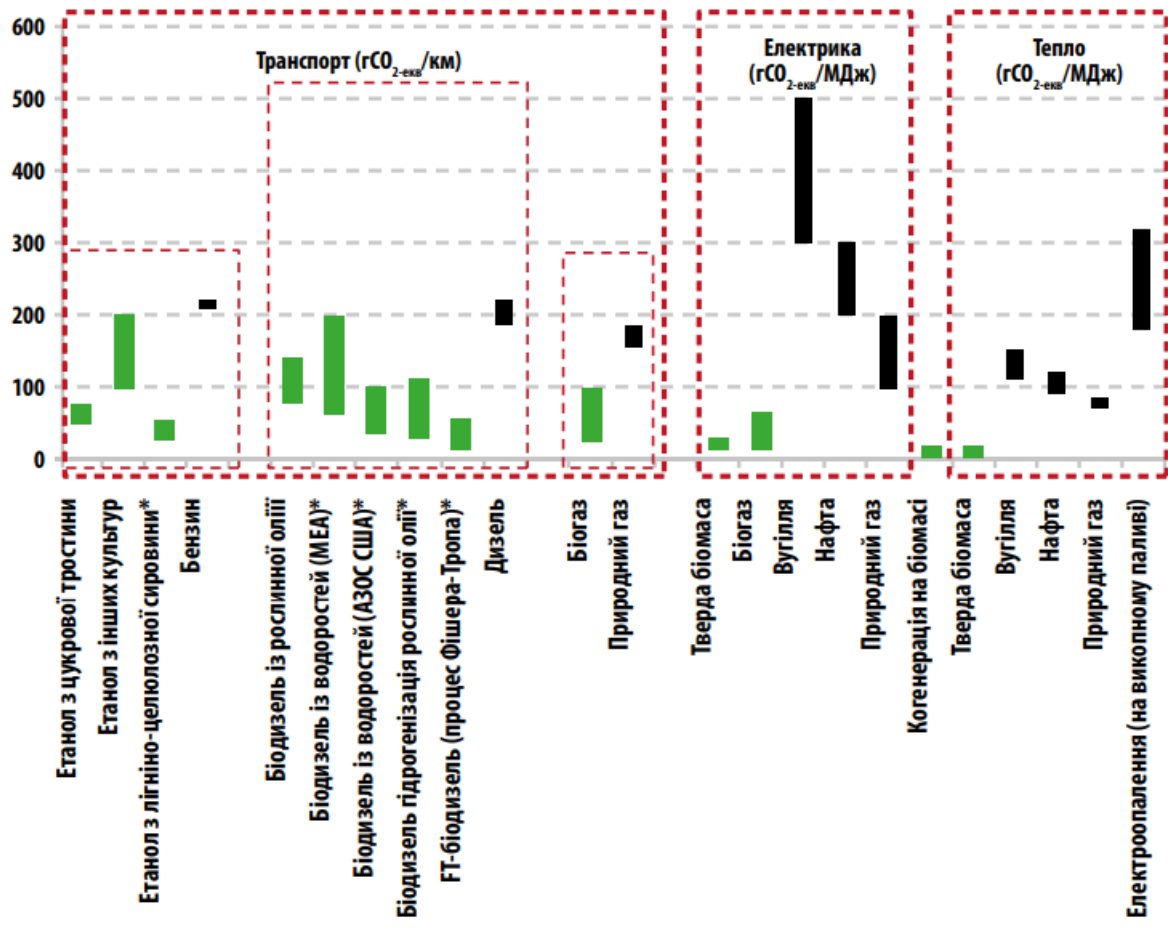


Рисунок 3.4 – Питомі викиди парникових газів на одиницю (км для транспорту або МДж для виробництва електроенергії та/або тепла). Біомаса – зелений колір, викопні види палива – чорний

3.4 Проблемні ситуації з паливом

Водночас кілька проблем загострюють ситуацію з паливом.

По-перше, проблеми з логістикою експорту зерна. Як відомо, для виробництва однієї тонни біоетанолу потрібно приблизно три тонни зерна кукурудзи. Уявіть собі, замість 3 мільйонів тонн зерна нам потрібно перевезти лише 1 мільйон тонн біоетанолу. Результат – значне зниження транспортних навантажень.

