

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 101 «Екологія»

Тема: Комплексна тема: Аналіз екологічної безпеки довкілля під час виробництва та використання біопалива: «зелений водень»

Завідувач кафедри Пляцук Л. Д. _____

Керівник роботи Аблєєва І. Ю. _____

Консультант
з охорони праці Васькін Р. А. _____

Виконавець
студентка групи ОС-81 Боруха О. Р. _____

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 101 „Екологія”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студентці _____ Борусі Олені Романівні _____ Група ОС-81

1. Тема кваліфікаційної роботи Комплексна тема: Аналіз екологічної безпеки довкілля під час виробництва та використання біопалива: «зелений водень»
2. Вихідні дані Якісний та кількісний склад викидів, що надходять до атмосферного повітря під час спалювання «зеленого водню». Сировина для виробництва «зеленого водню». Відходи виробництва, їх структура та склад.
3. Перелік обов’язкового графічного матеріалу:
 1. Технологічні схеми виробництва «зеленого водню».
 2. Структура впливів на навколишнє середовище від використання «зеленого водню».

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання 18 квітня 2022 р.

Керівник _____

к.т.н., доц., ст. викл. Аблеєва І. Ю.

РЕФЕРАТ

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 49 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 55 сторінок, у тому числі 4 рисунки, перелік джерел посилання на 5 сторінках.

Мета роботи – встановити вплив на довкілля під час виробництва та використання «зеленого водню» як одного із видів біопалива.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- здійснити літературно-патентний огляд досліджуваної теми;
- розглянути «зелений водень» як об’єкт дослідження;
- описати методику оцінки життєвого циклу для відновлювальних джерел енергії;
- надати результати дослідження щодо зниження техногенного впливу на атмосферне повітря при використанні «зеленого водню»;
- проаналізувати ступінь екологічності та перспективи використання «зеленого водню» як одного із видів біопалива.

Об’єкт дослідження – «зелений водень» як перспективне біопаливо та альтернатива традиційним видам палива.

Предмет дослідження – стан екологічної безпеки довкілля під час виробництва та використання «зеленого водню».

У кваліфікаційній роботі надана характеристика поняттю «зелений водень», його характеристикам та особливостям. Розглянуто та проаналізовано технологію виробництва зеленого водню. Наведені та обґрунтовані об’єкти та методика дослідження. Обрано технологію виробництва «зеленого водню». Розглянута та проаналізована охорона праці та безпека життєдіяльності.

Ключові слова: «ЗЕЛЕНИЙ ВОДЕНЬ», БІОПАЛИВО, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ, ВИКИДИ, ВІДХОДИ.

Зміст

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕМИ ...	8
1.1 Стан розвитку біоенергетики в Україні та закордоном	8
1.2 Нормативно-правова база щодо використання біопалива в різних секторах .	13
1.3 Зниження техногенного впливу на довкілля під час виробництва та використання біопалива	18
1.4 Патентний пошук технологій виробництва біопалива для автотранспорту ...	20
1.5 Постановка задач дослідження	21
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	23
2.1 «Зелений водень» 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	30
3.1 Технологія виробництва «зеленого водню»	31
3.2 Аналіз зниження техногенного впливу на атмосферне повітря при використанні «зеленого водню»	33
3.3 Оцінка життєвого циклу «зеленого водню» та перспективи розвитку	36
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	42
4.1 Правила техніки безпеки під час експлуатації балонів з воднем (посудин під тиском).....	42
4.2 Порядок дій у разі виникнення аварійних ситуацій з вибухами	44
ВИСНОВКИ.....	47
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	50
ДОДАТКИ.....	54

Підп. і дата									
Підп. і дата									
Взаєм.інв.№									
Інв.№дубл.									
Підп. і дата									
Інв.№попід.									
						ОС 18510155			
	Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Аналіз екологічної безпеки довкілля під час виробництва та використання біопалива: «зелений водень»	Літ.	Аркуш	Аркушів
	Розроб.	Боруха						4	55
	Перев.	Аблеєва					СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ОС-81		
	Н.Контр Затв.	Батальцев Пляцук							

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогодні забруднення навколишнього середовища від різних галузей промисловості, зокрема енергетики, займає чільне місце серед усіх екологічних проблем. Енергетичний сектор має значний вуглецевий слід, тому для досягнення Цілей сталого розвитку, у тому числі протидія змінам клімату заміна викопних палив на відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) стоїть в пріоритеті для вирішення глобальних екологічних проблем. Одним із актуальних та своєчасних напрямів розвитку ВДЕ є біоенергетика.

Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні та за кордоном досліджували такі вчені як Г. Г. Гелетуха , Т. А. Железна , А. І. Баштовий, К. С. Янковська. Біоенергетичний потенціал у своїх роботах досліджували М. С. Самойлік, К. А. Чудан, А. О. Шуліка, Б. С. Федорченко. Розвиток ринку біопалива в Україні досліджували Г. М. Калетник, О. М. Шпичак, С. А. Стасіневич, Т. В. Куць та інші.

Фундаментальною особливістю біоенергетики є використання живих організмів у процесах виробництва біопалива для генерації енергії. Найбільшої популярності набули процеси виробництва біогазу та побічного продукту дигестату. Окрему нішу у біопаливах займає «зелений водень». Проте процеси його виробництва, вплив на навколишнє середовища під час виробництва та використання недостатньо вивчені на сьогодні, що обумовлює актуальність теми дослідження.

Мета роботи – встановити вплив на довкілля під час виробництва та використання «зеленого водню» як одного із видів біопалива.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- здійснити літературно-патентний огляд досліджуваної теми;
- розглянути «зелений водень» як об'єкт дослідження;

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

5

- описати методику оцінки життєвого циклу для відновлювальних джерел енергії;
- надати результати дослідження щодо зниження техногенного впливу на атмосферне повітря при використанні «зеленого водню»;
- проаналізувати ступінь екологічності та перспективи використання «зеленого водню» як одного із видів біопалива.

Об’єкт дослідження – «зелений водень» як перспективне біопаливо та альтернатива традиційним видам палива.

Предмет дослідження – стан екологічної безпеки довкілля під час виробництва та використання «зеленого водню».

Методи дослідження. Емпіричною та фактологічною базами дослідження є наукові результати українських і закордонних авторів з проблем забезпечення інноваційного розвитку енергетики, впровадження енергетичних інновацій, відновлюваної енергетики, сталого розвитку. Для виконання поставлених завдань у роботі використано сукупність загальнонаукових і спеціальних методів наукового дослідження.

Апробація результатів роботи на студентських науково-практичних конференціях: Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Екологічні аспекти використання біоетанолу другого покоління та «зеленого» водню для автотранспорту» (Місто Харків. Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, 25-26 листопада 2021 р.); Всеукраїнській науково-технічній конференції «Технології гнучкої біоенергетики у транспортному секторі» (Місто Суми, Сумський державний університет, 19–22 квітня 2022 р.).

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата						Арк
										6
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 18510155					

РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕМИ

1.1 Стан розвитку біоенергетики в Україні та закордоном

У ряді країн світу (наприклад, країни ЄС, США, Австралія) часто використовуються суміші з великою часткою компонентів біологічного палива, наприклад В20 і В30, що для ЄС регулюється стандартом EN 16709 (2015), що дозволяє використовувати суміші В20 (20 % біологічної складової палива) і В30 (30 % біологічної складової палива). У Швеції поширене 100 % біопаливо – В100, яке в основному постачається безпосередньо великим споживачам з власних АЗС. Протягом 2015 року Швеція спожила 425 тис. м³ біодизеля, що становить 31% біопалива на ринку моторного палива. З них 247 тис. м³ спожито у вигляді сумішей, а 178 тис. м³ – у вигляді В100 [12].

У вересні 2018 року Стокгольм і регіон повністю відмовилися від використання викопного палива в громадському транспорті – потребу в енергії задовольняє переважно біодизель, яким користуються 64 % автобусів (ще 15 % автобусів працюють на біогазі і 21 % – на біоетанолі) [17]. У Великобританії відомий великий роздрібний продавець Tesco використовує суміш В50 для транспортування. До використання В100 пристосовані шведські вантажівки Scania [11]. Поступово у Франції популярності набирає паливо дешевше за бензин – Е85 (для прикладу, на початок 2018 року Е85 був дешевшим на 40 %, а протягом 2016-2017 років його продажі зросли на 23 %). Також у 2016 році у Франції почав продаватися ED95, який містить 95 % біоетанолу і 5 % хімікатів і призначений виключно для автобусів і вантажівок зі спеціальними двигунами [14].

Суміші з високим вмістом біопалива можна використовувати як адаптовані автомобілі, і можна визначити вузьку цільову групу, яка використовує паливо з високим біологічним вмістом. Тому в Словенії В100 в

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

Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 18510155	Арк 7
------	-----	----------	-------	------	-------------	----------

основному використовують великі вантажівки. Загалом у ЄС 86 % етанолу споживається транспортним сектором і 7 % – промисловістю та харчовим сектором [13].

Біодизель практично не виробляється. В Україні є лише один виробник біодизеля, який сертифікований за європейськими критеріями стійкості сировини, а вироблений біодизель експортується до ЄС. Ця сертифікація є добровільною (для внутрішнього ринку). Більшість українських лабораторій не готові до масової сертифікації біопалива чи сировини для їх виробництва. Одним з небагатьох винятків є Бюро Верітас Україна, і до 2019 року сертифікувати викопне паливо зможуть 43 лабораторії.

Сертифікація стала можливою завдяки впровадженню у 2017 році виробництва біопалива та біорідин для енергетичних цілей [5], гармонізованого з європейськими критеріями сталості. Ці критерії включають оцінку відповідності, включаючи ланцюжок відповідальності під час передачі товарів і баланс маси; біорізноманіття та екологічні аспекти, пов'язані з охороною навколишнього середовища та методи розрахунку балансу викидів парникових газів з використанням аналізу життєвого циклу продукту. Сировина для виробництва біодизеля також в основному експортується до ЄС.

Ліцензію на виробництво біоетанолу мають ДП «Лінокурня Zarubiński», ТОВ «Агат-А», ТОВ «Przedsiębiorstwo Biofaliw i Energii», ДП «Лікероводний завод Тростянець», ПП «Нітробос». Ліцензії на виробництво етилового спирту (у тому числі біоетанолу) мають 22 підприємства. Ліцензії видаються органами державної податкової служби [3]. Жодна з цих компаній не має ліцензії для імпорту біоетанолу: таку ліцензію має лише компанія Укрспирт. Біологічну складову палива мають право змішувати тільки підприємства, визначені КМУ(Кабінетом Міністрів України). Нині це ВАТ «Лукойл-Одеський НПЗ» ВАТ «Нафтохімік Прикарпаття», , ВАТ «Херсоннафтопереробка», Шебелинське ВПГКН АТ «Укргазвидобування», ЗАТ «Укртатнафта» (Кременчуцький НПЗ).

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата					Арк
Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 18510155				

Хоча станом на червень 2019 року працювали тільки дві останні компанії та лише Кременчуцький НПЗ фактично змішує біологічний компонент (і продає продукт на станціях «Авіас»), цей перелік надзвичайно обмежений і ускладнює створення життєздатної інфраструктури для біологічного змішування паливна складова та біопаливо формування ринку як таке. Тому перелік підприємств, які можуть змішувати біологічну складову палива, слід розширити (внесенням змін до ст. 4 Закону України «Про підприємництво») або вказати КМУ перелік підприємств, які мають право суміші (для цього необхідно скасувати Постанову КМУ від 05.12.2007 №1375).

