

# Дорожня карта використання водню в Україні у сфері дорожнього транспорту

Дата: 5 лютого 2021 року

Версія: 4.0

*Звіт підготовлений відповідно до Договору про послуги консультанта № 2500239433 від 25 вересня 2020 р.*

## Зміст

Список Ілюстрацій та Таблиць.....	4
Список скорочень.....	5
Преамбула.....	6
1. Вступ.....	8
Мандат ЄЕК ООН.....	8
Водень у транспорті.....	10
2. Мапування зацікавлених сторін в Україні.....	14
Виробництво / перетворення водню.....	15
Транспортування водню.....	16
Зберігання та доставка водню.....	17
Використання в транспорті .....	17
Підтримка водню.....	18
Інше використання.....	18
3. Аналіз передових міжнародних практик.....	21
Європейський Союз.....	21
Німеччина.....	22
Об'єднане Королівство.....	23
Італія.....	24
Норвегія.....	24
Канада.....	24
Сполучені Штати Америки.....	25
Народна Республіка Китай.....	26
Японія.....	27
4. Огляд правової та нормативної бази.....	28
Україна.....	29
5. Економічні та фінансові міркування щодо використання водню.....	33
6. Рекомендації.....	40
I. Співпраця з міжнародною спільнотою.....	43
II. Розробка стратегії та політик.....	43
III. Розвиток ринку водню за допомогою пілотних проектів та інших стиму- лів.....	44
IV. Полегшення доступу до водню.....	44
7. Список літератури.....	46
Додаток А: Частина Дорожньої карти щодо виробництва та використання водню в Україні щодо дорожнього транспорту .....	48

## Список Ілюстрацій та Таблиць

Ілюстрація 1: Абсолютне споживання енергії у транспорті за видами палива у 2017 році.....	12
Ілюстрація 2: Споживання відновлюваної енергії на душу населення за видами палива у 2017 році.....	12
Ілюстрація 3: Споживання енергії у транспорті.....	13
Ілюстрація 4: Споживання енергії у транспорті за видами палива.....	14
Ілюстрація 5: Карта ланцюга постачання водню.....	15
Таблиця 1: Мапування зацікавлених сторін.....	18
Таблиця 2: Орієнтовна вартість виробництва водню з недавніх даних.....	35
Ілюстрація 6: Основні особливості та фактори моделі WTW, що впливають на ланцюг постачання водню.....	37
Ілюстрація 7: Ключові вхідні та вихідні дані моделі TCO для транспортних засобів.....	38
Ілюстрація 8: Аналіз вартості власності для одноповерхового автобусу на водневих паливних елементах.....	39
Ілюстрація 9: Споживання енергії на транспорті за двома сценаріями на 2030 рік.....	40
Ілюстрація 10: Споживання відновлюваної енергії у транспорті в 2030 році за варіантом.....	41

## Список скорочень

ВДЕ-Т	Відновлювані джерела енергії у транспорті
ВООЗ	Всесвітня організація охорони здоров'я
ЄЕК	Європейська економічна комісія ООН
ПТС ЄЕК	Програма технічного співробітництва ЄЕК ООН
ЄС	Європейський Союз
НДДКР	Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи
ЦСР	Цілі сталого розвитку ПРООН

## Преамбула

По мірі зростання тиску зі сторони громадськості щодо обмеження глобального потепління до 1,5 градусів Цельсія, світові лідери намагаються розібратися, як найкраще вирішити цю безпрецедентну проблему. Повна декарбонізація вимагає багатовимірної стратегії, що у свою чергу відновлює та посилює інтерес до водню. Уряди визнають здатність водню провести декарбонізацію секторів, у яких зменшення використання вуглецю інакше здається неможливим або дуже важким (такі сектори як особистий або громадський транспорт, вантажна логістика, промислове опалення та промислова сировина), та роль водню у енергетичній безпеці. Тим часом, галузеві лідери у автомобільній, хімічній, нафтогазовій та тепловій галузях розглядають водень як важливу альтернативу для досягнення своїх все більш суттєвих цілей щодо сталого розвитку.

Наразі водневий громадський транспорт (зокрема автобуси) випробовується в окремих містах по всьому світу, надаючи практичний досвід щодо їх експлуатації та технічного обслуговування, а також у розробці та експлуатації відповідної інфраструктури заправки воднем. Метою цих демонстраційних проектів є збір практичних даних, які допоможуть оцінити життєздатність водневих транспортних засобів та їх допоміжної інфраструктури з метою досягнення їх повної комерціалізації. Проте, успішне впровадження цих транспортних засобів залежатиме не тільки від їх технічної зрілості, але й від соціальних переваг та прийняття цих нових видів палива та технологій у суспільстві. Демонстрація водневих автобусів у містах по всьому світу забезпечить можливість громадськості безпосередньо випробувати цю технологію, забезпечуючи фактично перевірку їх прийняття на місцях використання. Прийняття громадськістю має вирішальне значення для впровадження будь-якої нової технології до ринку; низький рівень прийняття може призвести до неадекватного впровадження або навіть до громадської протидії та опозиції до технології.

Водень у транспорті на водневих паливних елементах перебуває на початковій фазі комерціалізації у всьому світі та демонструє значний потенціал для декарбонізації транспортного сектору, таким чином доповнюючи вплив існуючих акумуляторних електромобілів. Передбачається невеликий внесок до 2030 року та динамічне зростання водню після цього в автомобільному транспорті, зокрема у дорожніх транспортних засобах на великі відстані, включаючи пасажирські автомобілі, та для великогазових перевезень, таких як вантажівки, автобуси, а також на неелектризованих залізницях. Відновлюваний водень може також використовуватися для отримання сталого рідкого палива для авіації, судноплавства тощо.

Україна прагне досягти запланованого на 2030 рівня споживання відновлюваних джерел енергії у транспорті на рівні 9%, при можливостях значно перевищити запланований рівень до 13%. Слід зазначити, що навіть при досягненні цільового показника до 2030 року у 9% очікуване зростання споживання протягом наступного десятиліття може призвести до збільшення імпорту викопного палива порівняно з 2018 роком. Тому, для України більш значні амбіції можуть бути корисними в економічному та екологічному плані; потрібно збільшити цілі на 2030 рік з виробництва відновлюваної електроенергії, включаючи очікуваний додатковий попит на електроенергію з відновлюваних джерел у транспорті (для безпосереднього використання або для виробництва водню).

Звіт підготовлений за підтримки Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН), у рамках Програми технічного співробітництва ЄЕК ООН (ПТС ЄЕК). ЄЕК ООН була створена в 1947 році з метою сприяння загальноєвропейській економічній інтеграції. В даний час ЄЕК ООН включає 56 держав-членів у Європі, Північній Америці та Азії.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <https://unece.org/>

Завдяки своєму мандату, ПТС ЄЕК має на меті допомогти країнам, що розвиваються, та країнам з перехідною економікою приєднатися/прийняти та впровадити правові документи, норми, стандарти та положення ЄЕК ООН як засоби регіональної інтеграції та інтеграції на рівні світової економіки. ПТС ЄЕК також сприяє регіональному/субрегіональному співробітництву, що має суттєве значення у вирішенні спільних проблем розвитку та транскордонних проблем, а також у досягненні міжнародних цілей розвитку, включаючи Цілі сталого розвитку (ЦСР). Програма впроваджується регіональними радниками ЄЕК ООН.

## 1. Вступ

Цей звіт надає аналіз та перелік рекомендацій для уряду України та, зокрема, для Міністерства енергетики України. Ці рекомендації сприятимуть зміцненню та вдосконаленню спроможності уряду розвивати інфраструктуру для виробництва та використання водню, зокрема у рамках підтримки відновлення після COVID-19 за допомогою його "зеленого" виробництва.

Водень є відновлюваним та чистим джерелом енергії, яке має можливість надати значну підтримку у розвитку економіки. Перехід від традиційних джерел енергії до використання водню сприяє ініціативам в рамках боротьби зі зміною клімату, і при цьому має також вплив на економіку, оскільки повністю змінює усталені ланцюги поставок у різних секторах. У той же час інвестиції у виробництво водню, інфраструктуру та використання водню можуть стати новим стимулом для економіки як в енергетиці, так і в суміжних секторах.

Як наслідок пандемії COVID-19, наразі Україна переживає економічний спад. Розвиток інфраструктури для виробництва та використання водню в Україні сприятиме її економічному відновленню, підвищить енергетичну безпеку та ефективність, покращить економічний клімат та створить нові можливості працевлаштування.

Цей звіт містить проект Дорожньої карти використання водню в Україні в дорожньому транспорті, з акцентом на сегмент міського громадського транспорту. Проект Дорожньої карти включає аналіз найкращих міжнародних практик та планів використання водню, аналіз важливості водневих технологій та потенціалу їх використання в Україні, а також детальний перелік заходів, орієнтованих на транспорт, які слід інтегрувати в загальну Дорожню карту впровадження водневих технологій в Україні.

Цей звіт організований за різними розділами відповідно до основних питань, які слід розглянути щодо розвитку водневого середовища в Україні.

Перший розділ включає мапування щодо зацікавлених сторін в Україні та фокусується на визначенні таких сторін, що мають відношення до використання водню в дорожньому транспорті, та їх ролі, типі та пріоритетності їх участі у процесі.

Другий розділ містить аналіз найкращих міжнародних практик та існуючих водневих ініціатив та проектів у галузі дорожнього транспорту, з акцентом на міському громадському транспорті.

Третій розділ стосується правової та нормативної бази, що стосується використання альтернативних видів палива та водню в дорожньому транспорті в Україні.

Четвертий розділ охоплює економічні та фінансові міркування, що стосуються використання водню в дорожньому транспорті, особливо міському громадському транспорті.

П'ятий розділ містить ряд рекомендацій щодо встановлення та вдосконалення використання водню в дорожньому транспорті в Україні.

### *Мандат ЄЕК ООН*

ЄЕК ООН виконує роль багатосторонньої платформи, що сприяє більшій економічній інтеграції та співпраці між її п'ятдесятьма державами-членами та сприяє сталому розвитку та економічному процвітанню використовуючи наступні інструменти:

- політичний діалог,
- переговори щодо міжнародних правових документів,

- розробка положень та норм,
- обмін та застосування найкращих практик, а також економічної та технічної експертизи,
- технічне співробітництво для країн з перехідною економікою.

ЄЕК ООН підтримує країни у здійсненні Порядку денного на 2030 рік та ЦСР, набору з 17 взаємопов'язаних цілей, розроблених як "план досягнення кращого та більш сталого майбутнього для всіх" (Резолюція ООН, прийнята Генеральною Асамблеєю 6 липня 2017 ), завдяки своїй ролі платформи для урядів для співпраці та взаємодії з усіма зацікавленими сторонами щодо норм, стандартів та конвенцій.

Транспорт є пов'язаним практично з усіма ЦСР. Він використовує паливо та енергію і, отже, є безпосередньо пов'язаним із ЦСР 7 щодо доступної та чистої енергії. Зацікавлені стейкхолдери та учасники сектору можуть внести свій вклад у досягнення цілі 7.2, збільшуючи частку відновлюваних джерел енергії, що використовується у транспорті, і досягти цілі 7.3 за допомогою заходів, що покращують пройдену пасажирсько-вантажну відстань на одиницю використаної енергії. Цілі 7.A та 7.B також мають посилення на транспорт. Інноваційна здатність цього сектору може стати більш актуальною для цих двох цілей на 2030 рік завдяки інвестиціям у дослідження та розробки (науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, надалі НДДКР) та у міру розвитку нових технологій.

Заходи щодо підвищення енергоефективності та інтеграції відновлюваних джерел у транспортні системи зазвичай розходяться між міським масштабом, міжміським та міжнародним масштабами. Важливо враховувати особливості цих транспортних підгалузей – їх середовище, економіку та зацікавлених сторін.

У міському масштабі система "уникнення, зміщення та вдосконалення" («avoid, shift, improve») описує шляхи покращення сталості транспорту:

- зменшення попиту на подорожі та мінімізація непотрібних поїздок;
- перехід на види транспорту з більшою ефективністю, зокрема автобуси;
- поліпшення показників транспортних засобів щодо викидів, наприклад при використанні екологічно чистого водню.

Досягнення суттєвого збільшення відновлюваної енергії в транспортній енергетиці буде залежати від встановлення амбітних цілей щодо частки біопалива та інших альтернативних видів палива з низьким рівнем викидів; збільшення частки електромобілів у парках транспортних засобів; та розширення потужностей з виробництва відновлюваної електроенергії (в електромережі та децентралізованих системах). Водень та паливні елементи також можуть покращити вплив на довкілля та енергоефективність транспортних засобів, за умови, що водень виробляється з низьковуглецевих первинних джерел енергії. Технологічні рішення для подолання проблем транспортування та зберігання водню незабаром будуть розроблені та впроваджені, тоді як сучасний рівень техніки вже має рішення для його безпечного використання. Однак залишається низка проблем, зокрема значні капітальні витрати на створення мереж заправних станцій та відповідної необхідної інфраструктури для дорожніх транспортних засобів, що працюють на водні. ЄЕК ООН просуває енергоефективний транспорт через Правила ООН про транспортні засоби, розроблені в ході роботи Всесвітнього форуму ЄЕК ООН з питань гармонізації правил експлуатації транспортних засобів (WP.29), щодо поліпшення ефективності використання палива та шляхом забезпечення більш доступних сталих паливних технологій, включаючи електричні, гібридні та водневі.

Прямий вплив транспорту на прогрес у досягненні ЦСР та їх цілей також включає зменшення смертності в дорожньому русі (ціль 3.6), що є фактором безпеки транспортних засобів, дизайну інфраструктури та систем дорожнього руху та поведінки учасників дорожнього руху. Будучи приймаючою



стороною конвенцій та угод ООН про безпеку на дорогах, ЄЕК ООН підтримує співпрацю щодо безпечнішого транспорту та співпрацює з країнами для розбудови спроможності для створення планів безпеки дорожнього руху, що рятують життя. ЄЕК ООН також утримує секретаріат і підтримує роботу спеціального посланника Генерального секретаря з питань безпеки дорожнього руху.

Подальші ключові аспекти пов'язані з ціллю 13 щодо зміни клімату (ціль 13.2 щодо пом'якшення наслідків), ціллю 11 щодо міст (ціль 11.6 щодо викидів та якості повітря) та ціллю 3 щодо охорони здоров'я (ціль 3.9 щодо забруднення повітря). ЄЕК ООН допомагає країнам зменшити забруднення атмосферного повітря в містах за допомогою заходів щодо зменшення шкідливих викидів від транспортних засобів, через більш жорсткі обмеження викидів забруднюючих речовин, Положення ООН про викиди транспортних засобів та сприяючи впровадженню екологічно чистих джерел палива. ЄЕК ООН також розробила інструмент моделювання, щоб допомогти урядам розробити транспортну політику, яка мінімізує викиди CO<sub>2</sub> ("Для майбутніх систем внутрішнього транспорту").

Помітні зв'язки з транспортом також спостерігаються стосовно ЦСР 8 щодо гідної праці та економічного зростання, оскільки транспортна галузь відіграє важливу роль у сучасній економіці. Беручи до уваги значний прогнозований довгостроковий темп зростання попиту на транспортні послуги у країнах, що розвиваються (тимчасово зупинений через пандемію COVID-19), галузь буде дуже важливим елементом у досягненні цілей ЦСР 8. Завдяки загальноєвропейському проекту "Транспорт, охорона здоров'я та навколишнє середовище" у партнерстві з ВООЗ/Європа, ЄЕК ООН співпрацює з низкою зацікавлених сторін з метою виявлення та просування зелених робочих місць у транспортному секторі.