По-друге, з початком війни український ринок автомобільного палива зазнав краху. Раніше Україна імпортувала до 80% ресурсів з Білорусі та Росії.

Підп. і дата									
Підп. і дата									
Взаєм. інв. №									
Інв. № дубл.									
Інв. № подл.									
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат					
ТС 22510183									Арк
									43

Біопаливо третього покоління отримують з водоростей. Виробництво вимагає великих витрат енергії та добрив. Це паливо руйнується швидше, ніж інші види біопалива, і збільшує в'язкість при низьких температурах.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 22510183	Арк
						45
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

використовувати фільтруючі або ізолюючі респіратори. Щоб захистити шкіру від шкідливого впливу, необхідно носити захисний одяг.

Бензин, як токсична речовина, може потрапляти в організм людини через органи дихання, шкіру та травний тракт. Концентрація парів бензину в повітрі не повинна перевищувати $0,3 \text{ мг/м}^3$. При короткочасному вдиханні повітря, що містить $5-10 \text{ мг/м}^3$ бензину, виникає гостре отруєння, що характеризується головним болем, болем у горлі, кашлем, подразненням слизових оболонок носа і очей, нестійкою ходою, запамороченням, емоційним збудженням. Більшість з цих явищ зникають, коли жертву через деякий час видаляють з токсичного середовища. Вдихання парів бензину концентрацією $35-40 \text{ мг/м}^3$ протягом 5-10 хвилин шкідливо для здоров'я людини. При більш високих концентраціях парів бензину може статися швидка втрата свідомості та смерть.

Найбільшу небезпеку гострого отруєння парами бензину становлять роботи, що виконуються в закритих приміщеннях, тобто прибирання залишків бензину в резервуарах і ємностях в ремонтних майстернях. Оскільки ці приміщення погано провітрюються, повітря може швидко насичуватися парами бензину до небезпечних концентрацій, тому під час виконання цих робіт необхідно ретельно дотримуватися правил безпеки.

Дим від дизеля, як правило, більш токсичний, ніж дим від бензину, але оскільки випаровується менше, концентрація цієї пари в повітрі набагато нижча. Гранично допустима концентрація парів дизеля становить $0,3 \text{ мг/куб.м}$ повітря. Запобіжні заходи та заходи першої допомоги такі ж, як і для бензину.

При отруєнні бензином або дизелем потерпілого необхідно негайно перемістити або вивести на свіже повітря, звернутися за медичною допомогою та надати першу медичну допомогу: після відновлення дихання напоїти хворого міцним чаєм або кавою.

Якщо нафтопродукти подразнюють слизову оболонку очей, промити 2% содовою водою, холодним чаєм і водою.

Підп. і дата	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510183

Арк

47

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy> (дата звернення: 05.12.2023)
2. Біоенергетика в Україні. URL : <https://uabio.org/bioenergy-in-ukraine/> (дата звернення: 05.12.2023)
3. Ethanol Industry Outlook / Geoff Cooper and others Renewable fuels association. URL: <https://ethanolrfa.org/file/2145/RFA%202022%20Outlook.pdf> (дата звернення: 05.12.2023)
4. Biodiesel Laws and Incentives in Federal. URL : <https://afdc.energy.gov/fuels/laws/BIOD?state=US> (дата звернення: 05.12.2023)
5. Understanding effects of bioethanol fuel use on urban air quality: An integrative approach / Susana López-Aparicio and others Energy Procedia. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.431> (дата звернення: 07.12.2023)
6. М. О. Бudyko Біоенергетика: Курс лекцій. Частина 1. / Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45609/1/Bioenerhetyka.pdf> (дата звернення: 07.12.2023)
7. What are – and who's making – 2G, 3G and 4G biofuels? : Biofuels Digest - biofuels, biodiesel, ethanol, algae, jatropha, green gasoline, green diesel, and biocrude daily news. URL: <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2010/05/18/3g-4g-a-taxonomy-for-far-out-%E2%80%94-but-not-far-away-%E2%80%94-biofuels/> (дата звернення: 07.12.2023)
8. Thermoanaerobacter mathranii strain BGI пат. Australia AU2007252104B2; заявл. 22.05.2006 ; опубл. 29.11.2007, WO2007053600A2
9. Thermoanaerobacter mathranii strain BGI пат. Australia AU2007252104B2; заявл. 22.05.2006 ; опубл. 29.11.2007, WO2007053600A2