За даними незалежної інформаційно-консалтингової компанії Enerdata, яка вивчає енергетичний сектор у всьому світі, після трирічної тенденції до скорочення викидів CO₂ вони зросли на 2 % у 2017 році. Це збільшення пов'язане зі зростанням світової економіки, що призвело до зміни структури споживання енергії. Зокрема, зростання світової економіки за 2005-2015 роки в середньому становило 3,5 %, у 2016 році – 3,1 %, у 2017 році – 3,7 % (за паритетом купівельної спроможності). В окремі періоди споживання енергії зросло на 1,6 %, 1 % та 2,1 % відповідно. У той час як підвищення енергоефективності виробництва призвело до збільшення попиту на енергію в Європейському Союзі на 0,4 % у 2017 році, а в Сполучених Штатах навіть до падіння на 2,1 %, такі країни, як Китай, збільшили споживання енергії на 5,9 %, Індія – на 5,3 %, Японія – на 7,2 % (це перше зростання в країні з 2013 року) [8].

Зусилля країн у 2017 році скоротити викиди вуглекислого газу різняться і іноді суперечать політичним деклараціям. Зокрема, у країнах Європейського Союзу зниження енергоспоживання у виробництві було недостатнім для досягнення задекларованих цілей декарбонізації розвитку енергетики. Незважаючи на те, що частка відновлюваних джерел в енергетичному балансі подвоїлася з 2004 року і досягла 16,7 % у 2017 році, країнам ще потрібно докласти чимало зусиль, щоб досягти запланованих 20 % у 2020 році [8]. У Китаї енергоемність виробництва значно знижена, але заміни вугілля

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

Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

9

відновлюваними джерелами енергії все ще недостатньо, незважаючи на те, що в країні за 2014-2017 рр. відбулося зростання виробництва відновлюваної енергії (без гідроенергетики) на 40 %.

Збільшення споживання енергії призвело до збільшення попиту на всі джерела енергії, в тому числі на вугілля. Споживання вугілля відновилося у 2017 році (+ 1 %) після трирічного падіння через такі країни, як Індія та Туреччина, та високий попит в електроенергетиці (переважно в Азії). У Китаї споживання дещо зросло (+0,4 %), незважаючи на політику уряду щодо зменшення забруднення та переходу на газ та відновлювані джерела енергії. Споживання вугілля продовжує знижуватися в Європі (-2,7 %) та США (4 роки поспіль, -0,4 %), де вугілля поступово замінюється газом і відновлюваними джерелами енергії [8]. Споживання нафти також продовжує зростати (+ 1,8 % у середньому по всьому світу).

Така тенденція зумовлена розвитком нафтохімічної промисловості та зростанням світового флоту, особливо в Китаї (+ 5,4 %) та Індії (+ 5 %). У 2014–2017 роках попит на нафту продовжував зростати в Європі (1,4 %) та США (0,6 %), тоді як у Бразилії та Росії він повертається до колишніх рівнів. Споживання газу також зростає протягом останніх трьох років (у середньому на 3,3 % по всьому світу). У 2017 році порівняно з 2014 роком споживання газу спостерігалось в Росії (на 8 %), Індії (на 4,9 %) та Європі (на 3,8 %). Зростання споживання газу в Китаї на 15 % збільшило світовий попит на 30 %. У Сполучених Штатах зниження попиту на електроенергію та посилення конкуренції з боку відновлюваних джерел енергії сприяли скороченню попиту на газ (-1,4 %) вперше за сім років.

Отже, видно, що споживання викопних енергетичних ресурсів у світі збільшується, що призводить до збільшення викидів CO₂, оскільки понад 80 % викидів вуглекислого газу є результатом процесів виробництва енергії, зокрема процесів горіння. За останніми даними, у 2017 році інтенсивність викидів парникових газів у світі в середньому становила 0,334 кг на одиницю ВВП,

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

Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

10

тобто на 3,1 % менше, ніж роком раніше. У 2005–2015 роках викиди CO₂ зросли на 1,7 %, у 2016 році порівнюючи з попереднім роком на 0,5 %, а в 2017 році – на 2 %. З 1990 року, за винятком Близького Сходу, глобальні викиди CO₂ зменшилися. У країнах ОЕСР ця кількість з початку 1990-х років зменшилася вдвічі і на 15 % нижча за середньосвітовий показник [7].

Значне зниження викидів CO₂ (на 45 % у 1990–2016 рр.) спостерігається в США, аналогічне скорочення зафіксовано в країнах СНД. Сполучені Штати стабілізували викиди CO₂ у 2017 році завдяки розвитку відновлюваних джерел енергії в енергетичному секторі та скорочення попиту на енергію. Високі викиди спостерігаються в країнах, що розвиваються, і тих, у яких є значна кількість викопного палива. Зменшення викидів по відношенню до виробництва ВВП не означає, що світова економіка стала менш забруднювальною. Так, у 2017 році всі країни світу виробили 31,5 гігатонн вуглекислого газу. Незважаючи на те, що виробництво товарів і послуг поступово стає енергоефективним, у довгостроковій перспективі зростання світового ВВП значно випереджає темпи виробництва чистої енергії.

Сьогодні біомаса як паливо безумовно посідає четверте місце у світі за рівнем виробництва енергії. Близько 10% загальної кількості первинної енергії виробляється з біомаси та відновлюваних органічних відходів – 1203 млн. т. н.е./рік, в тому числі (в млн. т. н.е./рік): у Китаї – 195, в Індії – 162, у Європейському Союзі – 98, США – 82, Росія – 7, Україна – приблизно 1. Аналіз структури виробництва енергії із відновлюваних джерел показує, що біомаса є найсильнішою з них, і її частка становить майже 77 % усіх ВДЕ. А серед різноманітних видів біомаси/біопалива перше місце займає тверда біомаса – 93 % (рідке біопаливо – 4 %, біогаз – 1,3 %, тверді відходи – 1,2 %) [1, 2].

Частка біомаси у валовому внутрішньому споживанні енергії в ЄС зростає з 3 % у 1995 році до 5,4 % сьогодні. Якщо порівняти цей показник з індикативним завданням, встановленим у Білій книзі Європейської Комісії (1997) [4] – 8,5 % у 2010 році – можна побачити, що ціль не досягнута. Це можна пояснити трьома

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

Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

11

факторами. По-перше, у 1997 році було важко точно спрогнозувати темпи зростання біоенергетичного сектору в Європі. По-друге, занижені прогнози щодо загального зростання споживання енергії в ЄС. По-третє, деякі європейські країни, особливо з невеликими територіями, просто не мають достатньо біомаси для досягнення цілей Білої книги.

Поступовий розвиток світової економіки потребує значного збільшення виробництва енергії. У той же час запаси традиційних природних видів палива, таких як природний газ, нафту та вугілля, поступово зменшуються. Крім того, збільшення використання природних невідновлюваних ресурсів сприяє збільшенню викидів вуглекислого газу в навколишнє середовище. Одним із шляхів зниження тиску на навколишнє середовище та обмеження впливу людської діяльності на зміну клімату є розвиток біоекономіки, зокрема біоенергетики, яка використовує відновлювані джерела енергії для виробництва електроенергії, тепла та палива.

Для більш ефективного розвитку біоенергетики необхідно використовувати такі інструменти державного регулювання, як податки (зокрема податки на викиди CO₂) та тарифи (зокрема – «зелені» тарифи на виробництво біоенергії). Використання цих інструментів державного регулювання розвитку біоекономіки може слугувати стимулом до скорочення викидів і, водночас, компенсації екологічної та економічної шкоди.

1.2 Нормативно-правова база щодо використання біопалива в різних секторах

Стимулювання виробництва біопалива в більшості країн світу здійснюється державою шляхом виділення значних обсягів субсидій, при їх споживанні на законодавчому рівні діє система податкових пільг і пільг. Створення і розвиток біопаливної галузі базується на державних нормативних актах, прийнятті відповідних законів, нормативних актів і програм, основними з

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

12

яких є: Кіотський протокол до Рамкової конвенції ООН, Дорожня карта, Зелена книга ЄС з енергетичної безпеки, Білий ЄС Папір «Енергія майбутнього в відновлюваних джерелах енергії», Директива 2001/77 / ЄС – сприяє виробництву електроенергії із відновлюваних джерел енергії, Директива 2003/30 / ЄС – заохочує використання біопалива або відновлюваного палива в транспортному секторі, Директиви 2003/54 / ЄС та 2003/54 / ЄС – визначають правила функціонування ринку, що забезпечують вільну конкурентоспроможність, розвиток бізнесу та споживчі інтереси, Директива 2003/96 / ЄС – скасовує оподаткування біопалива в країнах-членах ЄС та запроваджує систему податкових пільг та пільг і субсидій для сприяння виробництву та розвитку цього сільськогосподарського сектору та Директиви 2009/28/ЄС про сприяння використання відновлюваної енергії і внесення зміни та подальших змін Директив 2001/77/ЄС і 2003/ 30 / ЄС [3]. Наприклад, у 2006 р. була опублікована Зелена книга, в якій окреслено основні підходи до природи новітньої політики в енергетичній сфері, її основні цілі та шляхи їх реалізації.

У книзі звертається увага на необхідність постійного стабільного постачання енергоносіїв із країн-експортерів енергії до країн ЄС, необхідність розробки нових технологій стосовно енергозбереження у сфері енергетики, підвищення екологічних вимог до енергоспоживання. Зростання екологічних вимог до вихлопних газів різних типів двигунів є все більшим фактором, що свідчить про необхідність заміни мобільних джерел енергії на біопаливо. За рахунок додавання біопалива до традиційного рідкого палива зменшується його спалювання та викиди в атмосферу продуктів згоряння приблизно на 30%, що відповідає вимогам охорони навколишнього середовища.

Оскільки частка відновлюваної енергії в паливно-енергетичному балансі окремих країн все ще дуже різноманітна, Європейський Союз прийняв Білу книгу (1997) про її збільшення, яка зараз є ключовим стратегічним документом, встановлюючи кількісне завдання щодо підвищення частки відновлюваної енергії з 5,75 % до 20 % у період 2000–2020 рр. та скорочення викидів CO₂ на

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата						Арк
										13
Вшп	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 18510155					

20 %. Одночасно, за оцінюванням експертів, для заміни належної кількості традиційного рідкого палива в транспортній сфері необхідно буде використовувати 9% (4 – 13 %) загальної площі угідь сільського господарства Європейського Союзу.

Виходячи з цього, актуальність розвитку біоенергетики на основі відновлюваних джерел енергії країнами ЄС обумовлена підвищенням цін на викопне паливо, політикою стимулювання розвитку відновлюваної енергетики, заходами політики ЄС щодо посилення енергетичної безпеки [4]. Значна кількість країн європейського континенту розробляють, удосконалюють та впроваджують біоенергетичні технології 25–35 років безперервно. Практичний досвід країн ЄС (Європейського Союзу) свідчить, що навіть за наявності різноманітних факторів, які впливають на перспективи розвитку та ступінь впровадження відновлювальної енергетики, головну роль буде відігравати екологічна доцільність промислового використання та існуюча система економічного стимулювання.

У той же час для країн, які прагнуть запровадити власне виробництво біопалива, перш за все необхідно вивчити ймовірні наслідки розвитку біопаливної промисловості на соціальну та економічну сфери, а також цілісний вплив на НС (навколишнє середовище). Тільки на основі достовірних результатів необхідно розробити стратегію розвитку біоенергетики з визначенням загальних потреб та можливих обсягів виробництва біопалива, економічним обґрунтуванням його доцільності, встановленням вимог до сировини, впровадженням необхідних технологій та придбання необхідного обладнання. Також необхідно визначити ступінь виконання поставлених завдань в умовах поточної економічної ситуації, враховуючи готовність споживачів використовувати біопаливо, а головне – передбачити можливості залучення внутрішніх та іноземних інвестицій.