У більш широкій перспективі транспортні системи та споживання енергії дуже впливають на ЦСР 9 щодо промисловості, інновацій та інфраструктури та ЦСР 12 щодо відповідального споживання та виробництва, і на ці цілі, у свою чергу, впливатимуть заходи урядів та зацікавлених сторін галузі для їх досягнення. Завдяки своїм 59 міжнародним транспортним правовим документам ЄЕК ООН забезпечує основу для розвитку інфраструктури та операцій для забезпечення безпечних та сталих транспортних систем, автомобільних, залізничних та внутрішніх водневих шляхів, полегшуючи мобільність людей та переміщення вантажів. ЄЕК ООН також допомагає країнам використати потенціал нових технологій шляхом інтеграції розумних транспортних систем у всі види транспорту.

Формулювання цілі 7.2 ЦСР 7, "до 2030 року суттєво збільшити частку відновлюваної енергії у світовій енергетиці", є значно відкритим. Таким чином, це дає можливість країнам, які здатні виділити достатньо ресурсів, визначити амбітні добровільні цілі щодо частки відновлюваних джерел енергії у своїх транспортних секторах до 2030 року, тим самим взявши на себе ініціативу з активними прикладами політики, які можуть бути відтворені в інших місцях.

### *Водень у транспорті*

Дослідження, проведені в різних містах та країнах, показали, що використання відновлюваного палива може значно зменшити шумове забруднення та викиди, що створюються громадським транспортом. Якщо Європа збільшить кількість водневих автобусів удвічі, це дозволить зменшити витрати на інфраструктуру та пришвидшити впровадження технології загалом. [1]

Автомобілі на паливних елементах є вигідним рішенням для громадського транспорту, оскільки вони здатні проїжджати великі відстані (у порівнянні із електричними автобусами), не виробляють вихлопних газів, а лише воду та незначний шум. Такі електромобілі, що працюють на електрохімічних елементах, можуть змішувати водень, що міститься в резервуарах високого тиску, з киснем із повітря для виробництва електроенергії, тепла та води. За однакових умов, вигоди від такого виду

палива є співставними з більш розвиненими технологіями використання дизеля, вагонного транспорту та акумуляторів. [1]

Наразі ця "чиста" революція повільно відбувається в європейському громадському транспорті. Автобуси, що працюють на водню, з'являються водночас зі створенням автозаправних станцій завдяки ряду пілотних проектів. Але ця тенденція, безсумнівно, посилиться найближчим часом, так як починаються нові проекти, які намагаються впровадити водневі транспортні засоби, щоб підтримувати нульові викиди транспорту в Європі.

Існує кілька ініціатив, що сприяють використанню водневих автобусів в Європі, серед них H2BUS Europe (планується поставити понад 600 автобусів до 2023 року), JIVE та JIVE 2 (розгортання майже 300 автобусів на водородних паливних елементах у 22 містах Європи), CHIC (54 автобуси на водородних паливних елементах були продемонстровані в містах по всій Європі та в одному місті в Канаді).

Поширення водню не обмежується лише автомобільним громадським транспортом: зустрічаються приклади водневих поїздів і кораблів. Вважається, що за витратами водневі поїзди можуть конкурувати із дизельними поїздами, існує навіть окрема ініціатива Спільного підприємства «Shift2Rail», яка підтримує розширення використання водневих поїздів у Європі. Провідні суднохідні оператори та виробники також вивчають доцільність використання водню; понад 120 компаній створили коаліцію «Getting to Zero», яка прийняла на себе амбіційне зобов'язання розробити проект комерційно вигідних суден з нульовими викидами. В даний час діють пробні проекти використання водневих парових в Норвегії, Німеччині та Бельгії.

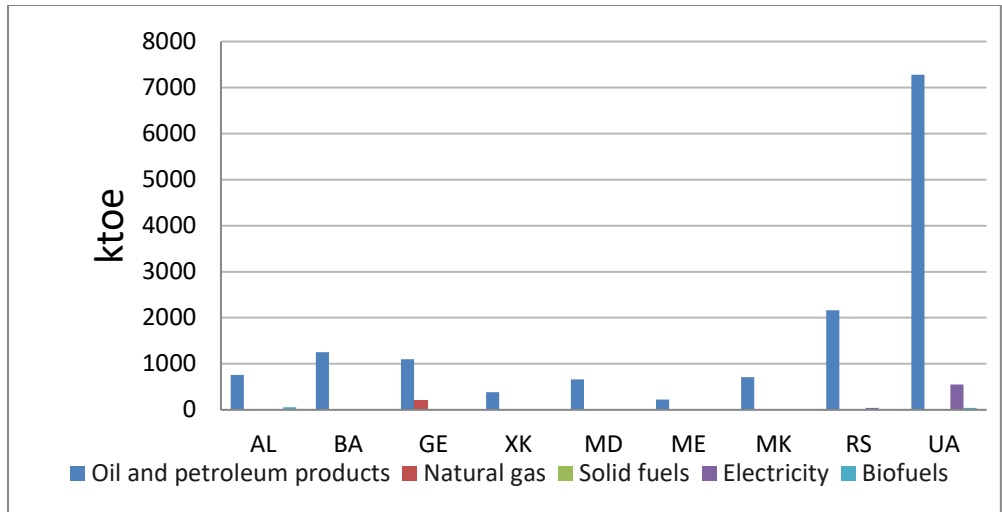
Попит на екологічно чисті транспортні засоби також зростає серед європейців, які хочуть зменшити забруднення повітря в своїх містах, зменшити залежність від ископного палива та усунути викиди вуглекислого газу від автовок. Та наразі цей попит підживлюється інноваціями, які забезпечують покращену роботу та такий ж комфорт, запас ходу та час заправки в порівнянні з автомобілями, що використовують нафту та дизель, але зі значно меншим негативним впливом на екологію.

Як і дизель або бензин, водень зберігається в паливному баку автомобіля, але, на відміну від них, рушійною силою для транспортних засобів, що працюють на водні, є електрохімічна реакція за участю водню, в результаті якої виробляється електроенергія. В акумуляторах використовується порівняльний електрохімічний цикл. Але в той час, коли акумулятор через деякий час втратить заряд, паливний елемент буде продовжувати працювати, поки в нього подаватиметься водень та кисень. Вода є єдиним викидом цього процесу [2]

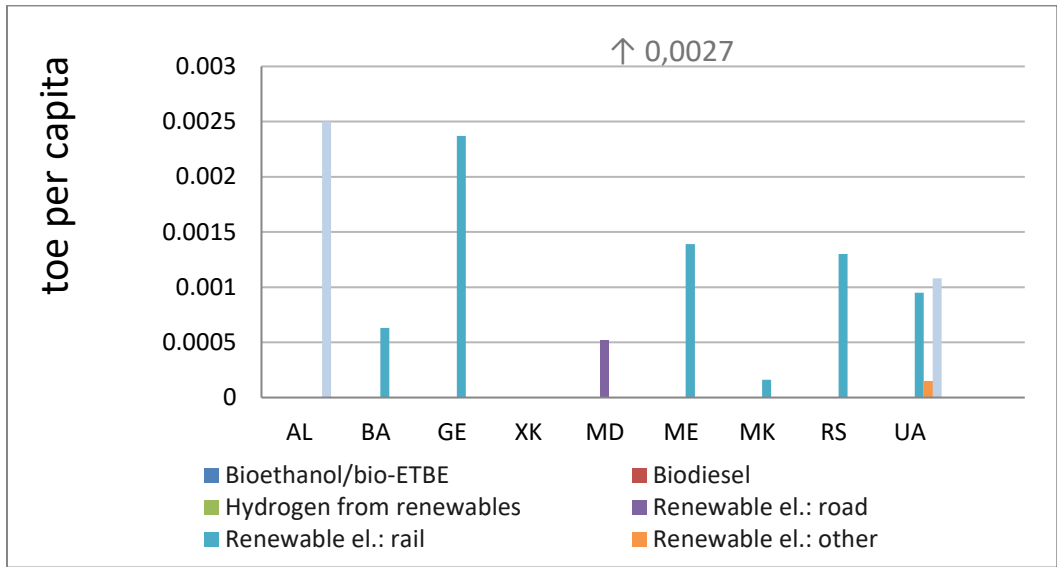
Україна має найбільше споживання енергії, а також найбільше населення серед Сторін Енергетичного Співтовариства. Енергетичне Співтовариство є міжнародною організацією, яка об'єднує Європейський Союз та його сусідів для створення інтегрованого загальноєвропейського енергетичного ринку.<sup>2</sup> У всіх країнах нафта та нафтопродукти є домінуючим видом палива. Значну частку інших видів палива становлять електроенергія та біопаливо. Біопаливо, яке споживається в Україні, не відповідає вимогам Директиви про відновлювану енергію.

---

<sup>2</sup> <https://www.energy-community.org/>



Ілюстрація 1: Абсолютне споживання енергії у транспорті за видами палива у 2017 році  
 Джерело: Порядки сприяння використанню відновлюваних джерел енергії у транспортному секторі Сторонами Енергетичного Співтовариства (2020) [3]



Ілюстрація 2: Споживання відновлюваної енергії на душу населення за видами палива у 2017 році  
 Джерело: Порядки сприяння використанню відновлюваних джерел енергії у транспортному секторі Сторонами Енергетичного Співтовариства (2020) [3]

Україна має частку відновлюваної енергії у транспорті близько 2% за рахунок споживання електроенергії в залізниці. На сьогодні споживання біопалива в Україні є низьким, проте наразі темою політичної дискусії є законопроекти, які мають на меті створити інструменти збільшення споживання біопалива.

Різні варіанти виробництва відновлюваного палива, включаючи розвиток водню після цілей на 2030 рік, можуть відкрити значні можливості для експорту. З 9%, біопаливо на основі рослинництва ста-

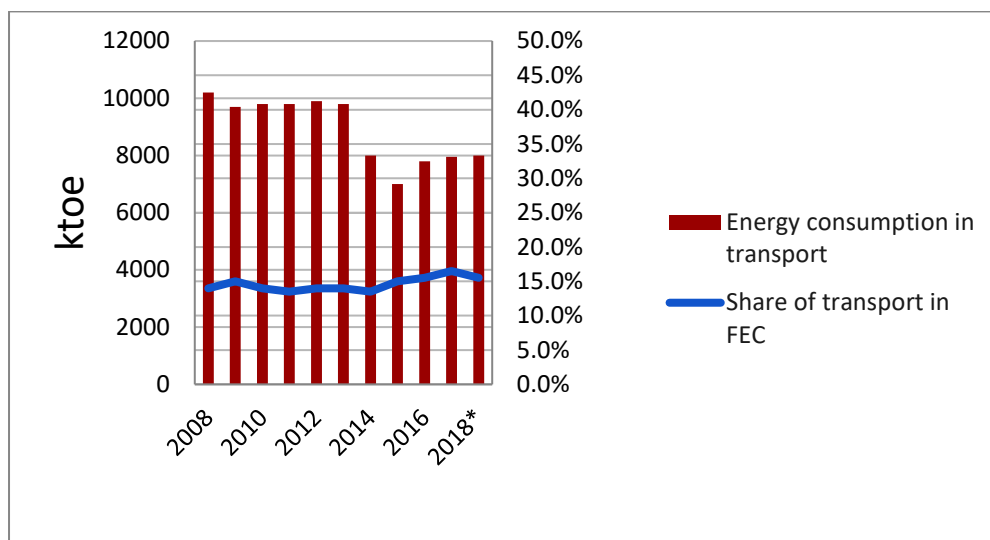
новить до 2%, тоді як 7% потрібно досягати за рахунок інших відновлюваних видів палива. Очікується, що біопаливо на основі рослинництва та вдосконалене біопаливо, а також відновлювана електроенергія в залізничному та громадському транспорті найбільше сприятимуть досягненню цілі, якщо частка відновлюваної електроенергії досягне 40% до 2030 року.

Електричні дорожні транспортні засоби, підтримані існуючою стратегією підтримки та подальшими заходами, пов'язаними із зарядною інфраструктурою, мають помітний потенціал до 2030 року, який, як очікується, буде динамічно зростати й після 2030. Водневі та акумуляторні електромобілі доповнюють один одного, та водень забезпечує поїздки на великі відстані та підходить для легкових автомобілів та транспорту для важких вантажів.

Додаткові переваги досягнення цілі Відновлюваних джерел енергії у транспорті (ВДЕ-Т) до 2030 включають зменшення залежності від імпорту викопних енергоносіїв, додаткове національне створення вартості, нові або розширені національні ланцюжки створення вартості з відповідними економічними вигодами та створенням робочих місць, можливості експорту, додатковий внесок у національні цілі щодо клімату та подальші переваги.

"Національна транспортна стратегія", "Стратегія розвитку енергетики" та "Дорожня карта широкого впровадження водневої енергетики в Україні" представляють міцну стратегічну основу для політики, спрямованої на збільшення частки відновлюваних джерел енергії в транспорті на основі біопалива, електроенергії і водню. Використання відновлюваних джерел енергії у транспорті слід продовжувати та посилювати. Існуючі стратегії слід продовжувати розробляти для посилення уваги до електроенергії та водню в транспорті та доповнювати це національною стратегією розвитку водневої енергетики та водневих паливних елементів в Україні як для внутрішнього використання, так і для експорту, використовуючи синергію, яка створюється між ними. Слід сприяти дослідженню та інноваціям, заснованим на державному фінансуванні базових та прикладних досліджень та розробок у галузі електричного транспорту та водневої енергетики.

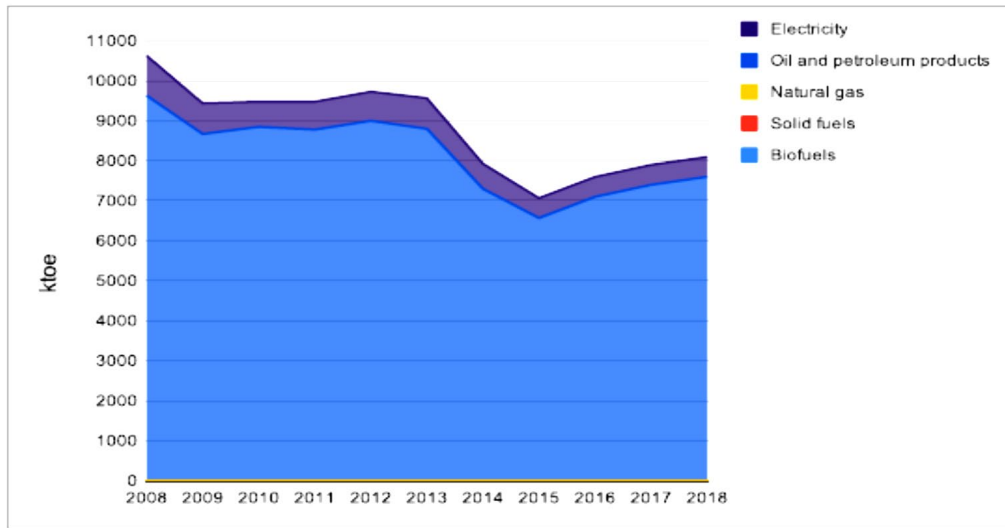
Споживання енергії зросло з 2015 року (після того, як споживання залишалось приблизно незмінним протягом декількох років до того, як Російська Федерація окупувала східну частину України та Крим у 2014 році (окупація все ще діє в 2020 році)). Частка транспорту в кінцевому споживанні енергії коливалась приблизно на рівні 15%, та трохи вище за останні роки.



Ілюстрація 3: Споживання енергії у транспорті

*Джерело: Порядки сприяння використанню відновлюваних джерел енергії у транспортному секторі Сторонами Енергетичного Співтовариства (2020) [3]*

Більшість палива та енергії використовується на автомобільному транспорті. Споживання в цьому секторі зросло з 2015 року, залишаючись приблизно постійним у попередні роки. Частка залізничного транспорту протягом останніх років коливається без чіткої тенденції. Існують незначні коливальні частки споживання в морському, річковому та іншому транспорті.