Підп. і дата
Взаєм. інв. №
Інв. № дубл.
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510183

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

41

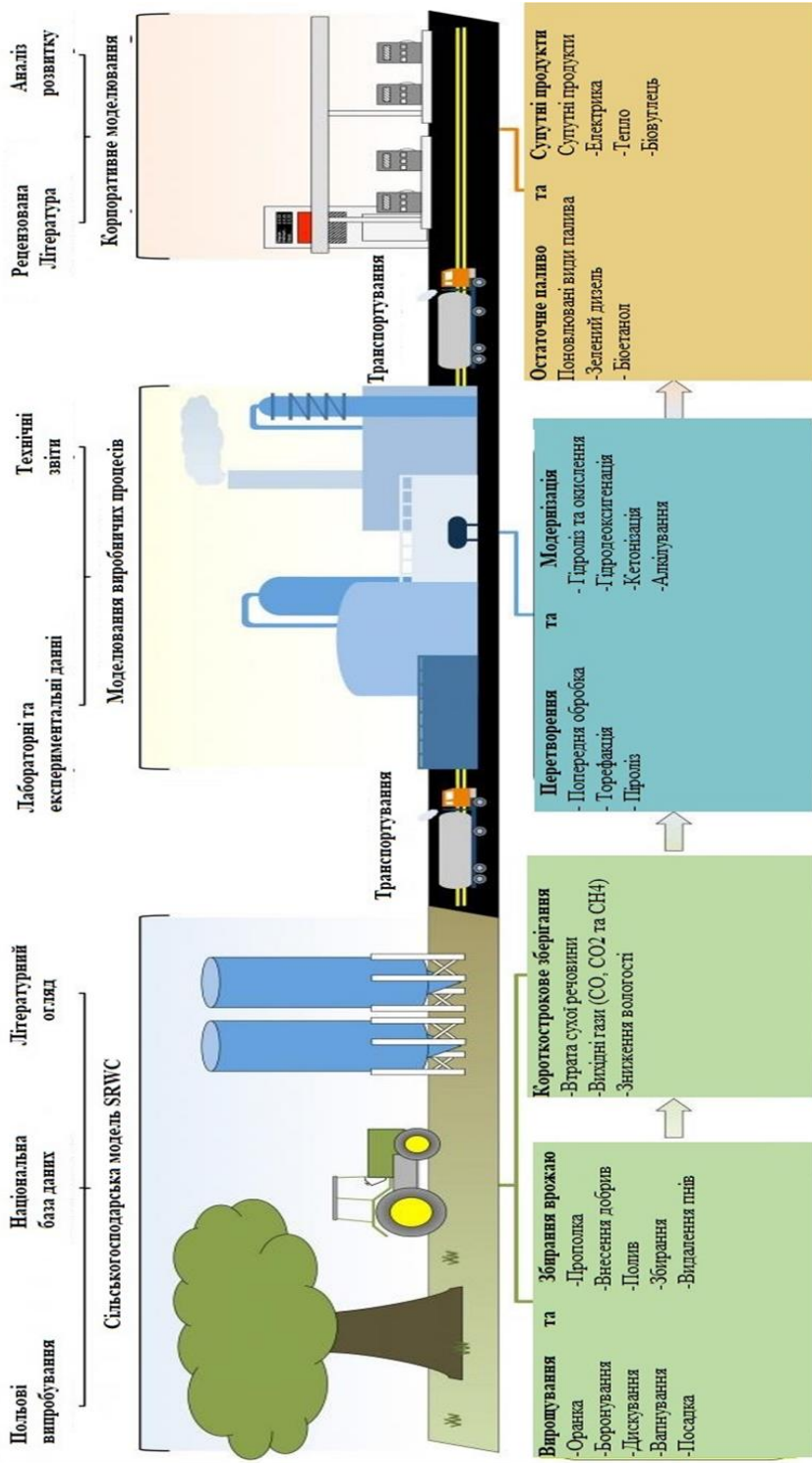


Рисунок А.1 – Життєвий цикл біоетанолу.

SRWC* (Model Short Rotation Woody Crops) – Модель коротких сівозмінних деревних культур

ДОДАТКИ

Додаток А