У нашій країні більше уваги біоенергетиці приділили лише наприкінці 90-х років ХХ ст. Перші кроки щодо його розвитку були зроблені в цей період,

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

Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 18510155	Арк
						14

розробка та прийняття програмних та законодавчих документів щодо подальшого використання і виробництва різноманітних видів біопалива. Так, до основних нормативних документів можна віднести Закон України від 14.01.2000 № 1391–14 «Про альтернативні види палива», що визначає соціальні, правові, екологічні, економічні та організаційні засади виробництва, виробництва і споживання альтернативних рідких і газоподібних видів палива, на основі джерел, які є нетрадиційними та видів енергетичної сировини, які спрямовані на створення умов, необхідних для збільшення та розширення виробництва і споживання даних видів палива в Україні [5].

Закон України № 555–15 від 20.02.2003 р. (діюча редакція від 26.04.2014 р.) «Про альтернативні джерела енергії», який є спрямованим на використання альтернативних джерел енергії і сприяння для їх розширення в паливно-енергетичному комплексі [6]. Наказ Президента України № 1094/2003 від 26.09.2003 «Про заходи щодо розвитку виробництва палива з біологічної сировини» затверджено з метою зниження залежності народного господарства від імпорту нафтопродуктів, забезпечення розвитку агропромислового комплексу, промислового комплексу, покращення екологічної ситуації [7]. Закон України № 1391 – VI від 21.05.2009 р. (діюча редакція від 01.01.2014 р. № 1391–17) «Про внесення змін до деяких законів України щодо стимулювання виробництва та використання біологічного палива» передбачає поступове збільшення нормативно визначена частка виробництва та використання біопалива та змішаних моторних палив.

Законом передбачено з 01.01.2010 р. по 01.01.2019 р. деякі пільги для виробників біопалива: звільнення від податку на додану вартість при імпорті машин, обладнання та споруд, що використовуються для реконструкції діючих і будівництва нових підприємств з виробництва біопалива, виготовлення та реконструкція (переоснащення) технічних та транспортних засобів із метою забезпечення споживання і використання біопалива. Також техніко-транспортних засобів, в тому числі самохідних машин сільськогосподарського

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

Випл	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 18510155

Арк

15

призначення, які працюють на біопаливі; звільнення виробників біопалива від оподаткування прибутку від прожачу біопалива; розрахунок акцизного збору із виробництва біологічних видів моторного палива за нульовою ставкою до 01.01.2014 р.; застосування із метою заохочування інвестицій в оновлення переважних фондів премії амортизації обладнання, яке працює на альтернативних видах палива [8].

Т. Плахтій і В. Драчук вказують, що законодавче регулювання на державному рівні з застосуванням різних підходів до стимулювання виробників та споживачів певної галузі економіки свідчить про зацікавленість в позитивних результатах і збільшенні ринку у сфері економіки майбутнього. Що стосується енергетичного сектору, який займається виробництвом біопалива, то також існує низка податкових важелів щодо зниження податкового навантаження на суб'єктів, які беруть участь у цьому процесі. Встановлення спеціальних підходів у оподаткуванні є аргументом для визначення важливої ролі біоенергетики для України в цілому [9]. За словами В. Сінченка, М. Гументика і В. Баликіної, у правовому полі України за роки незалежності було прийнято приблизно тридцять законодавчих актів, що регулюють відносини у сфері виробництва і використання біопалива.

Однак перші прийняті закони головним чином мають декларативний характер, що не передбачають фінансових механізмів підтримки розвитку відновлюваних джерел енергії. Аналізуючи чинну законодавчу базу, можна відзначити, що процеси розвитку біоенергетики сильно уповільнює недосконалість стратегії і чіткі ефективні механізми реалізації завдань які були поставлені. Тому наслідком цього є невисокий рівень інвестицій і слабкий рівень конкурентоспроможності приватних підприємств щодо виробництва і постачання альтернативних джерел енергії. Також до факторів, які затримують ріст галузі, можна віднести невідповідність стандартів і системи сертифікації біопалива згідно до критеріїв сталості біомаси [10].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 18510155

Арк

16

Незважаючи на те, що проблема забезпечення власними енергоресурсами сьогодні є дуже актуальною для нашої країни, Тараріко також зазначає, що затверджені законодавчі та нормативні акти, виробництво і використання біопалива у нашій державі наразі носять спорадичний характер, освоюються лише окремими підприємствами і зводиться переважно до поставок біоенергетичної сировини на світовий ринок [11].

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

У процесі оцінки ПЖЦ (повний життєвий цикл) проводиться аналіз енергоспоживання, аналіз природних ресурсів, аналіз негативного впливу на навколишнє середовище. Для їх оцінки існують такі вимоги до палива: відповідність (європейським) нормам викидів (CO, CxHy, NOx) для циклів випробувань, зменшення викидів CO₂, мінімальне споживання природних ресурсів та енергії, а також мінімальний вплив на НС (навколишнє середовище) в повний життєвий цикл [4, 7]. Оцінка ПЖЦ – це послідовність взаємопов'язаних етапів, кожен з яких вирішує конкретне завдання.

Оцінка продукції ПЖЦ включає такі 4 етапи:

1. Визначення мети та обсягу – початковий етап оцінки життєвого циклу, визначення мети, меж, обмежень, основних процедур оцінки.
2. Інвентаризація включає збір даних і розрахунки для кількісної оцінки вхідних і вихідних потоків виробничої системи, а також потоків, що характеризують окремі процеси в життєвому циклі продукції. Ці вхідні та вихідні дані можуть включати використання ресурсів, енергію, викиди, водне середовище та ґрунт.
3. Оцінка впливу – процес кількісної та (або) якісної оцінки результатів впливу на навколишнє середовище, виявлених на етапі інвентаризації. Оцінка

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

17

впливу включає такі елементи: класифікацію, характеристику, нормалізацію та оцінку значущості.

4. Інтерпретація – це процедура виявлення, ідентифікації, перевірки та оцінки інформації, отриманої на етапах інвентаризації та оцінки впливу, та подання її таким чином, щоб відповідати вимогам, встановленим на першому етапі оцінки. Інвентаризація споживання сировини, енергоспоживання та впливу на навколишнє середовище потребує більш детального опису кожної стадії життєвого циклу палива.

Для цього кожен етап розбивається на окремі процеси і кожен такий процес моделюється окремо, після чого результати моделювання обробляються для визначення матеріально-енергетичного балансу цієї стадії, а потім і повного життєвого циклу. Нафтове паливо отримують в процесі переробки нафти. Середній НПЗ спалює 6–8 % від повного обсягу переробленого палива. Рівень енерговитрат залежить від складу, глибини обробки, кількості та якості технологічних установок, ступеня поєднання процесів, географічного розташування виробництва. Аналіз також повинен враховувати токсичність хімічних компонентів і близькість цих місць до житлового сектору або до джерел питної води, оскільки їх потенційний вплив на здоров'я людини може бути дуже високим.

Завдяки високому рівню впливу виділяються вуглеводні нафти, видобувні майданчики, а також підземні сховища та нафтопереробні заводи, які є джерелами серйозних екологічних проблем. Хімічні речовини, що випускаються на цих виробничих потужностях, – це бензол, толуол, етилбензол, ксилол, усі нафтові вуглеводні. Бензол має канцерогенну дію на людський організм, а всі інші становлять загрозу його здоров'ю [1, 3, 8].

Оцінка балансу парникових газів починається з визначення граничних умов конкретної біопаливної системи, яка порівнюється з відповідною «традиційною» системою відліку. Баланси парникових газів істотно відрізняються для різних культур і місцевостей і залежать від методів

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата					Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 18510155				18

виробництва сировини, технологій переробки та використання. Впроваджені ресурси, такі як азотні добрива, і спосіб отримання електроенергії (наприклад, з вугілля або нафти, у вигляді ядерної енергії), які використовуються в процесі переробки сировини на біопаливо, можуть призвести до змін у теплиці. викиди газу.

Більшість досліджень показали, що виробництво біопалива з існуючої рослинної сировини дозволить зменшити викиди в діапазоні від 20 % до 60 % у порівнянні з викопним паливом, використовуючи найбільш ефективні виробничі системи. При посівних площах ріпаку 1 000 га поглинання CO₂ становитиме 20 000 тонн на рік, виділення кисню до 11 мільйонів літрів на гектар, а топінамбур на 1 000 га поглинає 8 000 тонн вуглекислого газу на рік.

Аналізуючи отримані дані, ми прийшли до висновку, що паливо, отримане з біомаси, має екологічні переваги як на етапі виробництва, коли вуглекислий газ поглинається під час зростання біомаси, так і на етапі експлуатації.

1.4 Патентний пошук технологій виробництва біопалива для автотранспорту

Запатентований спосіб одержання висококалорійного біопалива» відноситься до теплоенергетики, зокрема до технології переробки відходів лісозаготівельної, сільського господарства та деревообробної промисловості. Висококалорійне біопаливо отримують шляхом змішування торфу і біомаси рослин у рівних масових пропорціях на суху речовину, потім обробку суміші димовим газом і підтримкою її при температурі вихідної сировини 300 °С до втрати маси 10–15 % сухої речовини. Охолоджують до температури 145 °С технічною водою і пресують під тиском 30–40 МПа в присутності водяної пари. Теплота згоряння отриманого біопалива становить 19–21 МДж/кг, щільність не менше 1000 кг/м³, міцність механічного зносу більше 97,5 %. Перевагою цього способу є те, що викопне паливо (вугілля, нафта) виділяє значну кількість

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

Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 18510155	Арк 19
------	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

вуглекислого газу в повітря під час процесу згорання. Такі маніпуляції сприяють утворенню озонових дір в атмосфері, впливають на розвиток глобального потепління у світі, погіршують якість повітря. За словами вчених, на відміну від викопного палива, біопаливо може зменшити викиди парникових газів на 65%. Також слід зазначити, що при вирощуванні рослин на біопаливо поглинається окис вуглецю, що задовільно впливає на атмосферу та повітря в цілому. Проте серед недоліків можна відмітити те, що дороге «традиційне» паливо змушує людей у різних країнах використовувати деревину як джерело енергії. Тому є ризик знищити цілі ліси, оскільки лісове господарство не в змозі швидко відновити втрачені ресурси.

Корисна модель на отримання дизельного біопалива на основі олії тифону належить до композиційної галузі палива та енергії, а саме до технології дизельного біопалива. Дизельне біопаливо – це моноєфіри рослинних олій або тваринних жирів. Їх отримують шляхом хімічної переетерифікації рослинних олій або тваринних жирів у присутності 5 каталізаторів. Використання рослинної олії для виробництва моторного палива – ідея не нова. Однак дешевизна і доступність нафтодизельного палива не так давно викликали інтерес до біопалива. Нарешті, сьогодні ціни на моторне паливо та залежність від нафти призводять до необхідності створення та масового виробництва екологічно чистого палива на основі 10 відновлюваних біологічних ресурсів. Основною відмінністю біодизеля від звичайного дизельного палива є його екологічність.

Чисте дизельне біопаливо містить не більше 10–15 ppm сірки і не містить ароматичних сполук, що пояснює майже повну відсутність у вихлопних газах оксидів сірки та поліциклічних ароматичних сполук. Завдяки своєму природному походження дизельне біопаливо менш токсичне, ніж звичайне дизельне паливо, і легко розкладається в ґрунті, утворюючи нешкідливі, нетоксичні сполуки протягом місяця. Порівняно з нафтовим дизельним паливом дизельне біопаливо має вищий цетанове число, яке в середньому становить

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 18510155

Арк

20

54–58 одиниць. і висока температура спалаху вище 100 °С, що робить його негорючим.

1.5 Постановка задач дослідження

Літературний огляд показав, що проблематика виробництва «зеленого водню» на сьогодні мало вивчена, проте є досить перспективною у розрізі ВДЕ, тому для досягнення зазначеної мети було поставлено такі завдання, які потребують вирішення та будуть описані у наступних розділах:

- описати «зелений водень» як об’єкт дослідження;
- описати методи аналізу складу біопалива та викидів;
- розглянути методику оцінки життєвого циклу «зеленого» водню;
- розглянути технологію виробництва «зеленого водню»;
- розглянути об’єкт та методику дослідження;
- надати результати дослідження, щодо зниження техногенного впливу на атмосферне повітря при використанні «зеленого водню».