*Ілюстрація 4: Споживання енергії у транспорті за видами палива*

*Джерело: Порядки сприяння використанню відновлюваних джерел енергії у транспортному секторі Сторонами Енергетичного Співтовариства (2020) [3]*

Домінуючим видом палива у транспорті є нафта та нафтопродукти. Наступним за важливістю паливом є електроенергія у залізничному та в меншій мірі в інших видах транспорту, включаючи тролейбуси, трамваї тощо. Також є невелика частка природного газу та твердого палива, кожна з яких залишається приблизно незмінною з 2014 року.

## 2. Мапування зацікавлених сторін в Україні

Завдяки глобальним зусиллям по декарбонізації та новим технологічним тенденціям, приватний сектор почав сприймати водень як нову можливість. Протягом останнього десятиліття різні українські представники державного та приватного сектору дуже активно обговорюють питання виробництва та використання водню.

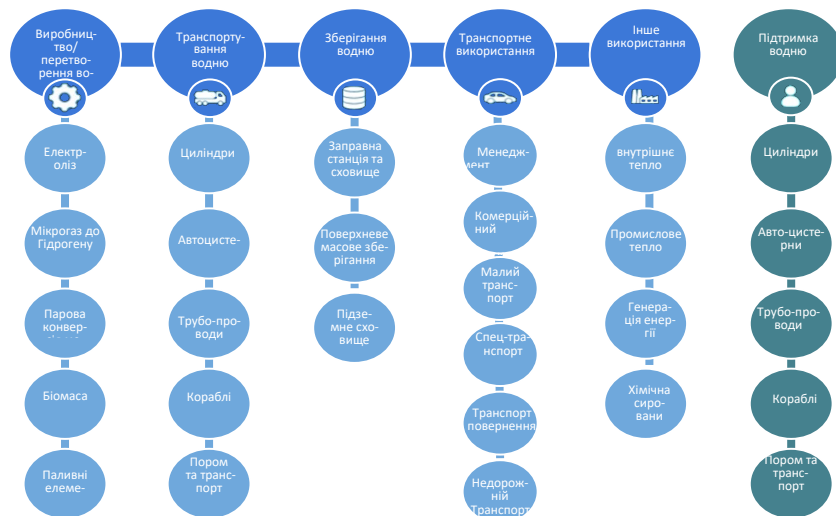
Мапування має на меті виявити та описати інтереси та взаємовідносини всіх зацікавлених сторін у аналізі використання водню в Україні в дорожньому транспорті, з акцентом на міському громадському транспорті. Мапування є корисним та прикладним інструментом у випадках, коли задіяні численні відомства, такі як державні установи, приватний сектор, неурядові установи та інші відповідні установи.

Процес мапування включає кілька ключових етапів:

1. Визначення зацікавлених сторін (розгляд списку всіх, хто може бути зацікавлений у використанні водню в дорожньому транспорті);
2. Аналіз зацікавлених сторін (аналіз перспектив, інтересів, ролей та участі зацікавлених сторін);
3. Пріоритетність рівнів залучення (всі зацікавлені сторони мають пріоритети на основі рівнів залучення до використання водню в дорожньому транспорті).

Для визначення зацікавлених сторін у контексті цього звіту використовується ланцюг постачання водню, зазначений нижче. Ланцюг постачання включає виробництво, постачання, використання та підтримку водневої економіки та використання у дорожньому транспорті, у промисловості тощо. Такий підхід дозволяє визначити всіх можливих зацікавлених сторін, описати роль та визначити їх пріоритетність.

Члени Ради з водню (створеної 92 провідними енергетичними, транспортними та виробничими компаніями з усього світу) наразі інвестують мільярди на рік у водневі розчини. Раніше ці інвестиції були направлені переважно на НДДКР. Зараз, однак, члени ради планують збільшити інвестиції та змінити пріоритетність фінансування, щоб зосередитись на впровадженні та розгортанні ринку. Поточний фокус направлений на ланцюг постачання водню, що наведено нижче.



Ілюстрація 5: Карта ланцюга постачання водню

Джерело: Карта ланцюга постачання водню для регіону Північного моря (2018) [6]

#### Виробництво / перетворення водню.

Електроліз здійснюється за допомогою електричної енергії для отримання водню з води. Це дозволяє накопичувати енергію від електрики у вигляді водню. Існує багато комерційних та науково-дослідних ініціатив, які використовують технологію електролізу різними способами. Аспекти ланцюга постачання включають створення та розподіл електролізерів та проектні установки. У процесі утворення водню електроліз відіграє найважливішу роль. Постачання електроенергії може здійснюватися або за рахунок зеленої енергетики, або від традиційних постачальників.

Водень можна отримувати за допомогою викопного палива на місці або за технологією парової конверсії метану. Ця технологія виділяє CO<sub>2</sub>, а це означає, що низький рівень вуглецю не враховується. Хоча технологія зараз готова до використання, вона також вимагає подальших досліджень та розробок.

Уловлювання та зберігання вуглецю – це процес уловлювання результатів CO<sub>2</sub> від парової конверсії метану, їх транспортування та постійної секвестрації глибоко під землею. Ця технологія вже виявилася ефективною у багатьох міжнародних проєктах, включаючи два проєкти в Норвегії. На додаток до цього, вона використовується у кількох британських проєктах, які зараз перебувають на стадії проєктування, але жоден з них ще не працює. Уловлювання та зберігання вуглецю є основним підходом до отримання низьковуглецевого водню з газу, і він, ймовірно, буде використовуватися на ринку в майбутньому.

Біогаз створюється шляхом анаеробного перетравлення біомаси, такої як врожаї, сільськогосподарські або побутові відходи. Потім метан, що утворюється в результаті травлення, може перетворюватися на водень. Іншими словами, біологічний газ може закачуватися в газову мережу для створення тепла та / або електроенергії. Як правило, біогаз створюється на фермах або комунальних підприємствах у малому та середньому масштабі. У деяких країнах процедура добре відома і широко застосовується.

Водневу електроенергію генерують водневі паливні елементи. Вони поставляються у багатьох формах та вагах, це можуть бути транспортні паливні елементи, стаціонарні паливні елементи для основного або додаткового живлення, малі теплоелектроцентралі та паливні елементи великої потужності / паливні елементи теплоелектроцентралі. Хоча вони комерційно доступні у будь-яких розмірах, вони все одно вимагають додаткових досліджень та розробки продуктів. Аспект ланцюга постачання паливних елементів охоплює НДДКР, проєктування та розробку паливних елементів, а згодом і встановлення паливних елементів, головним чином у стаціонарних додатках. На додаток до виробництва електроенергії, водневі паливні елементи відіграють значну роль у зменшенні негативного впливу вуглецю на навколишнє середовище. Хоча вони комерційно доступні у будь-яких розмірах, вони все одно вимагають додаткових досліджень та розробки продуктів.

### *Транспортування водню*

Найпоширеніший спосіб транспортування водню в ЄС – це стиснення та розміщення в балонах. Це те, як він постачається газовим і нафтовим компаніям для використання у спеціалізованих зварювальних роботах. Доставка водню може бути організована в горизонтальних балонах, наповнених стисненим воднем, або в холодильних цистернах з рідким воднем.

У міру зростання ринку водню роль автоцистерн значно зростає. Також можна доставляти водень у вигляді охолодженого розчинника на морських та річкових човнах. Це новий сегмент галузі, який зосереджений насамперед на світовому ринку водню, що наразі є у стані розвитку. Ці два транспортні підходи вже довели свою цінність. Зростаюче використання водню є важливим фактором для збільшення ділової активності.

Коли кількість водню дуже велика, найбільш економічним засобом його доставки є трубопровід. Протягом десятиліть трубопроводи транспортування водню були звичайною практикою на нафтопереробних майданчиках. Проводиться суттєва робота з вивчення можливого впровадження водню в газову мережу при концентраціях до 10% або 20%. У довгостроковій перспективі можлива 100% подача водню для заміщення газу.

Переміщення водневих автомобілів на паромі є цілком можливим в прибережних районах. Хоча операції з ланцюгами поставок не дуже відрізняються, розподіл водню на паромі вимагає належної

підготовки безпеки, розробки планів дій на випадок надзвичайних ситуацій та отримання необхідних дозволів.

### *Зберігання та доставка водню*

Водневі заправні станції та сховища є важливою частиною для застосування водню у дорожньому транспорті. Цей аспект ланцюга постачання спрямований на заправні станції для дорожніх транспортних засобів, але також може розглядатися як потенціал для морських заправних станцій. Заправні станції забезпечують обладнання для переробки або прийому, а також обладнання для стиснення, зберігання та дозування водню, як трубопроводи високого тиску, насоси, дозатори та супутні пристрої.

У міру зростання використання водня зростає його масове зберігання. Рішення для сховищ все ще створюються і будуть залежати від місця розташування. У підземних сховищах можна зберігати величезні обсяги водню. Це добре відомий і загальнозживаний підхід до зберігання природного газу. Це сховище спирається на регіональну геологію, оскільки в багатьох регіонах геологічних умов може бути недостатньо.

### *Використання в транспорті*

Загальні питання управління транспортними засобами враховуються цим елементом ланцюжка постачання для всіх типів автомобілів. Ці загальні практики управління транспортними засобами складаються з обслуговування автомобілів та технічної підтримки, перетворення дизельних двигунів на водневі та можливостей, що виникають із досвіду транспортної експлуатації.

Ця транспортна група охоплює широкий спектр міського транспорту та комерційних автомобілів (включаючи міжміські та міські автобуси, мікроавтобуси та інші види дорожнього транспорту). Збільшення кількості автобусів залежить від державної підтримки капітальних видатків та створення регіональних заправних станцій. Потенціал для автобусів та вантажного транспорту залежить від водневих витрат та наявності заправних станцій, а також застосовуваних правил щодо дизельних автомобілів.

Зростання кількості малих транспортних засобів, таких як приватні автомобілі та таксі, головним чином залежить від державних коштів, які повинні сприяти збільшенню обсягів та зменшенню витрат на придбання транспорту на основі водню (аналогічно підтримці електромобілів). Субсидії від місцевих громад також впливають на ціну водню та кількість заправних станцій у регіоні.

Особливою ціллю для водневого транспорту можуть бути транспортні засоби, які зазвичай їздять у межах певної території та використовуються досить часто. Зокрема, це можуть бути автомобілі, що використовуються для надзвичайних ситуацій та для доставки.

Існує також безліч можливостей для застосування водню на інших видах транспорту, таких як морські та річкові човни, поїздах та повітряних суднах. Найбільш цікавим використанням водню є водневі морські та річкові паромі та поїзди.

У той же час, питання безпеки використання водня у громадському транспорті повинні бути проаналізовані. Водень є легкозаймистим газом, однак знання про нього зросли, і в наш час водень можна безпечно використовувати з належними запобіжними заходами.



### *Підтримка водню*

Для становлення ринку водню необхідна підтримка, пов'язана з охороною здоров'я, безпекою, захистом довкілля та контролем якості. Професійні послуги потрібні від екологічних радників, аварійної допомоги, інженерних постачальників, а також постачальників технічних послуг, таких як лабораторні послуги та моніторинг спеціалістів. Постачання спеціального обладнання для вимірювань та протипожежні та газові прилади також є дуже важливими. Багато з цих послуг можуть надаватися з інших секторів, особливо з нафтової та газової промисловості.

Послуги з фінансової та юридичної підтримки можуть надавати компанії, які підтримують кілька секторів, але можуть мати фахівців, які спеціалізуються на водневому дорожньому транспорті.

Для стимулювання водневої промисловості у будь-якій конкретній галузі важливе значення мають навчання та маркетинг у галузях, пов'язаних з воднем. Це повинно включати академічну, аспірантську та науково-дослідну діяльність, навчання професійного персоналу та короткострокові бізнес-класи. Існує також нагальна потреба у професійному навчанні на рівні приватних та державних навчальних закладів. Крім того, потрібно провести значну роботу, щоб залучити місцеві органи влади, приватний сектор та інші зацікавлені сторони до можливостей, створених воднем. Ранні освітні зусилля мають вирішальне значення для залучення зацікавлених сторін та залучення широкої громадськості.

З розвиваючим ринком водню, закони та регуляції повинні одночасно адаптуватись і зазнавати змін. Надання консультаційних послуг, досліджень та розробок, тестування, а також адвокаційна діяльність, реалізація політики та допомога в державному фінансуванні надають значні можливості для ланцюга постачання водню.

На додаток до цих, також є інші допоміжні послуги, як логістика, ІТ та обладнання, які не спеціалізуються на водні, але відіграють важливу роль у розподілі водню.

### *Інше використання*

Що стосується іншого використання водню, варто розглянути можливість декарбонізації централізованого або децентралізованого опалення та виробництва електроенергії. Для цих цілей водень може бути використаний як низьковуглецева альтернатива вугіллю та альтернатива природному газу. [6]

*Таблиця 1: Мапування зацікавлених сторін*

<b>Назва установи</b>	<b>Роль</b>	<b>Пріоритет роботи</b>	<b>Тип роботи</b>
Міністерство енергетики України	<ul style="list-style-type: none"><li>- відповідає за енергетичну політику в Україні</li><li>- відповідає за розробку української енергетичної стратегії</li></ul>	Високий	<ul style="list-style-type: none"><li>- очолювання процесу виробництва та використання водню в Україні (на рівні політики)</li><li>- розробка української стратегії щодо водню</li><li>- встановлення політики щодо виробництва водню в Україні</li></ul>

Міністерство закордонних справ України	- нагляд за європейською та євроатлантичною інтеграцією України та співпраця з іноземними державами та міжнародними організаціями	Помірний	- підтримка у міжнародних переговорах та угодах високого рівня - розвиток водневих можливостей між країнами
Міністерство інфраструктури України	- розробляє транспортну та інфраструктурну політику в Україні - відповідає за повітряний, залізничний транспорт та судноплавство	Помірний	- створює принципи впровадження та правила використання водню у повітряному та залізничному транспорті та судноплавстві
Міністерство внутрішніх справ України	- відповідає за правила дорожнього транспорту	Високий	- створює принципи впровадження та правила використання водню в дорожньому транспорті
Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження	- відповідає за енергоефективність, альтернативні види палива та відновлювані джерела енергії	Помірний	- підтримка політики щодо альтернативних видів палива у дорожньому транспорті
Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів і захисту споживачів	- відповідає за сільське господарство та машини спеціального призначення	Помірний	- створення принципів впровадження та правил щодо використання водню у сільському господарстві та автомобілях спеціального призначення
Комітет з питань енергетики та житлово-комунальних послуг Верховної Ради	- законодавча ініціатива та затвердження первинного законодавства	Помірний	- розробка первинного законодавства - високий рівень державної підтримки використання водню
Агенції з розвитку та міжнародні фінансові організації	- надання технічної та донорської допомоги - фінансування різних проектів, державного та приватного секторів	Помірний	- підтримка технічною допомогою - фінансування пілотних водневих проектів
Науково-дослідні установи	- дослідження та розробка водневої технології	Помірний	- дослідження та розробка, адаптація та локалізація водневої технології - стимулювання розвитку досліджень використання водню та програм технічного навчання
Недержавні установи	- підтримка водневих ініціатив	Помірний	- заохочення партнерства та співпраці між Урядом, приватним сектором та іншими зацікавленими сторонами - стимулювання нові стартапи на основі водню, підприємницьку діяльність

			- сприяння організації регіональних заходів та конференцій з питань використання водню
Приватний сектор	- бізнес-ініціатива та комерційна діяльність	Помірний	- створювати та реалізовувати водневі проекти (виробництва, використання та інфраструктура)
Міста та громади	- відповідає за місцеве перевезення мешканців - створення місцевого транспорту та інфраструктури в містах та громадах	Помірний	- створювати та стимулювати проекти транспортування водню в місцевих регіонах - підтримка фінансування проектів транспортування водню в місцевих регіонах

Існують різні наукові та дослідницькі установи, які вивчають проблеми водню в Україні, такі як Інститут відновлюваної енергії НАН України. Серед неурядових установ є декілька помітних представників, таких як Енергетична Асоціація "Українська воднева рада" (<https://hydrogen.ua>) та Асоціація водневої енергетики (<http://www.aheu.com.ua>).