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 18510155	Арк
						21

Вслід, як ЄС зробив заміну вугілля одним з пріоритетів, газовий сектор став важливою частиною досягнення мети. Проте амбітні плани Європейської комісії щодо декарбонізації економіки також означають необхідність впровадження зелених технологій у газовий сектор, щоб йти в ногу з часом і залишатися попереду будь-яких змін на ринку, які є важливими у боротьбі зі зміною клімату.

Одним із інноваційних рішень є використання «зеленого» (або «чистого») водню в газопостачанні, отриманому з води за допомогою електроенергії з відновлюваних джерел.

Ця технологія (Power-to-Gas) заснована на додаванні «зеленого» водню в існуючі трубопроводи під час транспортування природного газу (у концентраціях до 20 %). Це найсучасніший, найпростіший, найшвидший і найдешевший спосіб створити новий ринок водню, оскільки не потребує інвестицій у нову інфраструктуру.

Додавання водню до природного газу значно покращує його властивості та зменшує викиди CO₂ під час роботи газотранспортної установки. В результаті споживачі можуть використовувати не тільки більш безпечно та кліматично нейтральне паливо, але й заощадити на його покупці. Адже суміш природного газу та водню дає більше тепла, ніж звичайний природний газ, тому вона менш потрібна, наприклад, для використання в побуті чи промисловості (металургійні та хімічні підприємства, котельні централізованого опалення).

Виробництво «чистого» водню ще не найдешевша технологія. Але його вартість з року в рік різко падає. Динаміка витрат така, що, за останніми підрахунками Wood Mackenzie, до 2030 року «зелений» водень стане конкурентоспроможним на багатьох регіональних ринках. Якщо в 2000-2019 роках було запуснено 252 МВт проектів з виробництва зеленого водню, то до 2025 року світ повинен мати ще 3205 МВт. І це не межа.

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№подл.	Взаєм.інв.№
Арк	Інв.№дубл.
№ докум.	Взаєм.інв.№
Підп.	Підп. і дата
Дата	Взаєм.інв.№

2.2 Методи аналізу складу біопалива та викидів

Загальні вимоги до лабораторних випробувань викладені в Керівництві з відбору проб та аналізу Системи моніторингу, звітності і верифікації викидів ПГ (парникових газів). Для визначення частки викопного та органічного вуглецю, що міститься в змішаному паливі або матеріалі, пункт 42 ПМЗ (Порядок здійснення моніторингу і звітності стосовно викидів ПГ, прийнятий постановою Кабінету Міністрів України від 23.09.2020 № 960) стверджує наступне: «Для лабораторних досліджень оператор визначає цю частку біомаси на основі відповідних методів. Для забезпечення обґрунтованості та достовірності методів визначення частки біомаси оператор повинен використовувати відповідні національні стандарти, а за їх відсутності – відповідні європейські чи міжнародні стандарти, деякі з яких описані нижче.

Для твердих матеріалів (зазвичай відходів) відповідним стандартом є ДСТУ EN 15440: 2017 Тверде паливо з побутових відходів. Методи визначення вмісту біомаси (EN 15440: 2011, IDT). Цей стандарт пропонує три методи визначення частки біомаси в змішаному матеріалі: 1. Метод селективного розчинення. 2. Метод ручного сортування. 3. Метод радіовуглецевого аналізу (14C). У додатку D до ДСТУ EN 15440: 2017 зазначено, що метод 1 дає неправильні результати для деяких матеріалів (тобто визначає деякі викопні матеріали як біомасу або, навпаки, біомасу як викопне паливо). Метод 2 застосовний лише в тому випадку, якщо оптично та фізично окремі частинки матеріалу можна розділити та визначити кількісно. Стандарт говорить, що розмір частинок повинен бути більше 10 мм. Відповідно до стандарту, метод 3 можна застосовувати до всіх видів матеріалів.

Беручи до уваги вимоги цього стандарту та розділу 42 ІСР, рекомендується такий підхід:

– оператори повинні намагатися використовувати радіовуглецевий аналіз принаймні для перевірки інших використаних методів. У цьому випадку

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 18510155

Арк

24

оптимальний баланс між вартістю та достовірністю результатів можна знайти, якщо оператор гарантує правильний відбір та підготовку зразків, що дозволяє відправити їх в акредитовану лабораторію для радіовуглецевого аналізу;

– якщо застосування методу на основі радіовуглецевого аналізу призведе до необґрунтованих витрат або є технічно неможливим, оператор може використати один із двох інших методів, передбачених ДСТУ EN 15440:2017, та надати Мінприроди підтвердження того, що обраний метод перевірено радіовуглецевим аналізом на основі кількох репрезентативних зразків.

Якщо таке підтвердження неможливо надати, а радіовуглецевий аналіз призведе до необґрунтованих витрат, оператор може вибрати один з менш точних підходів. У більшості випадків тверді відходи неоднорідні, тому особливу увагу слід приділяти відбору та підготовці проб. З цією метою ДСТУ EN 15440:2017 відсилає до кількох інших стандартів, які оператор повинен застосовувати залежно від обставин.

На даний момент не існує відповідного національного стандарту, що визначає частку біомаси в рідкому паливі або матеріалах. Проте радіовуглецевий аналіз, описаний у ДСТУ EN 15440:2017 для твердих речовин, можна застосувати до рідин без особливих труднощів. Крім того, може бути корисним ASTM D6866-20 «Стандартні методи випробування для визначення біологічного вмісту твердих, рідких та газоподібних зразків за допомогою радіовуглецевого аналізу».

Варто також зазначити, що відбір проб CO₂ з вихлопних газів з подальшим радіовуглецевим аналізом може бути корисним підходом. У цьому випадку визначена частка біомаси буде середнім значенням для всієї паливної суміші. Цей підхід корисний, особливо при спалюванні дуже неоднорідних матеріалів, таких як тверді відходи.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 18510155

Арк

25

2.3 Методика оцінки життєвого циклу

ОЖЦ (оцінка життєвого циклу) є одним з ключових інструментів екологічного менеджменту в ЄС (Європейському Союзі), що ґрунтується на застосуванні серії стандартів ISO, спрямованих на оцінку екологічних, економічних, соціальних та екологічних впливів у виробництві та системах утилізації відходів. .

В Україні в сучасній практиці рішення питань поводження з відходами основна увага приділяється завершальній стадії життєвого циклу продукції – етапу який слідує після використання. Значимість вивчення інших етапів (проектування, виробництво тощо) наразі недооцінюється і стоїть завдання перенести на них необхідну увагу. Адже від того, як сконструйований продукт, які якості отримують, які матеріали та технології будуть використані в процесі виготовлення, залежить кількість і кількість утворених відходів, а також те, як і наскільки важко з цим боротися. Товар знаходиться на завершальній стадії свого життєвого циклу.

Згідно з міжнародними та вітчизняними стандартами весь життєвий цикл продукції поділяється на п'ять етапів: дослідження та проектування продукції, виготовлення, обіг, споживання та утилізацію [6–8]. Оцінку життєвого циклу можна визначити як відстеження, інвентаризацію та аналіз усіх цих фаз, усіх вхідних і вихідних даних системи продукту, а також потенційного впливу цієї системи на навколишнє середовище протягом її життєвого циклу. Суть оцінки полягає у визначенні величини та значущості потенційного впливу на навколишнє середовище, пов'язаного з відходами, включаючи втрати на стадії виробництва та споживчі властивості продукції.

На першій фазі циклу – під час проектування – такі характеристики продукту, як технологічність, вміст шкідливих інгредієнтів, можливість уніфікації деталей (це замінить зношені окремі деталі новими і випустить цикл продукту по-новому), а також визначити виробництво технічної продукції (з параметрами ресурсів, енергоспоживання та утворення відходів). На етапі

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 18510155

Арк

26

проекування продукту вирішується принципова можливість перетворення відходів у категорії вторинних ресурсів. Проекти повинні забезпечувати технічні і екологічні можливості для отримання високоякісної вторинної сировини, яка може конкурувати з первинними джерелами.

На етапі виробництва (другий етап) – головними стимулами є зменшення витрат та втрат сировини, використання відходів, що підлягають вторинній переробці, і переробка дефектної продукції, споживання вторинної сировини як заміника первинної і побічної продукції. Вагомою частиною тут є розуміння власних потреб компанії у використанні вторинних ресурсів, встановлення зв'язків з зовнішніми споживачами відходів, поняття ринкової ситуації і зміни цін на різноманітні вторинні матеріали (внутрішня логістика відходів компанії).

На етапі обігу продукції одним з найважливіших є забезпечення вивезення та утилізації продукції, яка втратила споживчу якість, та ефективний контроль цього процесу з боку відповідних контролюючих органів.

Четвертий етап в основному полягає в стимулюванні попиту на продукцію, з якою легко обробляти і яка містить вторинні матеріали. Це вплине на структуру споживання товарів і, зрештою, на утворення відходів.

На останньому п'ятому етапі життєвого циклу фокус зміщується з мінімізації утворення відходів до мінімізації частини полігону (де немає технології утилізації відходів) і зменшення шкідливого впливу відходів на НС. Інструмент досягнення тут використання логістичних компонентів («Логістика утворення відходів» і «Логістика споживання відходів») створюють зрілий ринок вторинної сировини та розвивають індустрію переробки відходів.

Концептуально основним аргументом є безперервність життєвого циклу продукції та система заходів щодо мінімізації відходів на всіх етапах. Застосування методів мінімізації відходів на основі оцінки життєвого циклу продукції забезпечує стратегічний підхід до вирішення проблеми в цілому.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

27

Завдяки використанню логістичних інструментів ефективність процесів поводження з відходами на всіх етапах життєвого циклу продукту можна значно підвищити.

У всьому світі все більше і більше проектів з чистого водню розробляються в секторі відновлюваної енергетики. Ці проекти пропагують способи виробництва зеленого водню та перетворення його на зелене вуглеводневе паливо.

До 2022 року запланований розмір проектів з чистого водню у всьому світі перевищить 60 гігават, що близько еквівалентно енергії, виробленої 187,5 мільйонів сонячних елементів, 25 000 вітрових турбін, або достатньо для споживання мільярдів світлодіодних ламп. Це означає, що світові потужності з виробництва «зеленого» водню збільшуються, і 2022 рік став вдалим для розвитку цієї енергетичної галузі.

Проекти зеленого водню – це проекти з виробництва водню, які зазвичай містять в собі процес електролізу, коли електроенергія надходить з відновлюваних джерел. Європа та Австралія зараз знаходяться на передньому краї цих проектів, бо очікують, що вони стануть основною частиною майбутньої відновлюваної енергетики.

Все ж є й інша сторона. Експерти дають прогнози, що в наступні 15 років буде введено в експлуатацію тільки близько половини планованих «зелених» газопроводів. Для прискорення цього процесу розробники розраховують на використання державних пілг та інших субсидій на відновлювані джерела енергії (рис. 2.1).

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

28

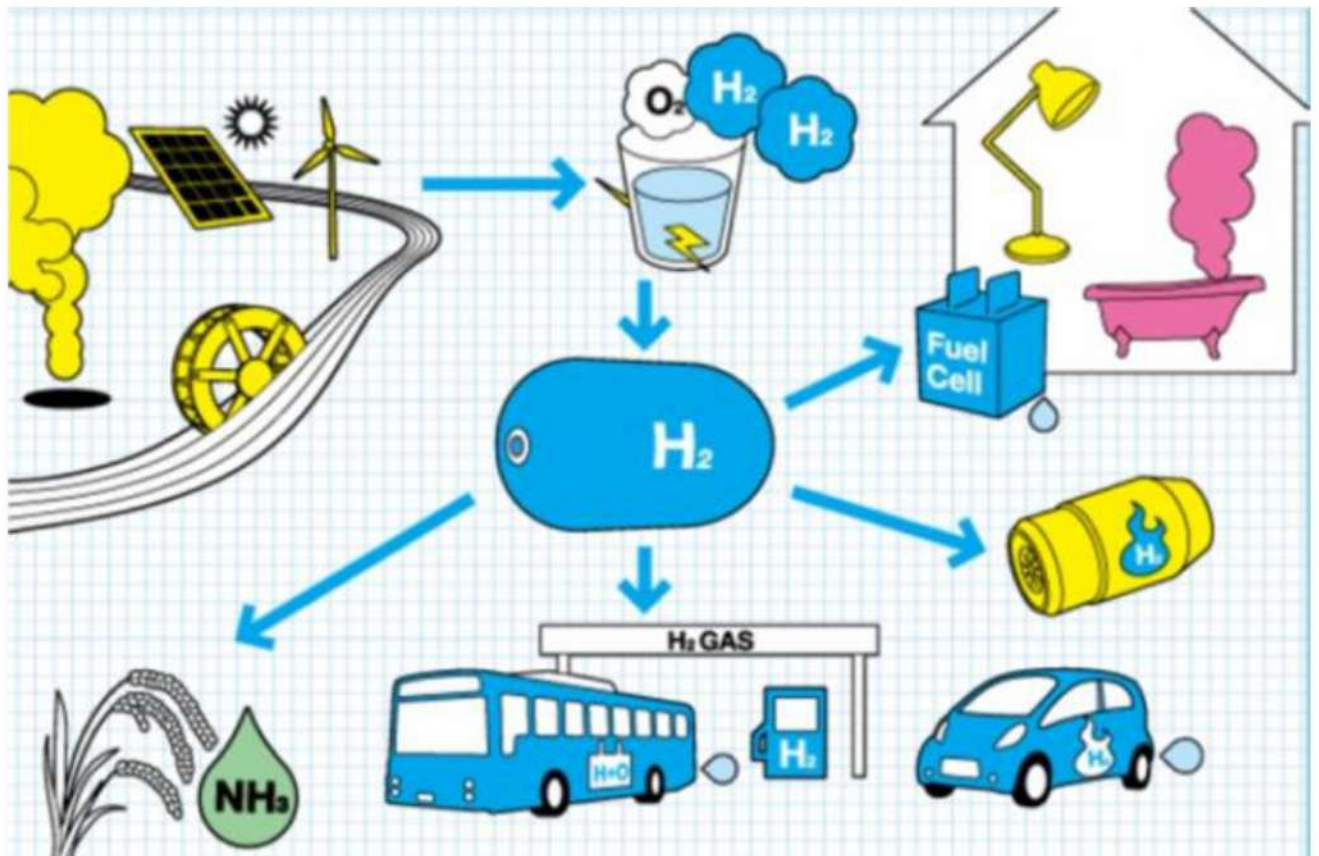


Рисунок 2.1 – Життєвий цикл «зеленого водню»

Основна причина, чому «зелений» водень є вагомим фактором, полягає у тому, що водень є надзвичайно ефективним та чистим паливом. Водневі паливні елементи можуть працювати в автомобілях, вихлопом яких є лише вода. Втім традиційний процес виготовлення водню шкідливий для навколишнього середовища. Близько 95 % водню виробляється під час енергоємного процесу, який містить спалювання викопного палива, такого, як природний газ. Це значить, що водень і сприймається як екологічно чистий на погляд споживача, він має колосальний вплив на НС в ході свого виробництва, що робить водень як паливо менш екологічно чистим.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ОС 18510155				Арк
				29

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Технологія виробництва «зеленого водню»

Виробництво водню з відновлюваних джерел відкриває можливість для моделі розподіленої мережі постачання водню, яка буде базуватися на виробництві водню на місці або поза ним. Електрика, вироблена з відновлюваних джерел, може бути перетворена на водень шляхом електролізу.

За даними Міжнародного енергетичного агентства (ІЕА), зелений водень може допомогти зменшити наш вуглецевий слід, якщо буде подолано такі основні проблеми, як інфраструктура, логістика, економічно ефективні методи виробництва та безпека. У всьому світі водень відповідає за близько 843 тонн викидів CO₂ на рік, що дорівнює сумарним загальним викидам Великобританії та Індонезії. За прогнозами, світовий попит на водень зросте з 70 мільйонів тонн у 2019 році до 120 мільйонів тонн до 2024 року. У 2025 році буде побудована найбільша в світі електростанція з зеленим воднем потужністю 237–250 тонн на рік, тобто 650 тонн/добу водню за допомогою електролізу та 4 гігават відновлюваної енергії від вітру, сонця та накопичувачів.

Для виробництва водню доступний широкий спектр ресурсів, переважно на основі викопних та відновлюваних джерел палива. Перший є більш зрілим і найчастіше використовується в промисловості, оскільки це економічно ефективний метод, який використовує крекінг або риформінг на основі викопного палива. У 2016 році світове виробництво водню становило близько 85 мільйонів тонн, використаних у нафтовій, металургійній промисловості, у переробці добрив, харчовій промисловості, виробництві напівпровідників, електростанціях і генераціях.

Існує багато способів вилучення водню з матеріалів, що містять водень, як вуглеводневих, так і неуглеводневих, таких як фотонні, електричні, хімічні, біоенергетичні, теплові та комбінація цих методів разом.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 18510155

Арк

30

Фактично, для виділення 1 кг водню з 9 кг води необхідно близько 55 кВт-год електроенергії [21]. Водні електролізери поділяються на три основні категорії:

- 1) лужні,
- 2) мембрани з полімерним електролітом (PEM) і
- 3) твердооксидні електролізери (SOE) (Додаток А).

Твердооксидні електролізери (SOE) зазвичай працюють при температурах вище 500 °С, де вода є газоподібною, лужною та PEM-елементи працюють у діапазоні низьких температур (зазвичай нижче 100 °С), де вода є рідкою [26]. У разі двох технологій – лужної та PEM – відмінності виникають залежно від типу використовуваного електроліту: рідкого (гідроксид калію) за лужною технологією та твердої мембрани з використанням PEM-елементів [27]. У лужних елементах анодний і катодний електроди занурені в рідкий лужний електроліт, найчастіше гідроксид калію. Мембрана проникна для OH– між двома електродами і служить для відділення газів, що утворюються.

У комірках з твердим оксидом і EPC роль газовідділювача виконують тверді електроліти: кераміка і полімер відповідно. Кожен тип електролізу має свої переваги та недоліки, але всі три технології є привабливими та перспективними для використання в сталій енергетиці. Лужний електроліз добре зарекомендував себе як ефективну комерційну технологію з такими постачальниками, як De Nora SAP, Norsk Hydro, Electrolyzer Corp, Teledyne Energy Systems і General Electric [28].

Будівництво швидко введених в експлуатацію електростанцій і електрохімічних сховищ є частиною планів розвитку єдиної енергетичної системи в Україні. Вирішити ці проблеми без збільшення викидів CO₂ можливо за використання надлишку електроенергії для виготовлення водню із подальшим використанням для виробництва електричної енергії в паливних елементах та її транспортування по вже існуючих трубопроводах. Дана технологія має низку

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

31

переваг перед будівництвом електромереж і швидкого запуску теплоелектростанцій, що полягають у наступному.

Елементи і паливні елементи можна досить ефективно використовувати для збалансування сітки. Це дозволить оптимізувати роботу інших електростанцій із відповідним зменшенням використання палива. Вибір раціональної технології накопичення енергії у кожному певному випадку буде залежати від таких параметрів: необхідна потужність, кількість енергії, кількість циклів заряд-розряд, термін служби, збільшення витрат на електроенергію та інші. Сталі витрати містять, наприклад, управління будівництвом, дозволи на будівництво та експлуатацію, системи контролю.

У світі існує п'ять провідних альтернатив для стійкого виробництва водню, окрім електролізу:

- 1) Піроліз та газифікація біомаси;
- 2) Ферментація потоків біомаси в біогаз у поєднанні із біогазовим перетворенням;
- 3) Термохімічне розщеплення води;
- 4) Фотокаталіз (з використанням фотоелектрохімічних комірок (PECs));
- 5) Надкритична газифікація води біомасою.

Інші способи розглядатися не будуть, так як вимагають значних досліджень і розробок.

Для трьох варіантів де водень формується частково із біомаси та частково із води, в сучасному світі сумнівним може бути те, що довгостроковою метою має бути вживання біомаси лише для виробництва водню. На даний час сильніша потреба у застосуванні біомаси, безпосередньо чи через синтез-газ, який також використовує вуглець, для стійких хімічних продуктів і матеріалів або стійкого біопалива та синтетичного палива для авіації і судноплавства. Подальші варіанти споживають енергію сонця, причому весь водень виробляється з води. Термохімічні шляхи вимагають собою високотемпературного нагрівання від концентрованого сонячного світла (далі -

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

32

CSP). CSP не може бути можлива у багатьох місцях, однак високотемпературне тепло від CSP може бути імпортоване. Альтернативою використання CSP можна розглядати використання тепла ядерних реакторів.

Останній варіант тягне за собою виробництво водню із використанням фото електрохімічних комірок (далі – PECs). Технологія приваблива, оскільки поєднує в собі функціональність сонячних батарей та електроліз. Це тип сонячних елементів який є занурений у воду. Світло викликає реакції на поверхні, що безпосередньо генерують водень. Однак, не розроблені ще матеріали, що поєднують ефективність, довгостроковість та економічну ефективність на рівні, достатньому щоб забезпечити життєздатність системи. До того, як такі системи будуть перевершувати комбінацію окремих сонячно-фотоелектричних і електролізних систем, ще довгий шлях. Така комбінована система може бути розгорнута гнучко для перетворення енергії сонця в електроенергію чи водень [46].

3.2 Аналіз зниження техногенного впливу на атмосферне повітря при використанні «зеленого водню»

При виробництві зеленого водню використовується екологічно чиста енергія та вода. За допомогою електролізу вода перетворюється на водень та кисень. При такому способі виробництва не виділяється CO₂, що робить зелений водень єдиним по-справжньому екологічним воднем.

Великомасштабне виробництво «зеленого» водню стало б значним кроком уперед у підвищенні стійкості палива та енергії. На жаль, зараз це не так, оскільки кілька факторів роблять виробництво зеленого водню проблематичним:

- Виробництво зеленого водню дуже дороге, порівняно з виробництвом сірого водню.

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

– Електроліз споживає відносно велику кількість енергії. Тому постає питання чи не буде ефективнішим подавати використану електроенергію безпосередньо в енергомережу. За електролізу ефективність становить 70 %. Це означає, що 30 % енергії, що виробляється, втрачається в процесі виробництва водню.

– Для електролізу потрібна вода. Для чого зараз використовується в основному чиста вода, що може викликати проблеми в країнах з дефіцитом води. Однак дослідження показують, що морська вода та стічні води також можуть використовуватися для успішного електролізу. Це відкриває змогу майбутнього.

Як ми вже обговорювали раніше, альтернативні енергетичні ресурси не забруднюють навколишнє середовище; однак більшість із них залежать від часу, погоди чи місця, що утворює розрив між попитом та пропозицією енергії. Водень, який можна використовувати як енергоносію і заповнити прогалину попиту та пропозиції. У відновлюваних джерелах енергії водень запропоновано як перспективний енергоносію, здатний замінити існуючу енергетичну інфраструктуру [16, 17]. Це «сталий енергоносію», який не вичерпується безперервним використанням, не містить жодних проблем із оточуючим середовищем, забруднювачами та не викликає проблем зі здоров'ям [18]. Водень є найпоширенішим і найлегшим елементом, доступним у складеній формі, але не у вільній формі. Його можна зберігати, транспортувати і легко виробляти з води. Порівняно з іншими видами палива воно багате енергією на одиницю маси. Це енергоносію, а не первинне джерело, яке можна виробляти з інших джерел, таких як вода, біомаса та викопне паливо. Порівняно зі звичайним паливом, його гравіметричний енергетичний вміст у 2–3 рази вищий, ніж у традиційних джерел, але воно має низьку об'ємну щільність енергії [19].