Координація зацікавлених сторін є важливою для успішного розвитку водневого транспорту в Україні. В даний час кожна зацікавлена сторона намагається розробити різні стратегії та вирішити власні проблеми, іноді ці ініціативи навіть суперечать одна одній. Як приклад поганої координації можна спостерігати наступне:

- Під час Global e-Mobility Forum (листопад 2020 р.) Міністерство інфраструктури оголосило про стратегію заміщення існуючого автомобільного громадського транспорту електричними транспортними засобами та створення відповідної інфраструктури до 2030 р. Цю складну мету частково підтримає програма Європейського інвестиційного банку "Міський громадський транспорт України II", який включає транш у 200 мільйонів євро на підтримку електричного громадського транспорту (трамваї, тролейбуси, електробуси) та відповідну інфраструктуру.
- Водночас Київська міська адміністрація нещодавно підписала контракт на поставку 200 бензинових автобусів Мінського автозаводу до кінця 2020 року. Інші державні установи (наприклад, Міністерство захисту довкілля) зазначили, що цей контракт не відповідає останнім екологічним стандартам.
- Харківська міська адміністрація вже закупила 57 електричних тролейбусів у 2020 році і очікує отримати ще 156 у 2021. Нещодавня закупівля фінансувалась Європейським банком реконструкції та розвитку та Європейським інвестиційним банком.
- Львівська міська адміністрація підписала меморандум з приватною громадською транспортною компанією "Екопастрас", комунальною транспортною компанією "Львівелектротранс" та українським виробником електротранспорту "Електрон" про постачання 250 нових електробусів протягом наступних 3 років.

Тому, хоча Міністерство енергетики розглядає питання використання водню в дорожньому транспорті, інші вже реалізують власні проекти громадського транспорту на традиційному паливі.

### 3. Аналіз найкращих міжнародних практик

Цей розділ надає аналіз проектів водню, що проводяться у всьому світі щодо автомобільного транспорту, приділяючи найбільше уваги громадському транспорту, та описує найкращі практики застосування водню. [7]

#### *Європейський Союз*

В Європейському Союзі вже розпочато кілька великих проектів, що сприяють прийняттю водню як транспортного палива шляхом створення та застосування національної мережі. Ось деякі флагманські проекти по всій Європі:

1. H2 Mobility створила в Німеччині мережу заправних станцій з мобільним доступом до водіїв електромобілів на паливних елементах. Ініціатива також поширюється на інші європейські країни.
2. Mobilité hydrogène France – це консорціум приватних та державних зацікавлених сторін, які розподіляють водень від енергетичних компаній до кінцевих споживачів у транспорті.
3. Скандинавське партнерство з водневих магістралей – це ініціатива, щодо створення мережі водневих доріг із заправними станціями по Данії, Норвегії та Швеції.
4. UK H2 Mobility – це партнерство провідних промислових гравців, які лобюють інтереси водневих транспортних засобів, в уряді Великобританії.

Інші країни ЄС, такі як Австрія, Італія, Бельгія, Фінляндія, Швейцарія та Нідерланди, також впроваджують ініціативи та проводять відповідні пілотні проекти.

Вищезазначені проекти підкреслюють обставини, необхідні для розробки водню як транспортного палива:

- Існуюча стратегія розміщення установок для заправки воднем;
- Потужна допомога з боку національного уряду;
- Наявність промислових гравців на місцевому ринку водню та водневих паливних елементів;
- Можливості виробництва зеленого водню.

Ці фактори можна визначити як суттєві для зростання використання водню у дорожньому транспорті.

Країни ЄС надають увагу водню як невід'ємному елементу енергетичної безпеки та трансформації енергетичного сектору. Проект Європейського наукового простору зосереджується на розробці європейської платформи досліджень та розвитку водню та паливних елементів. Спільна ініціатива “Паливні елементи і водень” (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking ([FCHJU](https://fchju.eu))) – це державно-приватне партнерство, що підтримує наукові дослідження, технологічний розвиток та демонстраційні заходи в технологіях водневих паливних елементів та водневій енергетиці в Європі. У 2019 році партнерство випустило дорожню карту розвитку водневої енергетики до 2030 і 2050 років, враховуючи масштабне поширення водню в Європі. Ініціатива FCHJU також підготувала карту, яка в режимі реального часу подає інформацію про станції для заправки воднем (<https://h2-map.eu>).

Дорожня карта [FCHJU](https://fchju.eu) надає ключові поради для всіх зацікавлених сторін:

- Визначити чіткі, довгострокові та реалістичні підходи до зменшення викидів вуглецю у всіх галузях промисловості;
- стимулювати приватні інвестиції у технологію водню та паливних елементів, щоб скористатися новими можливостями;

Дорожня карта [FCHJU](#) також передбачила наступні конкретні цілі до 2030 року для різних галузей:

- Транспорт: розмістити на дорозі наступну кількість транспортних засобів на паливних елементах: 570 поїздів, 3,7 млн. пасажирських автомобілів, 500 000 легкових автомобілів, 45 000 вантажівок та автобусів.
- Інфраструктура: Впровадити близько 3700 заправних станцій та замінити природний газ воднем в опаленні на 7%, щоб покрити потреби близько 2,5 мільйонів домогосподарств.
- Промислове застосування: застосовувати водень на нафтопереробних заводах та у виробництві аміаку та широкомасштабної генерації електроенергії завдяки розвитку спеціалізованих заводів. [8]

### *Німеччина*

Німеччина є провідним гравцем на ринку водню та паливних елементів у Європі. У 2018 році 41% усіх європейських водневих заправних станцій знаходились у Німеччині. Щоб передбачити виробництво водневих паливних елементів та водню, уряд Німеччини планував інвестувати 7 мільярдів євро в нові підприємства та дослідження у 2020 році.

На додаток до цього, Німеччина нещодавно опублікувала Національну стратегію водню зі своїми цілями та амбіціями щодо декарбонізації та скорочення викидів парникових газів. Водень має вирішальне значення для досягнення цих цілей та розширення можливостей не тільки хімічної та металургійної промисловості, але й транспортного сектору німецької економіки.

Основні цілі цієї стратегії включають:

- Декарбонізація промислового виробництва шляхом використання відновлюваної енергії на основі безвуглецевих джерел енергії, таких як водень;
- Створення регуляторних передумов для розвитку водневих технологій та надання змоги місцевим ринкам виробляти та застосовувати водень для певних промислових та транспортних потреб;
- Зниження витрат на впровадження водневих технологій та участь у розвитку міжнародного ринку водню;
- Підтримка німецьких підприємств у їхніх амбіціях впроваджувати водневі технології шляхом проведення досліджень та розробок;
- Забезпечення майбутнього постачання зеленого водню та його вторинних продуктів шляхом встановлення співпраці з глобальними партнерами та країнами, що виробляють альтернативні джерела енергії для міжнародної торгівлі та імпорту;
- Інвестиції у транспортні засоби, що працюють на водні, включаючи громадський транспорт, легкі та важкі автомобілі, внутрішнє та прибережне судноплавство. Зокрема, Німеччина планує інвестувати 2,1 млрд. євро в гранти на придбання електричних автомобілів, 0,9 млрд. євро на гранти на комунальні машини, що працюють на водневій технології, і 0,6 млрд. євро на придбання автобусів з альтернативними шляхами.

Прикладом для наслідування біорізноманіття та кліматичної безпеки є Гамбург, друге за величиною місто Німеччини. Поточна мета міста це зменшення викидів CO<sub>2</sub> на 80% до 2050 року. Автобуси на водневих паливних елементах та інші автобуси, що не мають викидів, є центральним елементом майбутнього громадського транспорту, тому з 2020 року Гамбург купуватиме лише такі автобуси. Місто Гамбург є лідером у використанні автобусів на відновлюваному паливі в Німеччині і в даний

час використовує чотири автобуси на водневих паливних елементах в рамках першого в Європі іновативного автобусного маршруту 109. Також місто взяло на себе зобов'язання до 2030 року вивести з експлуатації автобуси на дизельному паливі. Транспортний оператор Hamburger Hochbahn оголосив тендер на постачання до 50 автобусів на паливних елементах на 2021-2025 роки. Згідно з тендерними специфікаціями, автобуси мають бути спроможні покривати відстані не менше 300 км для окремих автобусів і 230 км для з'єднаних транспортних засобів (серпень 2020). Гамбург також оголосив про зацікавленість у постачанні 530 електробусів протягом 2021-2025 років.

Програма мобільності, розпочата в Берліні в 2016 році, передбачає кроки, спрямовані на підтримку прийняття електромобільності з відновлюваних джерел енергії та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище громадського транспорту. Ініціатива водневих автобусів з двигуном внутрішнього згоряння проходила з 2006 по 2014 рік. У 2016 році Берлін співпрацював з Гамбургом щодо прийняття автобусів з нульовим рівнем викидів, та починаючи з 2020 р., ці два міста збираються придбати до 200 автобусів з нульовим викидом на рік.

Regionalverkehr Köln GmbH (RVK), оператор громадського транспорту в районі Кельна, поставив перед собою амбітну мету замінити весь свій парк дизельних автобусів поїздами на альтернативному паливі. До 2030 року RVK купуватиме лише автобуси з нульовими викидами та буде розвивати необхідні потужності. Політика щодо водню включає впровадження електроавтобусів на водневих паливних елементах і також має намір розширення автопарку та відповідної інфраструктури (нові заправні станції) в регіоні Кельна. Значну частину автопарку буде замінено на автобуси на паливних елементах, а також планується встановлювати водневі заправні станції у транзитних центрах до 2030 року. [17]

Німеччина має розгалужену мережу потягів регіонального сполучення і тому досліджує можливості використання водню також у залізничному транспорті. У 2016 році Компанія Alstom презентувала свою розробку Coradia iLint - регіональний потяг з нульовими викидами CO<sub>2</sub>, який надійшов у комерційне використання у 2018 році. Земля Нижня Саксонія замовила 14 потягів Coradia iLint, поставка яких очікується у 2022 році. Компанія Siemens та залізнична компанія Deutsche Bahn оголосили про партнерство у випробуванні поїздів на водневому паливі разом з відповідною інфраструктурою, у 2024 році очікується поставка поїзда, який курсуватиме у регіоні Баден-Вюртемберг.

#### *Об'єднане Королівство*

Лондон також очолював розробку технологій зелених автобусів для вирішення проблем міста щодо поганого якості повітря, яке було причиною передчасної смертності та респіраторних захворювань. Планується, що центр Лондона буде зоною наднизьких викидів. Усі двоповерхові автобуси, що їздять в регіоні, повинні бути гібридами, що відповідають нормам Євро VI, а всі одноповерхові автобуси, що обслуговують зону, повинні бути прототипами з мінімальним впливом на довкілля. Близько 4000 автобусів Євро IV та Євро V будуть перероблені для усунення вихлопних газів NO<sub>x</sub> до 95 відсотків за межами центрального регіону. Це оновить їх до найсучаснішої норми Євро VI. Залучаючи зовнішні інвестиції, Лондон планує розширити парк автобусів з водневими паливними елементами в найближчі роки.

У 2020 році Ліверпуль запустив Проєкт автобусів на водневому паливі в м. Ліверпуль та прилеглих районах, який включає в себе 25 автобусів на водневому паливі та воднезаправні станції із загальним бюджетом у 6,4 млн фунтів стерлінгів.

Окрім автобусів, Великобританія також хоче переробити електричні поїзди на водневі та ввести їх в експлуатацію до 2022 року. Уряд Великобританії припинить користуватися поїздами з дизелем до 2040 року і вже розглядає водень як ефективне рішення для безвуглецевих поїздів.

Інновації водню у Великобританії виходять за рамки транспортної галузі. На Тижні будівництва у Великобританії 2020 року компанія Intelligent Energy представила ECO GH2, продукт на водневій основі, спеціально розроблений для будівельного сектору. [17]

### *Італія*

Італія шукає засоби, як покращити забруднене повітря, оскільки це впливає на здоров'я людей та потреби в їх мобільності, особливо взимку, завдяки регулярному виведенню автомобілів з міста. Мілан відкрив зону збору за дорожні затори (зона С) в історичному центрі міста в 2012 році. Для відвідування зони С необхідно придбати квиток, тоді як деякі автомобілі з високим рівнем викидів повністю заборонені, а транспортні засоби з низьким рівнем викидів звільняються від збору.

Azienda Trasporti Milanesi, автобусний оператор Мілана, шукає технологію відновлюваних джерел, яка забезпечує найкращий баланс між витратами та експлуатаційними показниками. Компанія, поряд з автобусами на водневих паливних елементах, також розглядає можливість, яку надають гібридні та електричні автобуси. Компанія продовжить перевезення пасажирів автобусами на водневих паливних елементах ще пару років у партнерстві з виробником автобусів та постачальником інфраструктури, а також досліджуватиме інші відновлювані технології. [17]

Регіональний оператор Ferrovie Nord Milano, друга за розміром залізнична компанія в Італії, замовив 6 поїздів на водневому паливі у виробника Alstom. Очікується, що поїзди надійдуть в експлуатацію у 2023 році; сума інвестицій складає понад 160 млн євро.

### *Норвегія*

Екологічні цілі дуже агресивні в Осло та околицях Акергсуса. Осло заявило в червні 2016 року, що скоротить викиди вуглецю в місті на 95 відсотків до 2030 року, тоді як Акергсус має ціль на 50 відсотків до 2030 року.

Регіональний план водню затверджений на 2014-2025 роки, намагається зробити водень легкодоступним у транспортній галузі за рахунок збільшення кількості заправних станцій для водневого транспорту. Ruter, регіональний орган громадського транспорту, намагається забезпечити, щоб до кінця 2020 року весь національний транспорт в Осло та Акергсусі рухався на альтернативних видах палива. Автобуси з водневим паливом включені в політику щодо водню в країні та в ініціативу Ruter «Без вуглецю 2020». [17]

Норвегія також вивчає можливості для використання водню у секторі морських перевезень. Серед нещодавніх проєктів - поромне сполучення із Лофотенськими островами до 2024 року, або запуск порому на 1800 пасажирів між Осло та Копенгагеном до 2027 року.

### *Канада*

Канада у всьому світі визнана світовим піонером у дослідженні, створенні та монетизації водню та паливних елементів. Вона є одним з найбільших виробників та споживачів водню, та має найбільше накопичення знань про водневі та паливні батареї. Ця галузь у Канаді є динамічною і містить усі компоненти у мережі збуту. Водень переважно виробляється хімічною промисловістю із викопного палива (53%) та нафтогазовим сектором (47%).

Ця галузь складається в основному з малого та середнього бізнесу та дослідчих фірм. Добре освічена робоча сила з технічним досвідом є основою в канадській економіці, заснованій на знаннях..

Британська Колумбія має найбільшу кількість компаній з виробництва водню та паливних елементів у Канаді. Її стратегічні плани у цьому секторі включають поліпшення екологічної, соціальної та економічної підзвітності підприємства та продовжують випробовувати транспортні засоби, які менш залежать від природного газу до 2030 року. Канадський уряд планує досягти нульового значення викидів парникових викидів до 2050 року. [17]

Місто Торонто, яке є найбільшою агломерацією Канади, розглядає можливість використання поїздів на паливних елементах як реальну альтернативу електро- та дизельним поїздам. Місцевою транспортною компанією Metrolinx вже проведено техніко-економічне обґрунтування. Інший залізничний перевізник, компанія Canadian Pacific Railway, займається розробкою першого локомотиву на водневому паливі для вантажних потягів.

### *Сполучені Штати Америки*

В результаті нафтової кризи уряд США вперше розпочав фінансування досліджень водню в 1970-х роках. Таким чином, США однією з перших країн впровадили технології водню та водневих паливних елементів у свою національну стратегію розвитку енергетики. Потім у 1990 р. була введена програма досліджень, розробок та демонстрації застосування водню, на основі якої був сформований план досліджень та розробок у галузі водневої енергетики.