Планується, що водень буде енергетичним рішенням майбутнього. Як джерело енергії, він має потенціал для задоволення енергетичних потреб і

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

34

зниження викидів CO₂. При спалюванні на повітрі викопне паливо виділяє парникові гази, тоді як водень виробляє чисту форму енергії з водою як побічним продуктом. Використання водню, отриманого звичайними методами, може зменшити викиди вуглецю майже на 20 % за використання в паливних елементах. Значного скорочення викидів вуглецю, тобто нульового рівня викидів можна досягти шляхом виробництва водню з використанням відновлюваних джерел енергії [21]. Таким чином, водень може бути чистим енергоносієм, якщо пов'язані з ним технології є чистими. Сучасні технології, пов'язані з виробництвом водню та іншими аспектами, є звичайними, тому водень не можна назвати повністю чистим паливом.

Hydrogen Council 2020 заявила, що в 2020 році енергія H₂ була використана значно, і вона має потенціал для вирішення майже 8 % GED (глобального попиту на енергію), а вартість виробництва становить близько 2,50 доларів США/кг. Прогнозується, що до 2030 року вартість виробництва H₂ знизиться приблизно до 1,80 дол. США/кг і вирішить проблему глобального попиту на енергію приблизно на 15 %. Рада з водню заявила, що до кінця 2050 року попит і пропозиція H₂ становитимуть 10 EJ на рік, а потім попит зростатиме приблизно на 5–10 % щороку. Крім того, H₂ зможе задовольнити 18 % світового попиту на енергію в 2050 році. Таким чином, зрозуміло, що в майбутньому H₂ стане привабливим конкурентом в енергетичній системі через низьку собівартість виробництва, щільність енергії, і низькі викиди вуглецю [23].

Щодо потенціалу до зниження викидів ПГ варто наголосити про біологічну метанізацію водню, схема якої показана на рисунку 3.1.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

35

У ОЖЦ функціональна одиниця є мірою призначення досліджуваної системи, і вона забезпечує посилення, за допомогою якого можна пов'язати входи та виходи. Це дозволяє порівняти дві істотно різні системи. Визначення функціональної одиниці тісно пов'язане з метою дослідження ОЖЦ. Було помічено, що ~ 42% розглянутих досліджень використовували «кг виробленого водню» як функціональну одиницю (рис. 3.2).

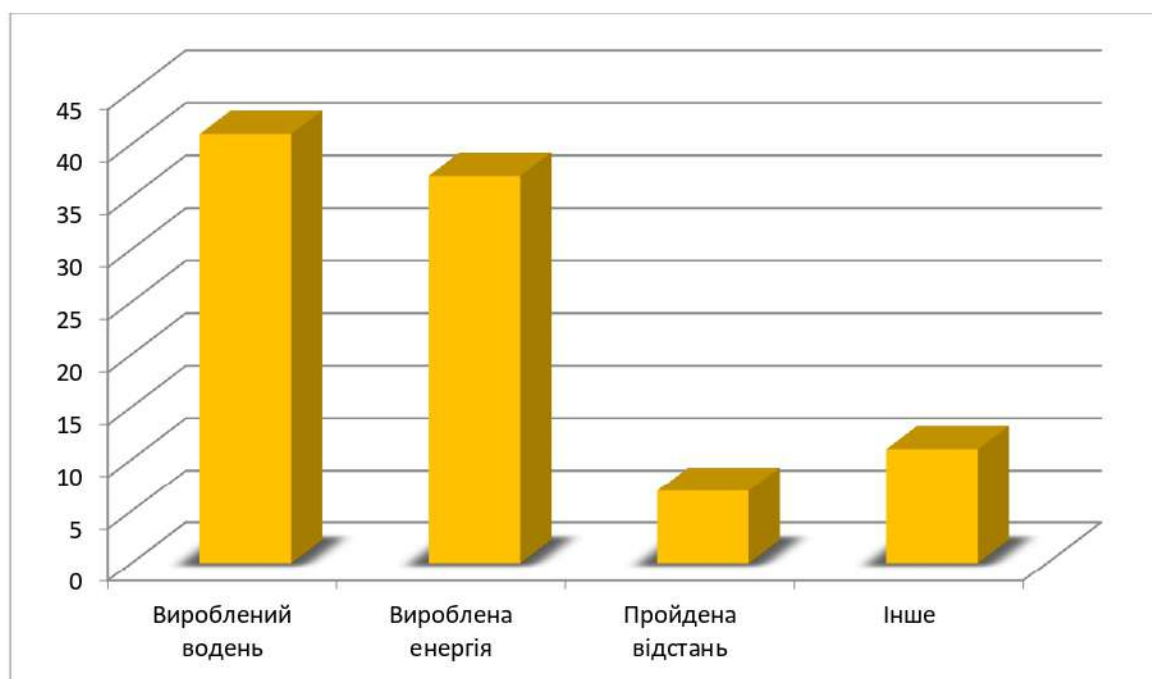


Рисунок 3.2 – Типи функціональних одиниць, які використовуються в дослідженнях оцінки життєвого циклу

У той час як деякі дослідження надали результати, які розглядали водень як енергоносії і, отже, записували функціональну одиницю як «енергію, вироблену в МДж або кВт·год». Дуже мало досліджень повідомляли про «пройдену відстань у км» як функціональну одиницю, коли водень використовувався як паливо для транспортних засобів. Вибір різних функціональних одиниць для одного і того ж продукту, тобто водню, показує проблеми, які пов'язані з порівнянням моделей ОЖЦ.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

У ОЖЦ визначення меж системи глибоко впливає на матеріали, процеси та викиди, які розглядаються для оцінки. Таким чином, межі системи також можуть значно вплинути на розрахунок впливу на навколишнє середовище.

Узагальнена межа системи, яка використовується для проведення ДМС виробництва та споживання водню, включає: (1) сировину та первинні джерела енергії, такі як природний газ, вугілля, біомаса, ядерна енергія та вода; (2) процеси виробництва водню, наприклад, електроліз води та термохімічні процеси. Деякі процеси також можуть розглядати очищення водню як підсистему виробництва; (3) зберігання водню в підземних печерах або стиснених резервуарах; (4) транспортування водню в зрідженому або стисненому газоподібному вигляді за допомогою вантажних автомобілів і трубних причепів або трубопроводів; (5) викиди під час кінцевого використання, наприклад, від водневих поїздів або виробництва електроенергії з використанням водню; і (6) нарешті, процеси обробки відходів цих систем, такі як викиди в землю, повітря та воду (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Узагальнена межа системи, що використовується для проведення оцінки життєвого циклу виробництва та споживання водню

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

У транспортній сфері велика увага надається використанню водню та паливних елементів на автомобільному транспорті. Перед розвинутими країнами, зокрема багатьма європейськими, стоїть нагальне завдання створити відповідну водневу інфраструктуру, тобто відповідну кількість водневих паливних станцій. Наприклад, Франція прогнозує, що до 2030 року не буде жодного куточка країни, де не можна буде отримати водень для автотранспорту. У деяких країнах вже створюються автономні паливні станції, які використовують енергію вітру та/або сонця для виробництва водню, зберігають його, наприклад, у стисненому стані та постачають для заправки транспортних засобів на паливних елементах. Перевезення водню може подолати недоліки інших електромобілів малої дальності за допомогою частот підзарядки.

Це вимагає повного використання дешевої електроенергії для електролізу води на водень. У той же час матеріали з високою щільністю накопичення водню необхідні для подолання низької щільності енергії традиційного зберігання водню у газових балонах. За даними Minxiart (Hydrogen Energy Industry Outlook, Китай, 2018), пробіг водневих транспортних засобів можна підвищити до 700-1000 кілометрів та більше. Що стосується електромобілів на паливних елементах (FCEV), то по прогнозам, такі транспортні засоби надійдуть у масове виробництво в 2020–2025 роках. За оцінками, виробництво комерційних автомобілів на паливних елементах в Китаї досягатиме 20 тис. у 2025 році, і після 2025 року – знаходитиметься на стадії неабиякого розвитку.

Актуальними завданнями у цьому плані є: покращення обладнання для виробництва водню; розробка матеріалів для зберігання водню більш високої щільності; оптимізація водневих паливних елементів. В Україні існує ряд маршрутів численної протяжності, на яких водневі автобуси змогли б боротися за першість з традиційними. Автобус на паливних елементах є ефективним громадським транспортом із мінімальними викидами для поїздок на далекі відстані містом, а так само він успішно вирішує недоліки електромобілів з

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

Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

40

малим пробігом і довгою зарядкою. Очікується, що він зможе швидко замінити традиційні дизельні та електричні автобуси.

За прогнозами європейських експертів, ринок електролітичних елементів в ЄС зросте до 40 ГВт до 2030 року. Очікується, що загальне виробництво водню в 2030 році складе 4,4 мільйона тонн, що відповідає 173 ТВт-год або 25 % від загальної потреби у водні в ЄС (665 ТВт-год), відповідно до Водної дорожньої карти для Європи [29]. Ми детально представляємо перспективи виробництва водню з використанням відновлюваних джерел енергії та електролізу. Таким чином, реалізація концепції переходу на використання «зеленого» водню залежить від багатьох факторів, а саме: енергетичного потенціалу відновлюваних джерел в регіоні; від вартості основного та допоміжного обладнання; від наявності необхідного водного ресурсу в достатній кількості з урахуванням його вартості; а також вартість землі для розміщення основного та допоміжного обладнання (додаток Б).

У свою чергу, всі ці фактори в кінцевому підсумку впливають на вартість самого водню, прямо чи опосередковано, певною мірою. На думку європейських дослідників, в результаті технологічного розвитку, враховуючи масштаб і функцію підготовки кадрів, низькі витрати на виробництво електроенергії з відновлюваних джерел та інтеграцію відновлюваних джерел з виробництвом електроенергії та водню, все зводиться до того, що Поновлюваний водень, вироблений електролізерами, буде конкурентоспроможним порівняно з воднем з низькими викидами до 2025 року.

Підраховано, що водень з низькими викидами, отриманий з природного газу шляхом SMR (парового риформінгу) або ATR (автоматичного термічного риформінгу) з використанням CCS (уловлювання та зберігання вуглецю), буде коштувати від 1,5 до 2,0 євро/кг [30].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 18510155	Арк
						41

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Правила техніки безпеки під час експлуатації балонів з воднем (посудин під тиском)

Рекомендації стосовно безпечної експлуатації установок, систем трубопроводів у закладах ОЗ (охорони здоров'я) і інших суб'єктах господарювання розроблені відповідно до НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском». (Затверджено Наказом Міністерства соціальної політики України 05.03.2018 р. № 333, зареєстровано у Міністерстві юстиції України 10.04.2018 р. № 433/31885) [48].

Власник кисневих балонів повинен забезпечити безпечну експлуатацію і умови утримання в справному стані, із технічним оглядом, експертизою та дотриманням усіх технічних регламентів.

Доставка наповнених кисневих балонів автомобільним транспортом має бути здійснена згідно з вимогами «Правил перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом».

Під час транспортування кисневих балонів у транспортних засобах їх слід розміщувати на спеціальних дерев'яних підставках і закріплювати відповідними хомутами, накручуючи гайки на їх шийки.

На кожному підприємстві, установі, організації, яка використовує кисневі балони або кисневі трубопроводи, повинні бути розроблені відповідні інструкції з охорони праці, плакати та стенди з урахуванням умов безпеки їх експлуатації.