Пізніше у 2000-х роках під керівництвом Департаменту енергетики США була створена Національна дорожня карта з водневої енергетики, яка надає план узгоджених, довгострокових, державних та приватних зусиль, необхідних для розвитку водневої енергетики. Потім у США переглянули політику щодо водневих паливних елементів. Уряд США збільшив податковий кредит для заправних станцій для водню з однієї третини до половини відсотків, що створило додаткову знижку для заохочення високоефективних водневих паливних елементів, що використовують комбіновані тепло-енергетичні системи.

Ця енергетична програма пояснила провідну роль водневої енергії у трансформації транспортної системи країни. Більше того, Асоціація паливних елементів та водневої енергії обрала день 8 жовтня Національним днем водню та паливних елементів у 2015 році, що також було затверджено в резолюції Сенату No. 217.

Дослідження та розробка водневих та паливних елементів були у підпорядкуванні Департаменту енергетики, який виділяв кошти на вирішення ключових технічних проблем, і це створило основу для системи розробки, що керується національною лабораторією Департаменту енергетики, а також університети, науково-дослідні інститути та підприємства.

Завдяки довгій історії розвитку водню, США сформували стійку систему законів, політик та дослідницьких стратегій для подальшого сприяння науковим дослідженням, розробці та впровадженню водневої енергії. Таким чином, у березні 2019 року Департамент енергетики надав 30 мільйонів доларів на проект H2@scale, де основна увага приділяється виробництву, транспортуванню, зберіганню та використанню водню в багатьох галузях промисловості країни. З цією метою Департамент енергетики США розпочав проект H2USA, який є партнерством між державними та приватними виробниками електромобілів на водневих паливних елементах, що працюють над впровадженням та вирішенням проблем інфраструктури. Основна увага приділяється розвитку водневої інфраструктури для розширення можливостей транспортування енергії для американських споживачів.

США, є одним з лідерів на світовому ринку водню, у 2020 році статистика країни була найбільшою у світі щодо кількості легкових автомобілів на водневих паливних елементах: кількість проданих та орендованих автомобілів на паливних елементах досягла понад 7000 у третьому кварталі 2019 року.



Також цікаво, що Walmart і Amazon використовують у своїй діяльності понад 30 тис. автотранспорту з водневими паливними елементами.

У Сполучених Штатах Каліфорнія вважається найбільш технологічно розвиненим та екологічно чистим штатом, оскільки Каліфорнія представляє найвищу підтримку закупівлі транспортних засобів на водневих паливних елементах – до 7000 засобів, що працюють у Каліфорнії, згідно даних на кінець другого кварталу 2019 року. Це пояснюється тим, що Каліфорнія має потужну державну підтримку відновлюваної енергетики, якої інші штати не мають. З моменту введення перших грантів Державної енергетичної комісії в 2010 році було відкрито понад 30 роздрібних заправних станцій для водню, ще 30 станцій перебувають у стадії розробки. Каліфорнія стала найактивнішим та найорієнтовнішим гравцем ринку для розробки та впровадження водневих та паливних елементів у Сполучених Штатах Америки завдяки своєму допоміжному плану оцінювання. Партнерство паливних елементів Каліфорнії встановило цілі на 1000 АЗС та 1 мільйон авто до 2030 року [8].

Каліфорнія також є лідером у використанні поромів на водневому паливі, у 2021 році очікується запуск першого порому на паливних елементах, який буде обслуговувати район Бухти Сан-Франциско (проект Golden Gate Zero Emission Marine).

### *Народна Республіка Китай*

Китай перетворився на один з найбільших у світі ринків водню в 1999 році, коли вперше був розроблений китайський транспортний засіб на водневих паливних елементах. На сьогодні Китай є одним з найбільших у світі виробників водню: потужність промислового виробництва перевищує 25 мільйонів тонн на рік. Говорячи про обсяг споживання, Китай продав понад 3000 комерційних авто на водневих паливних елементах в період між 2017 і 2019 роками, що визначило Китай як один з найбільших у світі ринків для розгортання у цій сфері.

Однак за цим досягненням стояли десятиліття державної політики та величезна кількість ініціатив. З 2010 року уряд країни планує заохочувати та направляти дослідження та розробку технологій водню та паливних елементів, а саме у рамках наступних програм: «Революція енергетичних технологій та дії у інноваційних технологіях (2016-2030)», «13-й п'ятирічний план розвитку розвиваючихся стратегічних галузей», «Зроблено в Китаї 2025» та «План розвитку енергозбереження та індустрії нових енергетичних автомобілів (2012-2020)». [8]

Більше того, була запроваджена «Система подвійного управління кредитами» для сприяння розробці нових енергетичних автомобілів та виробництва пасажирського транспорту. Це пов'язано з так названими «позитивними» кредитами, що надаються для виробництва нових енергетичних автомобілів, та «негативними» кредитами для виробництва двигунів внутрішнього згорання. Водень був включений до переліку 15 ключових сфер енергетичної стратегії та плану технологічних інновацій Китаю.

Водень є важливою частиною цієї стратегії, оскільки Китай докладає багато загальнонаціональних зусиль для переходу на відновлювані джерела енергії. Наприклад, водень може допомогти вирішити багато питань безпеки та стійкості в енергетичній системі Китаю. У 2019 році на засіданні уряду Китаю водень вперше був включений до річного звіту уряду.

Починаючи з 2014 року, виробництво транспортних засобів на водневих паливних елементах збільшилось, сприяючи вдосконаленню технологій, зменшенню вартості водню та використанню водню в інших сферах. Однак ініціативи нових батарейних автомобілів також реалізуються паралельно з розвитком водневих технологій. Як і у випадку з автомобілями на електричних батареях, уряд головним чином зосередився на комерційних аплікаціях транспорту на паливних елементах, які простіше регулювати та впроваджувати в масштабах всієї країни. Субвенції центрального та місцевого

самоврядування відіграють провідну роль в автомобільній промисловості на паливних елементах, і субвенції застосовуються на основі таких факторів:

- Кожен покупець транспорту на водневих паливних елементах отримує субвенцію. Незважаючи на те, що муніципальні субсидії на електричні транспортні засоби припиняються щороку, субсидії на транспорт на водневих паливних елементах, як очікується, будуть продовжені до 2025 року. За словами спеціалістів, ці субвенції для транспорту на водневих паливних елементах будуть поступово урізатися, в той час як обов'язкові вимоги до специфікацій зростатимуть;
- Кожне будівництво та запуск водневої заправної станції отримує субвенцію. На даний момент не існує чітких державних субвенцій на заправні станції для водню, однак існують ініціативи муніципальних субсидій, наприклад, у містах Фошань та Чжуншань. Одне з найбільш прогресивних міст у впровадженні водню, місто Фошань, проголосило, що кожна новозбудована нерухома воднева заправна станція отримає субвенцію на суму до 8 мільйонів юанів;
- Субсидії на вартість заправки воднем. Згідно з інтерв'ю урядових експертів, мета цих субсидій зменшити вартість використання водню на 100 км, щоб бути меншим, ніж на рівні з транспортними засобами, що використовують двигуни внутрішнього згоряння. Однак, кому мають надходити субсидії все ще обговорюється, яке може бути надане оператору водневої заправної станції або направлено споживачам, які заправляють свої автомобілі на водневих паливних елементах.

Значний успіх і політична воля уряду країни стимулюють вдосконалення водневої галузі в Китаї. На думку експертів, на вдосконалення цього промислового сектору впливатимуть такі фактори:

- політична та інфраструктурна підтримка виробництва та транспортування водню;
- Видалення водню з категорії небезпечних хімічних речовин;
- Збільшення обсягів місцевого та масового виробництва компонентів для паливних елементів для зменшення витрат;
- Впровадження процедур затвердження та запуску водневих станцій.

План Національної комісії розвитку «Щодо реформування кругової економіки транспортних засобів у Китаї» був погоджений та затверджений головними установами країни влітку 2019 року. Таким чином, ініціативи щодо скасування обмежень на придбання / номерні знаки нового енергетичного транспорту місцевими органами влади продовжують державні субвенції та завершують обмеження на в'їзд вантажівок до міст. Зараз планується, що завдяки таким ініціативам Національна комісія спровокує споживання нового енергетичного транспорту, а також автомобілів на паливних елементах. [8]

### *Японія*

Завдяки своєму географічному розташуванню та існуючим екологічним обмеженням поновлювані джерела енергії високо цінуються в Японії. Ця країна також прагне стати лідером на ринку водню. Спочатку передбачалося, що Японія зможе реалізувати свій водневий енергетичний потенціал за допомогою атомної енергетики, хоча аварія на АЕС у Фукусімі у 2011 році змусила японський уряд переглянути національну енергетичну стратегію. Таким чином, водень був введений на перший план національної енергетичної стратегії з подальшою метою перетворення країни на водневу спільноту.

Японія започаткувала 4-й Стратегічний енергетичний план, який чітко окреслює використання водню, було засновано стратегічну дорожню карту щодо водню та водневих паливних елементів, яка визначає комплексну стратегію виробництва, транспортування, зберігання та використання водню.

Згодом Організація розвитку нових енергетичних та промислових технологій Японії випустила бюлетень про водневу енергію в 2015 році, де водень висувається на третє місце в національній енергетичній стратегії.

У 2017 році уряд Японії опублікував основну стратегію для водневої енергетики з планом комерціалізації виробництва енергії водневих паливних елементів до кінця 2030 року. Таким чином, у 2018 році Міністерство економіки, торгівлі та промисловості інвестувало приблизно 250 мільйонів доларів США у роботи з водню та паливних елементів. Слід зазначити, що ще в 2009 році Японія прославилася тим, що першою впровадила паливні елементи для виробництва електроенергії та гарячої води в житлових приміщеннях. Таким чином, паливні елементи для житлових теплоцентралей спочатку комерційно використовувались в Японії, і сьогодні Японія вважається провідною країною в комерційному використанні паливних елементів. На сьогодні Японія має більше 19 000 стаціонарних систем теплоцентралі у торгових та житлових приміщеннях.

Коли мова заходить про японську автомобільну промисловість, слід зазначити, що транспортні засоби на водневих паливних елементах у моді в Японії. Такі всесвітньо відомі японські автомагнати, як Toyota, Honda та Nissan, витрачають багато зусиль на дослідження та розробку транспортних засобів на водневих паливних елементах. Першою комерційною маркою автомобілів стала Toyota Mirai в 2014 році, а потім Honda Clarity. Станом на середину 2019 року, згідно зі статистикою Міністерства економіки і промисловості Японії, кількість автомобілів на водневих паливних елементах, що продаються та здаються в оренду в Японії, складає понад 3000 одиниць.

Японія в основному використовує водневі паливні елементи в легкових автомобілях. До Олімпіади-2020 Toyota планувала поставити 100 автобусів на паливних елементах для транспортування відвідувачів, завдяки цьому масштабному розгортанню виробництва та інтересу до транспортних засобів на паливних елементах, воднева інфраструктура в Японії мала можливість розвиватись завдяки державним інвестиціям, а також приватному сектору, які розробляють та відкривають водневі заправні станції. У 2018 році консорціум з 11 компаній разом із Toyota та Nissan запустив «Japan H2 Mobility», метою якого є побудова 80 водневих заправних станцій до 2021 року. На 2020 рік в Японії існувало понад 125 водневих заправних станцій, та додаткові 160 станцій повинні з'явитися у 2020-2021. [8]

#### **4. Огляд законодавчої та нормативної бази**

ЄЕК ООН забезпечує платформу для обміну знаннями та розробляє стандарти та найкращі практики по всьому ланцюжку постачання водня. Основними документами, підготовленими ЄЕК ООН, є:

- доповідь на тему «Водень - інноваційне рішення вуглецевої нейтральності», що містить рекомендації щодо застосування водню. Ключовою рекомендацією є розширення співпраці з виробництва відновлюваного водню; підтримка програм стимулювання ринку водню, включаючи квоти, цільові показники, спеціальні програми; розробка керівних принципів, положень та технічних правил для водневої галузі; підтримка розгортання електролізерів та розробка спеціальної фінансової інженерії, необхідної для збільшення водневої економіки. [9]
- Правила Організації Об'єднаних Націй № 134 "Єдині положення, що стосуються затвердження автомобільних транспортних засобів та їх компонентів щодо безпечних характерис-

тик транспортних засобів, що працюють на водню" згідно з Угодою про гармонізовані технічні регламенти колісних транспортних засобів 1958 року. Правила визначають вимоги щодо експлуатаційних характеристик транспортних засобів, що працюють на водневих паливних елементах, мінімізуючи шкоду людині, яка може виникнути внаслідок пожежі або вибуху, пов'язаних із паливною системою транспортного засобу, та / або ураження електричним струмом, спричиненого системою високої напруги транспортного засобу. Також включає специфікацію системи зберігання водню, конкретних компонентів та паливної системи транспортних засобів, що використовують системи зберігання водню. [10]

- Глобальний технічний регламент ООН щодо транспортних засобів на водню та водневих паливних елементах № 13 згідно з Угодою 1998 року. Передбачає визначення транспортних засобів, що працюють на водневих паливних елементах, та їх технічні специфікації щодо систем заправки воднем, систем зберігання водню, систем подачі водню, систем паливних елементів та систем електричного приводу та управління енергією. Також передбачає вимоги безпеки та процедури випробувань. [11]

Обидва документи мають важливе значення для гармонізованої на міжнародному рівні правової бази щодо безпеки водневих дорожніх транспортних засобів і можуть застосовуватися до української законодавчої бази.

Європейський Союз також затвердив різні документи, що стосуються використання водню в транспорті:

- Регламент 79/2009 від 14 січня 2009 р. Схвалення типу водневих моторних транспортних засобів. Регламент передбачає основні положення щодо вимог до затвердження водневих паливних систем та компонентів, розкладу та заходів щодо впровадження. [12]
- Регламент 406/2010 Про імплементацію Регламенту ЄС 79/2009. Цій регламент необхідний для прийняття гармонізованих правил щодо ємностей для водню, включаючи ємності, призначені для використання рідкого водню, щоб забезпечити безпеку та надійність заправки транспортних засобів з воднем у всіх країнах ЄС. [13]

### *Україна*

У 2009 році Україна прийняла першу версію Закону «Про альтернативні види палива», який визначає правові, соціальні, економічні, екологічні та організаційні принципи виробництва (видобутку) та використання альтернативних видів палива (закон було оновлено декілька раз у 2015, 2016 та 2019 роках). Крім того, цей закон стимулює збільшення частки використання біопалива до 20% від загального споживання палива в Україні до 2020 року.

Відповідно до Енергетичної стратегії України частка енергії з відновлюваних джерел енергії, що використовується на транспорті, повинна зрости до 20% до 2025 року, що є менш амбітним, ніж мета Закону «Про альтернативні види палива». Координацію та контроль за виконанням Енергетичної стратегії здійснює Кабінет Міністрів України та Рада національної безпеки і оборони України.

У 2018 році Україна прийняла Національну транспортну стратегію України на 2030 рік. Одним із пріоритетів, визначених цією стратегією, є зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. Крім того, цілями транспортної стратегії є покращення якості та безпеки транспортних послуг, а також покращення транспортної інфраструктури відповідно до європейських стандартів. Відповідно до Національної транспортної стратегії рівень використання альтернативних видів палива (біоетанолу, біодизеля) та електроенергії збільшиться до 50% до 2030 року.

Однак Україна ще не прийняла Національний план дій з відновлюваних джерел енергії до 2030 року.

Компетентним органом з моніторингу цілей відновлюваної енергетики є Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України.

У 2015 році Україна прийняла Національний план дій з енергоефективності до 2020 року. Він був розроблений на основі вимог Директиви 2006/32/ЄС про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги.

Використана модель була рекомендована Європейською Комісією для держав-членів Європейського Союзу, а також була адаптована для Договірних Сторін Енергетичного співтовариства. Звітний період для досягнення цих цілей Україною відповідно до Директиви – з 2012 по 2020 рік.