Керівник підприємства призначає відповідальних осіб:

- за справний стан та безпечну експлуатацію кисневих балонів;
- справний стан та безпечна експлуатація кисневих газопроводів і посудин під тиском;

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

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 18510155

Арк

42

– для транспортування, доставки для наповнення та збору заповнених кисневих балонів (у разі проведення такої роботи).

До експлуатації кисневих балонів та систем дозволяється допуск особам старше 18 років, що пройшли медичні огляди, навчання та знання в галузі охорони праці та мають потрібне посвідчення.

Систематична перевірка знань теорії та практичних навичок обслуговуючого персоналу має здійснюватися один раз на рік.. До самостійної роботи не можуть бути допущені особи, що не пройшли перевірку знань по охороні праці та не мають відповідного посвідчення [45].

Запобіжні заходи при використанні кисневих балонів мають бути націлені на виключення:

- запалювання кисневих балонів;
- руйнування кисневих балонів;
- розгерметизація з'єднувальних частин системи подачі кисню;
- потрапляння масляних, малярних та будь-яких інших жирових забруднень на поверхню можливого контакту з киснем;
- не використовуйте знежирені прокладки та деталі при заміні клапана;
- не допускати джерела займання (відкритого вогню, електричних іскор тощо);
- не допускати падіння та удару балонів та систем, наповнених киснем;
- не допускати наповнення кисневих балонів із закінченням терміну планового технічного огляду;
- постійний контроль, щоб клапани на балонах надійно вкручувалися в горловину при збереженні необхідної щільності. Руки, одяг та взуття персоналу, який обслуговує та обслуговує кисневе обладнання, повинні бути чистими, не замасленими, а одяг не містити синтетичних волокон [45].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

43

відсутністю або несправністю припливно-витяжної вентиляції. Свинцевий бензин використовується лише як моторне паливо. Обережно слід бути з етилованим бензином під час збору та роздачі, щоб уникнути розливу, витоку та переповнення резервуарів. Рекомендується працювати з етилованим бензином у костюмах та інших засобах індивідуального захисту, включаючи прогумовані фартухи, гумові рукавички, знімне взуття, рукави та протигази марки А (коричнева коробка). Якщо етилований бензин потрапив на шкіру або одяг, видаліть його марлевим тампоном, потім ретельно промийте шкіру гарячою водою з милом і провітріть одяг на вулицю.

На цистернах, де зберігається бензин (цистерни, бочки, каністри, АЗС) з фарбою, має бути написано: «Бензин свинцевий. Отруєння. «Забороняється всмоктувати всередину бензин і дизельне паливо, щоб створити сифон для їх переливання, оскільки вони можуть потрапити в шлунок і викликати отруєння, а їх пари – обпалюють легені.

Одним з важливих питань забезпечення стабільної роботи під час аварійних ситуацій є стійкість до світлового випромінювання. Складна пожежна ситуація може виникнути на підприємстві через дію енергії світлових імпульсів, так, як зберігається велика кількість горючих речовин і обладнання. Світлове випромінювання ядерного вибуху – це електромагнітне випромінювання в ультрафіолетовому, видимому та інфрачервоному спектрі. Джерелом світлового випромінювання є ділянка світіння (вогненна куля), яка містить в собі гарячі продукти вибуху та повітря [49].

Ця ділянка за надзвичайно короткий час випромінює велику кількість променистої енергії, яка сприяє швидкому нагріванню опромінених предметів, обвуглювання чи займання горючих матеріалів, опіки живих тканин. Частка світлового випромінювання становить 30–40 % від загальної енергії атомного або термоядерного вибуху. У відкритому просторі світлове випромінювання має великий діапазон порівняно з ударною хвилею.

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

Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

45

Під час наземних вибухів, світловий імпульс на поверхні Землі на тих же відстанях буде на 40 % меншим, ніж під час повітряних вибухах однакової потужності. Це пояснюється тим, що в горизонтальному напрямку випромінює не вся поверхня вогняної кулі, а тільки 50 % кулі, хоч і більшого радіуса.

Якщо поверхня землі гарно відбиває світло, сумарний світловий імпульс (прямий і відбитий) під час повітряного вибуху може бути в 1,5–2 рази більш прямим. В атмосфері енергія випромінювання завжди ослаблена за рахунок розсіювання та поглинання світла частинками пилу, диму, краплями вологи (туман, дощ, сніг). Ступінь прозорості атмосфери зазвичай оцінюють за коефіцієнтом K , який визначає рівень послаблення світлового потоку. Вважається, що у промислових містах великої площі ступінь прозорості атмосфери можна визначати видимістю 10–20 км; у приміських районах – 30–40 км, а в сільській місцевості, де ступінь забруднення повітря не такий високий, видимість може досягати 60–80 км. Світлове випромінювання, яке потрапляє на об'єкт, частково поглинається та частково відбивається, а коли об'єкт пропускає випромінювання, то світлове випромінювання частково проходить через нього. Наприклад, скло пропускає більше 90 % енергії світлового випромінювання.

Нижня межа світлових імпульсів, що викликають опіки, – це сплески малої потужності, верхня – сплески великої потужності, тому що при більш сильному вибуху світлова енергія імпульсу виділяється відносно довший час, тобто повільніше, ніж вибух менша потужність. Під час тривалого впливу світлового випромінювання частина поглиненої світлової енергії встигає проникнути в глибокі тканини людського тіла. При цьому при короткому світловому імпульсі світлова енергія поглинається тільки верхніми шарами шкіри. Вражаюча дія світлового випромінювання визначається поглиненою частиною енергії світлового імпульсу, який, перетворюючись на тепло, нагріває опромінений об'єкт. Світлове випромінювання, яке вражає чутливих людей, викликає опіки на відкритих ділянках тіла і вражає очі [49].

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

Випн	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
------	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

46

ВИСНОВКИ

Таким чином, після написання роботи ми отримали такі висновки:

Здійснено літературно-патентний огляд досліджуваної теми. Дослідження світових тенденцій, звіти провідних організацій та законодавчі основи розвинених країн приводять нас до висновку, що використання водню є перспективним енергетичним рішенням з низьким рівнем викидів із стратегічної точки зору. Основні елементи систем водопостачання споживачів були опосередковано розроблені в промисловості та побуті. Завдяки тісній інтеграції цієї технології з іншими відновлюваними та класичними енергетичними технологіями виробництво водню виявилось цілеспрямованим. Нині основні споживачі водневої енергії зосереджені в енергетичній та транспортній сферах. Для навколишнього середовища важливо враховувати, який водень («сірий» чи «зелений») буде використовуватися для енергетичних цілей, оскільки сталий розвиток передбачає використання низьковуглецевих джерел енергії.

Розглянуто об'єкт та методику дослідження. Техніко-економічні показники технологій виробництва водню свідчать про можливість розвитку цих технологій у промислових масштабах на основі розподілених і централізованих виробничих маршрутів. Ключовими гравцями на ринку водню, ймовірно, будуть Європа і Північна Америка, Японія, Китай та Індія. Воднева економіка в цих країнах і регіонах може допомогти покращити енергетичну безпеку. Японія, Німеччина та інші країни затвердили урядові плани розвитку водневої економіки. Дослідження існуючих джерел інформації показало, що Україна також могла б брати активну участь у розробці та використанні перспективних водневих технологій.

Надано результати дослідження, щодо зниження техногенного впливу на атмосферне повітря при використанні «зеленого водню». Україна має величезний енергетичний потенціал рідкого біопалива у 3,76 млн. тонн, продемонстрований дослідженнями ресурсної бази, технологій виробництва рідинного біопалива та загальної енергоефективності виробництва та

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ОС 18510155

Арк

47

використання рідинного біопалива. н/рік, що дорівнює 1,8 % загального споживання всіх видів палива і 28 % загального споживання рідкого двигуна.

Проаналізовано охорону праці та техніку безпеки в надзвичайних ситуаціях. Наведено правила поводження з установками виробництва водню, експлуатації електролітичних установок, техніки безпеки в СЕС та ВЕС. Для того, щоб умови праці працівників були безпечними, необхідно дотримуватися наведених вище норм і правил поведінки на підприємстві. Процеси одержання водню електролізом води становлять пожежо- та вибухонебезпеку. Порухення технологічного режиму та аварії створюють загрозу виникнення газу, вибуху, пожежі, лужних опіків та ураження електричним струмом.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 18510155

Арк

48

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Кудря С. О., Морозов Ю. П., Кузнецов М. П. Дослідження і оптимізація систем отримання водню шляхом застосування електролізу води з використанням енергії вітру, сонячної радіації та геотермальної енергії. Фундаментальні аспекти відновлювано-водневої енергетики і паливно-комірчаних технологій : монографія / заг. ред. Ю. М. Солоніна. Київ : КІМ, 2018. С. 3–14.

2. Кудря С. О., Морозов Ю. П., Кузнецов М. П. Отримання водню з застосуванням вітроелектричних установок. Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях : монографія / заг. ред. В. В. Скорохода, Ю. М. Солоніна. Київ : КІМ, 2015. С. 98–105.

3. Кулик О. П., Чернышев Л. И. Основные направления развития водородной энергетики (Обзор) : препринт. Киев, 2013. 40 с. URL: http://www.materials.kiev.ua/hydrogen_2011-2015/obzor1.pdf

4. Afgan N. H., Carvalho M. G. Sustainability assessment of hydrogen energy systems. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2004. Vol. 29. Issue 13. P. 1327–1342. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2004.01.005>

5. Ball M., Weeda M. The hydrogen economy – vision or reality? *International Journal of Hydrogen Energy*. 2015. Vol. 40. Issue 25. P. 7903–7919. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.04.032>

6. Borzucka-Walker, M. Life cycle assessment (ОЖЦ) of crops for energy production. *Food Agriculture Environment*. 2011. Vol. 9. P. 698-700.

7. Bossel U. Does a Hydrogen Economy Make Sense? *Proceedings of the IEEE*. 2006. Vol. 94. Issue 10. P. 1826–1837. DOI: 10.1109/JPROC.2006.883715

8. Brandon N. P., Kurban Z. Clean energy and the hydrogen economy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2017. Vol. 375. Issue 2098. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0400>

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подл.
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

9. Chi J., Yu H. Water electrolysis based on renewable energy for hydrogen production. *Chinese Journal of Catalysis*. 2018. Vol. 39. Issue 3. P. 390–394. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1872-2067\(17\)62949-8](https://doi.org/10.1016/S1872-2067(17)62949-8)

10. Dagdougui H., Sacile R., Bersani Ch., Ouammi A. Hydrogen Infrastructure for Energy Applications: Production, Storage, Distribution and Safety. Academic Press, 2018. 166 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03214-X>

11. Döscher H. et al. Solar-to-hydrogen efficiency: shining light on photoelectrochemical device performance. *Energy & Environmental Science*. 2016. Vol. 9. Issue 1. P. 74–80. DOI: 10.1039/C5EE03206G

12. Dou Y. et al. Opportunities and future challenges in hydrogen economy for sustainable development. *Hydrogen Economy. Chapter 10. Academic Press*, 2017. P. 277–305. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811132-1.00010-9>

13. Ehret O., Bonhoff K. Hydrogen as a fuel and energy storage: Success factors for the German Energiewende. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2015. Vol. 40. Issue 15. P. 5526–5533. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.01.176>

14. Eichman J., Townsend A., Melaina M. Economic Assessment of Hydrogen Technologies Participating in California Electricity Markets. URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65856.pdf>

15. Faber, A. Economic potential of perennial energy crops in Poland. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2012. Vol. 10. P. 1178-1182.