Основними пріоритетними завданнями підвищення енергоефективності у транспортному секторі, визначеними Національним планом дій, є розвиток ринку більш чистих, енергоефективних та безпечних транспортних засобів за допомогою таких стимулів, як: полегшення доступу громадським транспортним засобом до міських центрів, створення паркувальних систем, оптимізація громадських транспортних шляхів, розвиток електротранспорту тощо.

Наразі обговорюється план дій на період до 2030 років, та проект плану був поданий Міністерством енергетики на розгляд Кабінету Міністрів України. Нещодавно експерти Секретаріату Енергетичного співтовариства провели семінар, на якому обговорювали попередній прогноз щодо потенціалу енергозбереження, наприклад, заходи, пов'язані з будівлями, промисловістю та транспортом. Проект плану дій, включаючи дорожню карту для його впровадження, буде розроблено у найближчі місяці. На цій підставі український уряд прийме важливі рішення щодо підвищення енергетичної безпеки своїх громадян.

Створення ефективного законодавчого механізму для розвитку конкурентного ринку виробництва та використання альтернативних видів палива є надзвичайно важливим для України.

У 2000 році Закон України «Про альтернативні види рідкого та газового палива» визначив, що основними принципами державної політики у сфері альтернативних видів палива є:

- Сприяння розвитку та раціональному використанню нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини для виробництва (видобутку) альтернативних видів палива з метою економії паливно-енергетичних ресурсів та зменшення залежності України від їх імпорту. Нетрадиційними джерелами та видами енергетичної сировини є: рослинна сировина, відходи, тверді горючі речовини, інші природні та штучні джерела та типи енергетичної сировини, включаючи нафту, газ, газовий конденсат та збіднену нафту, не промислові та техногенні родовища, важка нафта, природні бітуми, насичені газом води, газові гідрати тощо;
- Поступове збільшення нормативно визначеної частки виробництва та використання біопалива та змішаних моторних палив. Вміст біоетанолу в автомобільних бензинах, що виробляються та / або продаються на території України, становитиме не менше 7 відсотків від обсягу з 2016 року;
- Відповідно до Закону України "Про державне регулювання виробництва і обігу спирту етилового, коньячного і плодового, алкогольних напоїв, тютюнових виробів та пального", виробництво палива здійснюється суб'єктами господарювання, які повинні мати ліцензію на таку діяльність.

Поточні політичні дискусії щодо використання водню повинні бути спрямовані на прийняття політики, що сприяє поглинанню водних транспортних засобів на автомобільному, залізничному та громадському транспорті та націленості на створення національної інфраструктури заправки та збері-

гання водню. У листопаді 2016 року Європейська комісія опублікувала свою ініціативу «Чиста енергія для всіх європейців». Як частина цього пакету, Комісія прийняла Директиву про відновлювану енергію (RED II). Водень з відновлюваних джерел було включено до переліку видів відновлюваного палива для транспортного сектору (Додаток III до RED II).

Рекомендується встановити додаткову політику щодо акумуляторного електричного (електробатареї) та транспорту на водневих паливних елементах для забезпечення досягнення цілей та максимальних вигід для української економіки, включаючи комунікаційні та інформаційні кампанії, пілотні проекти на місцевому / муніципальному рівнях, встановлення нульових показників або зони з низьким рівнем викидів у містах для зменшення забруднення повітря, професійна та академічна підготовка тощо.

Законопроект України "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку виробництва рідкого біопалива", який зараз перебуває в ході політичних дебатів, внесе зміни до законів та законодавчих актів щодо обов'язкових квот на біокомпонент та частку альтернативного палива в обсязі реалізованого моторного палива, включаючи відповідальність за недотримання квот, а також критеріїв сталості. Термінологія в галузі альтернативних видів палива, що відповідає RED II, також буде введена в українське законодавство, і це є гарною можливістю для прийняття положень RED II, включаючи сертифікацію.

Політику, що сприяє поглиненню ринку акумуляторних автомобілів, слід продовжувати розвивати, особливо з огляду на створення національної мережі зарядки, включаючи швидкі зарядні пристрої. Використання електроенергії в громадському транспорті повинно бути посилено політикою щодо розширення щодо тролейбусів, трамвайних шляхів та метро, а також поширюватися на електричні автобуси з акумуляторами. Те ж саме слід зробити для водню в транспорті.

Основні елементи політики, які слід впровадити та забезпечити, включають:

- зобов'язання щодо змішування для постачальників пального для відновлюваних видів палива;
- Основи сталого розвитку для відновлюваних видів палива;
- Сертифікація сталості відновлюваних видів палива;
- Сприяння розвитку інфраструктури електричного заряджання та заправлення воднем та стимулювання придбання автомобілів, що працюють від акумуляторів та паливних елементів.

Усі елементи нормативно-правової бази можуть почати діяти до кінця 2022 року. Рекомендується запровадити додаткові політики, щоб забезпечити досягнення цілей та максимальну користь для економіки України. Вони можуть включати:

- Налагодження систем оподаткування та митних зборів з метою стимулювання відновлюваних видів палива, а також електричних та водневих транспортних засобів, а також стимулів відмови від викопного палива;
- Фінансові стимули через гранти, субсидії та позики;
- Чіткі правила дозволів для електричної зарядки та інфраструктури заправки воднем;
- комунікаційні та інформаційні кампанії щодо відновлюваних видів палива та транспортних засобів;
- Пілотні проекти на місцевому / муніципальному рівні, створення зон з нульовим або низьким рівнем викидів у міських районах для зменшення забруднення повітря;
- професійна та академічна підготовка;
- Технічні огляди транспортних засобів (як електричних, так і звичайних) тощо.

Політику слід переглянути та, можливо, скоригувати близько 2025 року на основі оцінки результатів її впровадження. Регулярні перегляди та моніторинг є відповідним інструментом для контролю успіху та забезпечення досягнення цілей до 2030 року. Додаткові переваги досягнення цілей до 2030 р. ВДЕ-Т включають зменшення залежності від імпорту викопної енергії, додаткове створення національної вартості, нові або розширені національні ланцюжки створення вартості із пов'язаними економічними вигодами та створенням робочих місць, додатковий внесок у національні кліматичні цілі та подальші переваги, пов'язані із зеленим туризмом.

Енергетичне співтовариство рекомендує розглянути такі ключові заходи:

- включення RED II до законодавства Енергетичного співтовариства;
- заохочення Сторін до впровадження всіх положень RED II до національного законодавства до кінця 2022 р. Та визначення цільових показників ВДЕ-Т на 2030 р. На цій основі;
- сприяння використанню взаємодії між Сторонами у впровадженні ВДЕ-Т;
- популяризація найкращих практик інших Сторін та у всьому світі на користь Сторін.

Є кілька прогалін в українському законодавстві, які можуть бути заповнені в майбутньому. Це стосується відновлюваних видів палива небіологічного походження, визначених у RED II. Для їх виробництва не визначено жодних критеріїв, що стосуються електроенергії.

Деякі об'єкти, такі як громадська автостоянка або громадські гаражі, повинні мати станції для зарядки електричних транспортних засобів. А саме, у 2019 році набули чинності зміни до державних будівельних норм щодо проектування паркінгів та гаражів. За ними, в Україні запроваджується обов'язкова вимога обладнати для електромобілей не менше 5% паркувальних місць на стоянках, що будуються чи реконструюються.

У 2019 році було прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо створення доступу до інфраструктури зарядних станцій для електромобілів» [16]. Одна з поправок стосується впровадження зелених номерних знаків для електромобілів та систематизації питань дорожнього руху, паркування та зарядки електромобілів шляхом зміни державних правил дорожнього руху та будівництва.

Податковий кодекс України передбачає звільнення від оподаткування у разі ввезення на митну територію України обладнання та матеріалів для виробництва альтернативних видів палива, матеріалів, сировини, обладнання та комплектуючих, які будуть використовуватися у виробництві альтернативних видів палива або енергії від відновлюваних джерел енергії.

Крім того, Митний кодекс України визначає податкові пільги, тобто звільнення від митних зборів для компаній, що працюють у галузі відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива.

У сфері громадського транспорту в Україні також застосовуються вищезазначені стимули, що стосуються електромобілів.

Такі саме заходи потрібно розглянути та впровадити щодо використання водню в транспорті.

У вересні 2020 року Кабінет Міністрів України затвердив законопроект України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо соціально важливих послуг у перевезенні пасажирів автомобільним та міським електротранспортом» для подальшого внесення до Верховної Ради. Одна з поправок стосується нових визначень, таких як:

- електричний транспорт – транспортний засіб (електробус, електровоз, електромобіль), обладнаний виключно електродвигунами (одним або декількома), заряджений від зарядної станції для електромобілів, має принаймні чотири колеса та призначений для руху нерель-

сових доріг і використовується для перевезення людей та (або) вантажів, буксирування транспортних засобів, виконання спеціальних робіт;

- електробус – електромобіль, який є різновидом автобуса;
- електровоз – електричний автомобіль, який є видом вантажівки;
- гібридний електромобіль – тип автомобіля, оснащений електродвигуном та двигуном внутрішнього згоряння, які керують ним одночасно або по черзі. Акумулятор гібридного електромобіля не можна зарядити від зовнішнього джерела живлення;
- роз'ємний гібридний електромобіль – тип автомобіля, оснащений електродвигуном та двигуном внутрішнього згоряння. Акумулятор підключеного гібридного електромобіля можна зарядити від зовнішнього джерела живлення;
- зарядна станція для електричних автомобілів – елемент інфраструктури, встановлений постійно або може бути переміщений і призначений для забезпечення зарядки акумуляторів електромобілів: електромобілі, електробуси, електричні скутери, електричні велосипеди та інші транспортні засоби, що використовують електродвигун та батарею.

Пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптація до них є найважливішими та найскладнішими проблемами сучасного суспільства. Як і Україна, країни усього світу, а також міжнародні організації, такі як Організація Об'єднаних Націй, беруть активну участь у зусиллях щодо подолання сучасних та майбутніх наслідків зміни клімату та її впливу на економіку, навколишнє середовище та суспільство в цілому. У міру просування цих процесів важливо, щоб місцева політика та заходи, спрямовані на вирішення проблем клімату, були ретельно розроблені з урахуванням обмежень місцевих ресурсів та застосування наявних механізмів міжнародної співпраці, щоб максимально подолати ці прогалини.

Транспортний сектор є найбільшим споживачем палива на світовому енергетичному ринку. У той час, як країни розробляють та впроваджують стратегії для досягнення власних та міжнародних кліматичних цілей, водень висувається як один з основних інструментів зменшення викидів CO<sub>2</sub> від транспорту. Водень є перспективним паливом для безпечного, надійного та зручного використання, і, згідно з найбільш оптимістичними прогнозами, водень незабаром може бути використаний у вантажних автомобілях, літаках та кораблях.

## **5. Економічні та фінансові міркування щодо використання водню**

На початку XXI століття автобуси на водневих паливних елементах вважаються дуже важливими транспортними засобами громадського транспорту і широко використовуються по всій Європі завдяки економії та мінімальним наслідкам забруднення повітря. Це зовсім інший транспорт, якщо порівнювати з автомобілями на базі електричних акумуляторів або з традиційними двигунами.

Немає сенсу говорити про будь які технології без їх належного глибокого аналізу та їх комерційної цінності. Щоб зрозуміти, що таке транспортний засіб на водневих паливних елементах, необхідно проаналізувати його економічну перевагу, порівняно з усіма іншими типами транспорту. Зазвичай така процедура є досить складною, дорогою і може призвести до певного переліку наслідків. Витрати на послуги громадського транспорту повинні бути обґрунтовано оцінені та сплановані, щоб уникнути серйозних непотрібних витрат та покрити загальну вартість володіння. Лише приватні транспортні організації можуть дозволити собі капітальні вкладення для придбання автомобілів у виді та покриття операційних витрат. [19]

На початку такого аналізу, дуже важливо розглянути вартість водневих технологій та виробництва водню. Існує два важливі аспекти, щоб побачити різницю між електролізаторами та витратами електроенергії. Перший аспект пов'язаний з виробничим обладнанням для виробництва водню, це



фундаментальне питання для всебічного обговорення, оскільки на цій стадії електроліз виробляє водень. Другий аспект, який слід взяти до уваги, це вартість використаної енергії. [19]

Азіатсько-Тихоокеанський енергетичний дослідницький центр у доповіді «Перспективи водню в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні» (2018) провів порівняльний аналіз вартості виробництва водню. Було виявлено деякі принципові відмінності. Наприклад:

- ціна виробництва водню через електроенергію з сонячної фотоелектричної батареї становить близько 6,65 дол. США / кг, 6,02 / кг, 4,12 / кг та 3,7 / кг у Республіці Корея, Японії, КНР та США відповідно;
- виробництво водню з використанням електроенергії від вітрової енергії коштує 6,65 дол. / кг, 5,66 / кг, 4,21 / кг та 3,99 / кг у Республіці Корея, Японії, КНР та США відповідно. Менш дороге використання водню було виявлено в Новій Зеландії та Канаді.
- У різних країнах водень, вироблений із викопного палива, коштує близько 2,27 дол. США / кг. Реформування природного газу із комбінованою системою зарядки має найнижчі ціни серед шляхів викопного палива – 0,78 дол. США / кг (у Росії) та 1,49 дол. США / кг (у США).

Міжнародне енергетичне агентство здійснило розрахунок вартості виробництва водню у Китаї:

- Водень, вироблений з вугілля, має найнижчу вартість – 1,1 дол. США / кг; якщо застосовувати уловлювання та зберігання вуглецю, він збільшується до 1,6 дол. США / кг.
- Використання природного газу коштує 1,8 дол. США / кг, і воно збільшується до 2,3 дол. США / кг із комбінованою системою зарядки.
- Водень, отриманий в результаті електролізу з використанням відновлюваних джерел енергії, коштує близько 3,0 дол. США / кг, тоді як на електричну мережу він коштує 5,4 дол. США / кг. [19]

Сама інфраструктура та мережа для транспортування, зберігання, доставки та заправки водню також потребують великих витрат. Трубопроводи, стиснений водень, скраплений водень та рідкий органічний водневий носій входять до комплексу доставки водню.

За даними Міністерства енергетики США, вартість транспортування, доставки та заправки водню за допомогою інструменту «Моделювання аналізу сценарію доставки водню» становить (1) трубопровід (100 км): 4,85 доларів США / кг; (2) суміш стисненого водню (283 км): 3,30 дол. США / кг; та (3) рідка органічна суміш водню (283 км).

Використання стисненого водню, рідкого водню та рідкого органічного водневого носія коштує від 4,5 євро / кг до 6,5 / кг. Припущення про виробництво водню в цьому дослідженні становить 50 тон на добу при відстані транспортування та доставки 250 км. [18]

Country/ Region	Energy Source	Type of Technology	Estimated Cost	Expected Future Cost
US	Grid electricity	Large-scale centralized; proton exchange membrane (PEM) electrolyzer	USD 4.20-5.11/ kg	
US	Grid electricity	Large-scale centralized; Solid oxides electrolysis cell (SOEC)	USD 3.82-4.98/ kg	
US	Grid electricity	Small-scale on-site; proton exchange membrane (PEM) electrolyzer	USD 4.23-5.14/ kg	
US	Grid electricity	Small-scale on-site; molten carbonate fuel cell (MCFC)	USD 2.58-3.71/ kg	
US	Biomass	Large-scale centralized; biomass fermentation	USD 51/kg	USD 5.65/kg (by 2025)
Canada	Medium-scale wind power	On-site electrolysis	USD 9.0 / kg	
Libya	Small-scale wind power	On-site electrolysis	GBP 9.3-10.4 / kg	GBP 6.2-6.6 / kg (by 2030)
US	Natural gas, solar PV, and biomass	Large-scale SMR, electrolysis, and gasification	USD 1.89/kg, 6.16/kg, and 2.5/kg, respectively	
US	Natural gas, grid electricity, and biomass	On-site distributed production	USD 2.03/kg, 5.75/kg, and 3.32/kg respectively	

Таблиця 2: Орієнтовна вартість виробництва водню з недавніх даних

Джерело: Ціни на енергію та економічна доцільність використання водневої енергії для автомобільного транспорту в Китайській Народній Республіці (2020) [19]

Азіатсько-Тихоокеанський енергетичний дослідницький центр здійснив дослідження про азіатські країни та їх експорт водню до Японії для подальшого використання у виробництві електроенергії та прикладах транспорту на водневих паливних елементах у 2018 році. Виявилось, що вартість транспортування з Індонезії, Австралії, США та Росії становитиме 2,23 дол. США / кг, 2,51 / кг, 2,3 / кг та 1,76 кг відповідно. Говорячи про транспортний засіб на водневих паливних елементах, вартість водню, включаючи ціну кінцевого споживача, становила б 12,6 дол. США / кг, якби водень надходив із виробництва сонячної фотоелектричної батареї в Індонезії.