16. Glenk G., Reichelstein S. Economics of converting renewable power to hydrogen. *Nature Energy*. 2019. Vol. 4. No. 3. P. 216–222. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0326-1>

17. Glenk G., Reichelstein S. Synergistic Value in Vertically Integrated Power-to-Gas Energy Systems. *Production and Operations Management*. 2020. Vol. 29. Issue 3. P. 526–546. DOI: <https://doi.org/10.1111/poms.13116>

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

OC 18510155

Арк

50

18. Guidi Nissim, W. Long-term biomass productivity of willow bioenergy plantations maintained in southern Quebec, Canada. *Biomass and Bioenergy*. 2013. Vol. 56. P. 361-369.

19. Havlickova, K. Development model for energy crop plantations in the Czech Republic for the years 2008-2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010. Vol. 14(7). P. 1925-1936.

20. Havlickova, K. Short Rotation Coppice for Energy Purposes. *Economy Conditions and Landscape Functions in the Czech Republic. Proceedings of ISES World Congress, 2007*. Vol. 1. P. 24822487.

21. Helby, P. Retreat from Salix – Swedish experience with energy crops in the 1990s. *Biomass and Bioenergy*. 2006. Vol. 30(5). P. 422-427.

22. Iglinski, B. Bioenergy in Poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011. Vol. 15(6). P. 2999-3007.

23. Jezierska-Thole, A. Development of energy crops cultivation for biomass production in Poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 62. P. 534-545.

24. Kayfeci M., Keçebaş A., Bayat M. Hydrogen production. *Academic Press*, 2019. P. 45–83.

25. Kharel S., Shabani B. Hydrogen as a Long-Term LargeScale Energy Storage Solution to Support Renewables. *Energies*. 2018. Vol. 11. No. 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/en11102825>

26. Kothari R., Buddhi D., Sawhney R. L. Comparison of environmental and economic aspects of various hydrogen production methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2008. Vol. 12. Issue 2. P. 553–563. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.07.012>

27. Krasuska, E. Economics of energy crops in Poland today and in the future. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 38. P. 23-33.

28. Krasuska, E. Potential land availability for energy crops production in Europe. *Biofuels Bi-o products and Biorefining*. 2010. Vol. 4. P. 658-673.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

OC 18510155

Арк

51

29. Levin D. B., Chahine R. Challenges for renewable hydrogen production from biomass. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2010. Vol. 35. Issue 10. P. 4962–4969. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.08.067>

30. Møller K. T., Torben R.Jensen T. R., Akiba E., Li H.-W. Hydrogen-A sustainable energy carrier. *Progress in Natural Science: Materials International*. 2017. Vol. 27. Issue 1. P. 34–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2016.12.014>

31. Nikolaidis P., Poullikkas A. A comparative overview of hydrogen production processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 67. P. 597–611. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.044>

32. Nordborg, M. Energy analysis of poplar production for bioenergy in Sweden. *Biomass and Bioenergy*. 2018. Vol. 112. P. 110-120.

33. Robledo-Abad, C. Bioenergy production and sustainable development: science base for policymaking remains limited. *GCB Bioenergy*. 2007. Vol. 9(3). P. 541-556.

34. Rosenqvist, H. A Profile and Analysis of Willow Growers in Sweden. *Biomass conference of the Americas von Elsevier Science*. 1999. P. 11-16.

35. Rosenqvist, H. Economics of willow growing in Northern Ireland. *Biomass and Bioenergy*. 2005. Vol. 28(1). P. 7-14.

36. Rosenqvist, H. Willow growers in Sweden. *Biomass and Bioenergy*. 2000. Vol. 18. P. 137-145.

37. Sapountzi F. M. et al. Electrocatalysts for the generation of hydrogen, oxygen and synthesis gas. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2017. Vol. 58. P. 1–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2016.09.001>

38. Sapountzi F. M. et al. Electrocatalysts for the generation of hydrogen, oxygen and synthesis gas. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2017. Vol. 58. P. 1–35.

39. Shabani B., Andrews J. Hydrogen and fuel cells. *Energy Sustainability through Green Energy*. New Delhi : Springer, 2015. P. 453–491.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

OC 18510155

Арк

52

40. Stolarski, M. J. Economic efficiency of willow, poplar and black locust production using different soil amendments. *Biomass and Bioenergy*. 2017. Vol. 106. P. 74-82.

41. Stolarski, M. J. Willow biomass production under conditions of low-input agriculture on marginal soils. *Fuel and Energy Abstracts*. 2011. Vol. 262(8). P. 1558-1566.

42. Stolarski, M.J. Analysis of the energy efficiency of short rotation woody crops biomass as affected by different methods of soil enrichment. *Energy*. 2016. Vol. 113. P. 748-761.

43. Stolarski, M.J. Short rotation woody crops grown on marginal soil for biomass energy. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2014. Vol. 23(5). P. 1727-1739.

44. Young J. L., Döscher H., Turner J. A., Deutsch T. G. Reversible GaInP₂ Surface Passivation by Water Adsorption: A Model System for Ambient-Dependent Photoluminescence. *The Journal of Physical Chemistry C*. 2016. Vol. 120. Issue 8. P. 4418–4422. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5b12498>

45. Управління Держпраці (<https://kr.dsp.gov.ua/>)

46. Проект Дорожньої карти для виробництва та використання водню в Україні. Київ, 2021. 99 с. Режим доступу: https://unece.org/sites/default/files/2021-03/Hydrogen%20Roadmap%20Draft%20Report_UKR%20March%202021.pdf

47. Чиста енергія нової ери: інтеграція технологій «зеленого» водню та біометану [Інтернет джерело]. Режим доступу: <https://100re.org.ua/news/300/>

48. Інтернет джерело за посиланням
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-18#Text>

49. НПАОП 0.00-1.41-88. Загальні правила вибухобезпеки для вибухопожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ДОДАТКИ

Додаток А

Принципи роботи лужного, PEM і SOE електролізу

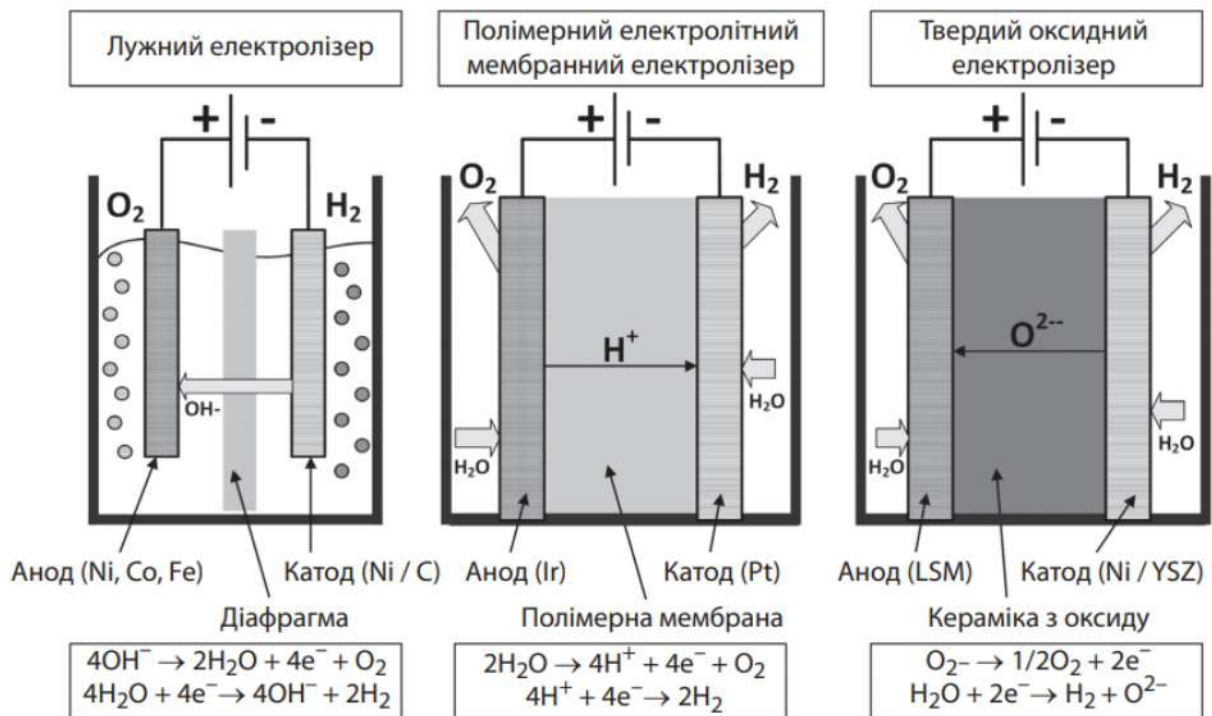


Рисунок А.1 – Принципи роботи лужного, PEM і SOE електролізу

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата			
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	<h1 style="margin: 0;">ОС 18510155</h1>		
					<table border="1" style="float: right; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Арк</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">54</td> </tr> </table>	Арк	54
Арк							
54							

Додаток Б

Фактори, які впливають на вартість «зеленого» водню

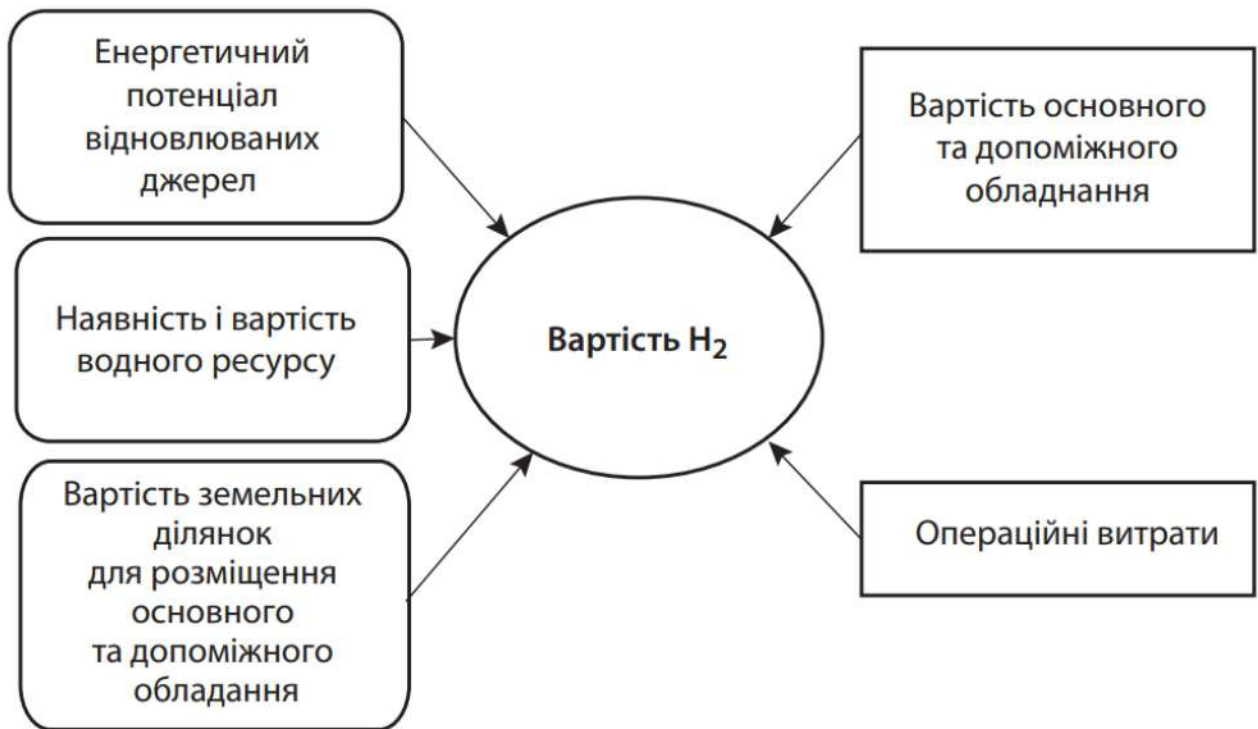


Рисунок Б.1 – Фактори, які впливають на вартість «зеленого» водню

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
ОС 18510155				Арк
				55