Водень, експортований Австралією до Японії в 2019 році, згідно даних Міжнародного енергетичного агентства, становив 3,2 дол. США / кг. з транспортуванням у рідкій органічній суміші водню. Через географічне розташування Австралії використання суміші з аміаку може зменшити транспортні витрати (аміак завдяки своїм фізичним характеристикам дозволяє транспортувати та зберігати водень з меншими витратами).

Для проведення відповідного цінового аналізу важливо врахувати кошти, витрачені на використання водню в дорожньому транспорті. Питання, яке слід зрозуміти, полягає в тому, чи може енергія водню конкурувати зі звичайною енергією.

Щорічне дослідження Офісу технологій паливних елементів Департаменту енергетики США продемонструвало, що вимоги до витрат водневої енергії повинні бути конкурентними щодо:

- Загальних витрат на поставку: виробнича вартість та вартість транспортування та доставки повинні бути нижчими за 4,0 дол. США / кг, при цьому вартість перевезення та доставки нижча за 2,0 дол. США / кг;

- Капітальні витрати електролізерної системи стають нижчими за 300 доларів США / кВт, з ефективністю її використання на рівні 77%;
- Вартість системи водневих паливних елементів стає нижче, ніж 40 дол. США / кВт до 2020 року, з піковою ефективністю до 65% та тривалістю життя 5000 годин. Зрештою, вартість системи сягає 30 дол. США / кВт, тривалість життя становить 8000 годин.
- Автомобільний бортовий накопичувач водню – 10 доларів США / кВт до 2020 року, а потім – 8 доларів США / кВт.

Відповідно до дослідження Азіатсько-Тихоокеанського енергетичного дослідницького центру, загальна вартість постачання водню повинна становити лише 1,92 дол. США / кг – 3,23 дол. США / кг, щоб конкурувати з виробництвом вугілля (в Японії). Виробництво електроенергії на скрапленому природному газі є досить конкурентоспроможним, тому ціна водню повинна становити 2,04 дол. США / кг – 2,64 дол. США / кг. так як транспортна ціна повинна не перевищувати 1,32 дол. США / кг, щоб відповідати транспорту з двигунами внутрішнього згорання.

У співпраці з Європейським Союзом

Hydrogen Europe є європейською асоціацією з водневих паливних елементів, що асоційована з Європейським Союзом, здійснила прогноз вартості виробництва водню на 2025-2030 роках. Вартість електролізерів очікується до зниження до рівня 720 євро / кВт до 2025 року, що приведе до зниження вартості водню до мінімум 5 євро / кг. Подальше зниження вартості можливо за рахунок масштабного використання водню та можлива вартість сягне 3 євро / кг. Відповідно зниження вартості зберігання водню, транспортування та вартості водневих паливних елементів також очікується..

У електроенергетичному секторі ціна водню повинна залишатися на рівні 0,53 дол. США / кг – 0,85 дол. США / кг, щоб конкурувати з вугіллям. Вимоги східних країн враховують вартість водню, страховку, вартість фрахт, імпортованої енергії, включаючи водень та інші види енергії.

Щоб конкурувати з природним газом, вартість повинен становити 1,29 дол. США / кг – 1,41 дол. США / кг. Наприклад, в Японії водень повинен коштувати на рівні 1,69 дол. США / кг – 1,99 дол. США / кг, щоб конкурувати з природним газом у промисловому секторі. Ціна водню повинна становити 4,24 дол. США / кг – 5,0 дол. США / кг у транспортному секторі, якщо враховувати лише зміну цін на паливо, щоб конкурувати з традиційним транспортом з двигунами внутрішнього згорання. В Індонезії вартість водню становить 3,78 дол. США / кг – 4,53 дол. США / кг.

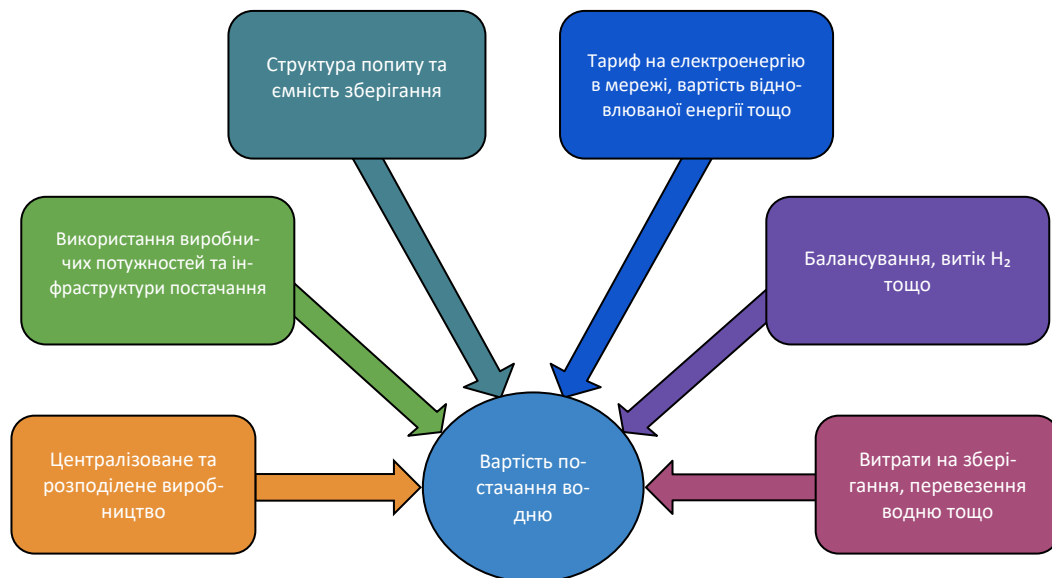
Аналіз, проведений Інститутом економічних досліджень для країн Південно-Східної та Східної Азії, говорить про більшу вартість транспортних засобів на водневих паливних елементах порівняно з використанням двигунів внутрішнього згорання. Таким чином, щоб транспорт на водневих паливних елементах був повністю конкурентоспроможними для комерційних цілей, має бути принаймні 3 основні аспекти використання водню:

- Більш стійкий інтерес до НДДКР для покращення використання та зменшення витрат за рахунок механічних удосконалень;
- Налагодження доступу водневих технологій до приватного сектору та спеціалізованих ринків має бути пріоритетними для вивчення попиту, економіки масштабу та впливу організації водневих технологій та цін;
- Ефективний та стійкий підхід, який сприяє розповсюдженню водневих технологій на прикладі розповсюдження та підтримки акумуляторних електромобілів.

Дослідження економічно- фінансових аспектів водню для застосування у дорожньому транспорті, з акцентом на міському громадському транспорті, потребує оцінки витрат на виробництво водню, транспортування та витрати на заправлення транспортних засобів воднем на водневій станції. Таки витрати для транспорту на водневих паливних елементах порівнюються з витратами альтернативних транспортних засобів, наприклад транспорту з електричними трансмісіями або акумуляторних електромобілів.

Для визначення та аналізу ключових факторів такого дослідження економічно- фінансових аспектів водню у дорожньому транспорті, можливо використовувати так званий комплексний підхід «від свердловини до баку» (well-to-wheel або модель WTW) або модель загальної вартості володіння (total cost of ownership або модель TCO). Обидві моделі розглядають ланцюг постачання водню та покривають різні фактори – технології виробництва водню, витрати на первинне енергетичне паливо (наприклад сонячна енергія, вітрова енергія, викопне паливо тощо), допущення щодо використання водню у транспорті та інші фактори. Декілька сценаріїв з різними допущеннями та рівнями стійкості мають бути підготовлені для повного та комплексного аналізу. [19]

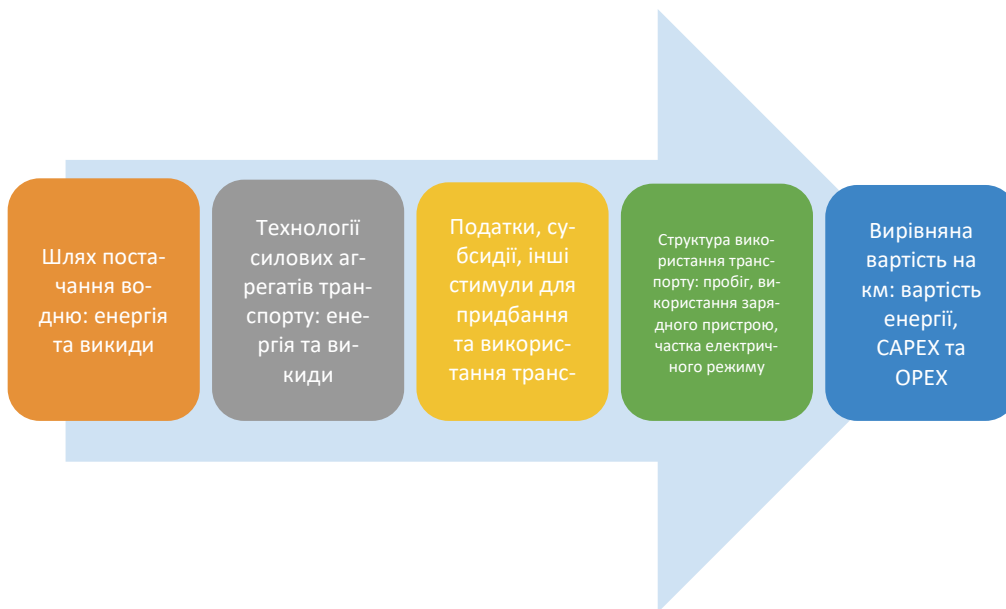
На ілюстрації 6 наведено приклад моделі WTW, що покриває ланцюг постачання.



Ілюстрація 6: Основні особливості та фактори моделі WTW, що впливають на ланцюг постачання водню

Джерело: Ціни на енергію та економічна доцільність використання водневої енергії для автомобільного транспорту в Китайській Народній Республіці (2020) [19]

Ілюстрація 7 показує модель TCO та приводить зважену загальну вартість володіння та використання на базі допущень операційних витрат на протязі життєвого циклу транспортного засобу.

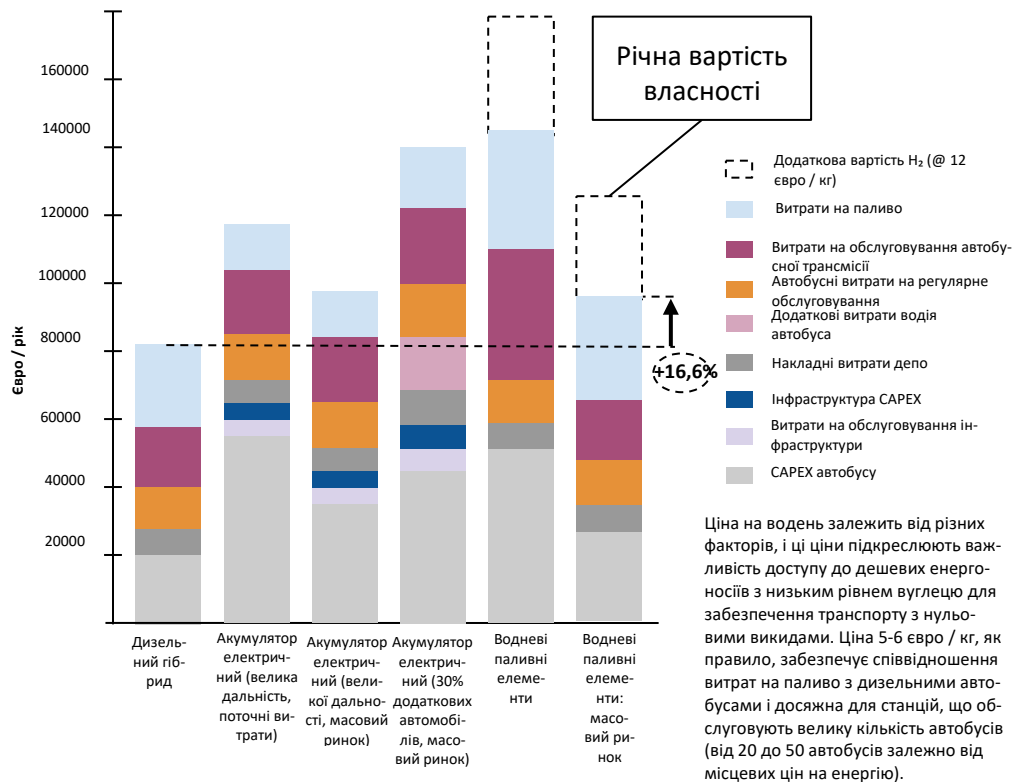


*Ілюстрація 7: Ключові вхідні та вихідні дані моделі ТСО для транспортних засобів  
Джерело: Ціни на енергію та економічна доцільність використання водневої енергії для автомобільного транспорту в Китайській Народній Республіці (2020) [19]*

Інститут Азіатського банку розвитку розглянув модель WTW та модель ТСО та дійшов висновку, що транспорт на водневих паливних елементах вже є достатньо конкурентним у Китаї (враховуючи вартість водню на заправних станціях на рівні 12.2 долари/кг), в той же час головним фактором є наявність суттєвих субсидій для громадського транспорту. В свою чергу доречність та конкурентна привабливість приватного транспорту без подібних субсидій та за поточною вартістю водню викликає сумніви. На додаток іншим важливим висновком є здатність використання водню у транспорті принести додаткові економічні переваги як балансування енергетичної системи (управління загрузкою системи, зберігання енергії тощо).

Element Energy, енергетична консалтингова фірма, що базується у Великобританії, здійснило аналіз водневих ініціатив у Європейському Союзі у докладі «Комерціалізація автобусів на водневих паливних елементах». Модель ТСО для автобусів на водневих паливних елементах ідентична автобусам на акумуляторних батареях, у той же час показник загальної вартості володіння може бути поліпшений за рахунок збільшення впровадження автобусів на водневих паливних елементах та подальшого розвитку водневих технологій. Інший висновок співпадає з висновками Інституту Азіатського банку розвитку, відповідним державним установам необхідно розробити та впровадити сприятливі ринкові умови та політику підтримки водневого громадського транспорту.

На Ілюстрації 8 наведено вартість володіння для одноповерхових автобусів, що є еквівалентом звичайного двохвісьового автобуса. Подальше поширення та масове використання автобусів з водневими паливними елементами може привести к наступному зниженні вартості і такі автобуси зможуть бути конкурентними з традиційними автобусами.



Ілюстрація 8: Аналіз вартості власності для одноповерхового автобуса на водневих паливних елементах

Джерело: Ціни на енергію та економічна доцільність використання водневої енергії для автомобільного транспорту в Китайській Народній Республіці (2020) [5]

Масове використання автобусів на водневих паливних елементах дозволяє досягнути подальшого зниження вартості в ланцюгу постачання водню від виробництва водню, транспортування, водневих заправних станцій до щоденних операційних витрат та обслуговування транспортного парку. Це також дозволить знизити потребу у субсидіях. [5]

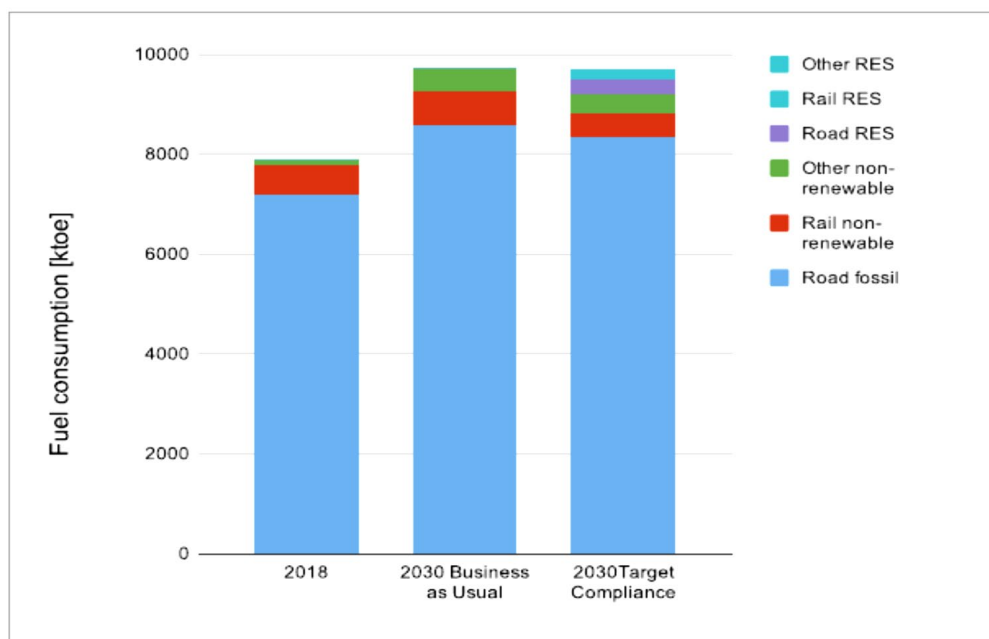
На сьогоднішній день автобуси на паливних елементах представлені такими виробниками:

- Alexander Dennis Ltd, провідний виробник автобусів у Великобританії, постачає автобуси на паливних елементах Enviro 400;
- CaetanoBus, виробник міських та міжміських автобусів з Португалії, у співпраці з Toyota розробив автобус H2.City Gold;
- Ebe Europa GmbH постачає Blue City Bus;
- EvoBus, дочірнє підприємство Daimler AG, виробляє Citaro NGT (з газовим приводом) та гібридну модель з паливним елементом Citaro;
- Італійська компанія Ramprini розробила автобус на водневому паливі H80;
- Safta, виробник автобусів з Франції, розпочав виробництво електробусів у 2011 році, а пізніше розробив свою модель на водневому паливі Businova H2;

- Solaris, польський виробник автобусів, презентував свій водневий автобус Solaris Urbino 12 у 2019 році;
- Ursus S.A., виробник сільськогосподарської техніки, вийшов на ринок автобусів з нульовими викидами зі своїми автобусами на паливних елементах Ursus City Smile;
- [Van Hool](#), виробник автобусів з Бельгії, пропонує модель на паливних елементах A330;
- VDL Bus & Coach, виробник автобусів у Нідерландах, розробив електроавтобус на акумуляторних елементах з можливістю подовжувати дію паливних елементів;
- Wrightbus, британська компанія, збирається представити свої водневі двоповерхові автобуси 2021 року.
- В Китаї існує цілий ряд виробників автобусів на водні. Серед них - Yutong, Feichi, Zhongtong Bus, MAXUS;
- Японська Toyota розпочала виробництво автобуса на паливних елементах Sora у 2018 році;

## 6. Рекомендації

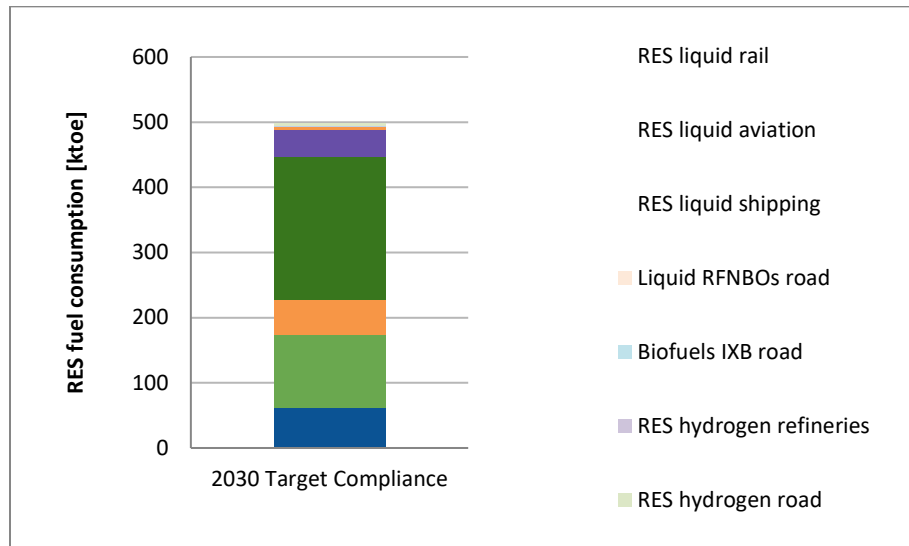
Прогнози Секретаріату Енергетичного співтовариства на 2030 рік, використані у цьому звіті, спираються на недавнє довгострокове дослідження енергетичного моделювання та прогнозування Національної академії наук України. У цьому дослідженні прогнози щодо споживання енергії на транспорті робляться щодо виду палива, а не транспортними підгалузями (автомобільна, залізнична тощо). Для звичайного сценарію передбачається, що частка залізниці у споживанні електроенергії на транспорті залишається незмінною з 2018 року в 2030 році, що передбачає 18% зростання споживання електроенергії в залізниці до 2030 року. Така ж логіка застосовується до тролейбусів та іншого споживання електроенергії в громадському транспорті. Залишковим споживанням електроенергії на транспорті згідно з прогнозними дослідженнями вважається автомобільний транспорт, тобто акумуляторні та комерційні транспортні засоби. Загальне зростання споживання енергії на транспорті з 2018 по 2030 рік становить 23% з 7964 до 9780 тон нафтового еквівалента. [20]



Ілюстрація 9: Споживання енергії на транспорті за двома сценаріями на 2030 рік

*Джерело: Способи сприяння використанню відновлюваних джерел енергії у транспортному секторі Сторонами Енергетичного співтовариства (2020) [20]*

В цільовому сценарії Секретаріату Енергетичного співтовариства, передбачається досягнення 9% відновлюваних джерел енергії у транспорті до 2030 року.



*Ілюстрація 10: Споживання відновлюваної енергії у транспорті в 2030 році за варіантом  
Джерело: Способи сприяння використанню відновлюваних джерел енергії у транспортному секторі Договірними сторонами Енергетичного співтовариства (2020) [20]*

Загальне споживання енергії на транспорті за цільовим сценарієм є трохи нижчим, ніж у звичному сценарії, оскільки акумуляторні електромобілі та електричні транспортні засоби на водневих паливних елементах є більш енергоефективними, ніж транспортні засоби з двигуном внутрішнього згоряння.

Зростання споживання палива призводить до вищого споживання викопного палива в 2030 році навіть за цільовим сценарієм дотримання. Для того, щоб зменшити імпорт викопного палива та викиди CO<sub>2</sub> від транспорту, або зростання споживання транспортної енергії може бути зменшено, або цільове значення для відновлюваних джерел у транспорті може бути більш амбіційним.

Україна розглядає питання встановлення використання метану в автомобільному транспорті. Це можна використати шляхом введення біометану на основі вихідної сировини, що має відповідний потенціал в Україні. Електричні та водневі транспортні засоби вже можуть зробити невеликий внесок до 2030 року і матимуть потужний потенціал зростання після цього.



		Contribution to RES-T target (%) incl. multiple counting	Amount of renewable fuel used (ktoe)
Biofuels and liquid RFNBOs	1. Crop-based biofuels in road transport	2.00%	188.6
	2. Liquid fuels produced from Annex IX B feedstocks in road transport	3.40%	160.3
	3. Liquid advanced Biofuels (based on Annex IX A feedstocks) in road transport	2.30%	110.4
	4. Liquid RFNBOs in road transport	0.03%	2.90
	5. Renewable methane in road transport	1.20%	54.6
	6. Renewable liquid fuels in shipping	0.00%	0.00
	7. Renewable liquid fuels in aviation	0.00%	0.00
	8. Renewable liquid fuels in rail	0.00%	0.00
Electricity	9. Rail electrification	3.45%	217
	10. Electric public transport	1.12%	42.43
Hydrogen	11. Electric road vehicles (passenger cars and trucks)	0.19%	4.55
	12. Hydrogen in rail	0.01%	1.11
	13. Hydrogen bus and coach (urban bus, long distance coaches)	0.006%	0.80
	14. Hydrogen road vehicles (passenger cars and trucks)	0.05%	4.55
	15. Hydrogen in refineries	0.00%	0.00
<b>Total</b>		<b>13.80%</b>	<b>787</b>

Ілюстрація 11: Потенційний внесок ВДЕ у транспорті від усіх варіантів в Україні

Джерело: Способи сприяння використанню відновлюваних джерел енергії у транспортному секторі Сторонами Енергетичного співтовариства (2020) [20]

Можна запропонувати наступні рекомендації високого рівня, з урахуванням передової міжнародної практики та українських реалій щодо впровадження водню в транспорті.

## I. Співпраця з міжнародною спільнотою

З метою переймання передової міжнародної практики Україні слід активізувати реальну співпрацю зі своїми міжнародними партнерами. Багато країн вже затвердили свої національні стратегії та дорожні карти щодо водню, і Україна має стати визнаним надійним партнером у їхньому впровадженні.

Міжнародні організації також розглядають водень як можливість для декарбонізації та "зеленої" економіки. Серед них, зокрема, Секретаріат Енергетичного партнерства, який розробив Дорожню карту для України для досягнення цілей на 2030 рік щодо використання відновлюваних джерел енергії у транспорті. Цей документ включає в себе ключові політики, які будуть розроблені та прийняті в найближчі кілька років, спираючись на існуючу нормативну базу та елементи політики, що вже розробляються. Наразі розробка нормативної бази зосереджується на паливі на основі біомаси та на акумуляторних електромобілях. Паралельно обговорюється водень як можливість України як для внутрішнього використання, так і для експорту. Залізничний сектор та громадський транспорт – це оплот України щодо використання електроенергії. Збільшення частки відновлюваної електроенергії у національному енергетичному комплексі принесе користь також транспортному сектору. Дорожня карта передбачає, що останні елементи нормативно-правової бази мають бути готові до кінця 2022 року.

Європейський Союз розробив Європейський зелений курс, який має на меті забезпечити усунення впливів на клімат в межах Європи до 2050 року та перетворення кліматичних та екологічних викли-

ків на можливості, а також зробити перехід справедливим та всеосяжним. На основі низки політичних ініціатив Європейської комісії очікується збільшення кліматичних амбіцій до 2030 р., що включає коригування RED II.

Такі стратегії та дорожні карти будуть розглянуті урядом України та стануть основою для концепції (стратегії) розвитку водневої економіки в Україні.

## **II. Розробка стратегії та політик**

Уряд України повинен розробити доцільну, результативну та ефективну базу стратегій та політик для підтримки розвитку водню. Така база може включати в себе концепцію, стратегію, дорожню карту, місцеві політики (включаючи галузеві політики). Уніфікація та спільна термінологія допоможуть знайти спільну мову з міжнародними партнерами.

В Україні водень з відновлювальних джерел наразі обговорюється на політичному рівні, як щодо внутрішнього використання, так і експорту. Українська воднева рада, створена в 2018 році, розробила дорожню карту широкого впровадження водневої енергії в Україні, спільно з Інститутом відновлюваної енергії НАН України. Вона містить рекомендації для урядів та промисловості до 2035 року. Водень для транспорту повинен бути частиною правової інтеграції Директиви про відновлювану енергію (RED II). Водень може бути включений до зобов'язань постачальників палива як один з доступних варіантів, як це передбачено в Директиві, включаючи споживання водню на нафтопереробних заводах для виробництва традиційного палива. Подальші ключові елементи політики досить схожі на політику у сфері електроенергії у транспорті: розробка національної стратегії щодо водню, включаючи застосування на транспорті, визначення системи додатковості, збільшення відновлюваних потужностей електроенергії для виробництва водню, підтримка виходу на ринок транспортних засобів та створення водневих заправних станцій.

Карта зацікавлених сторін (Таблиця 1) вказує на ряд учасників, яких необхідно задіяти в даному процесі, проте слід визначитися з лідером, і в цьому контексті Міненерго може взяти на себе функцію координації діяльності усіх зацікавлених сторін, в тому числі зарубіжних партнерів.

Потрібно не тільки розробити нову політику, а й переглянути існуючі документи та зобов'язання. Наприклад, у згаданій дорожній карті Енергетичного співтовариства передбачено окремі цілі до 2030 р., які потребують моніторингу та сприяння їх досягненню.

В Україні слід продовжувати вести політичні дискусії щодо водню як для внутрішнього використання, так і для експорту, результатом яких повинно стати прийняття політик, що сприятиме зростанню частки транспортних засобів на водневому паливі у автомобільному, залізничному та громадському транспорті та спрямована на створення інфраструктури водневих станцій заправки в межах країни. Водень для транспортного сектору повинен бути інтегрований у транспортування RED II у якості альтернативного варіанту для постачальників пального що стосується виконання їхніх зобов'язань щодо відновлюваних джерел енергії. Слід активно розвивати та використовувати синергію між внутрішнім використанням та експортом відновлюваного водню. Для реалізації в короткостроковій перспективі потрібно провести оцінку варіанту, передбаченого RED II що стосується, споживання відновлюваного водню на нафтопереробних заводах для виробництва традиційного палива.

Існуючу політику збільшення виробництва відновлюваної електроенергії слід коригувати, збільшуючи цілі відновлюваних джерел на 2030 рік, що включатиме додатковий попит на відновлювану електроенергію від транспорту (для безпосереднього використання або для виробництва водню), що є корисним як для електроенергетичного сектору, так і для транспорту, що охоплює залізничний, громадський та дорожній транспорт.

Можливо, додаткову увагу потрібно буде приділити критеріям виробництва рідких відновлюваних

палив небіологічного походження, поряд із правилами щодо водню (нижче), оскільки вони не охоплюються в рамках існуючої діяльності. Підрозділ у відповідному урядовому міністерстві може бути призначений відповідальним за впровадження, перегляд та оновлення політики в цілому, забезпечення сертифікації сталості палива, адміністрування схеми, збору даних та звітності.

Транспорт на водневих паливних елементах знаходиться на ранніх етапах комерціалізації у всьому світі і демонструє основний потенціал для декарбонізації транспорту, що доповнює електричні транспортні засоби, що працюють на акумуляторах. На неелектрифікованих залізничних лініях експлуатуються перші комерційні поїзди на водні, і транспортні засоби на водневих паливних елементах також з'являються на ринку. Увага буде приділятися транспортним засобам на більшій відстані та для службових цілей, таких як вантажівки та автобуси.

### **III. Розвиток ринку водню за допомогою пілотних проектів та інших стимулів**

Україні доцільно розглянути успішні проекти водневих технологій (разом з відповідними висновками та уроками щодо їх впровадження) та спробувати відтворити їх в Україні. Це стосується не тільки виробництва, але й використання водню.

Пріоритетним напрямком може стати транспорт на основі водню завдяки значній кількості потенційних партнерів (виробники транспорту на водню, постачальники інфраструктури, ініціативи ЄС щодо водневого транспорту тощо), до яких Україна може звертатися та пропонувати співпрацю (спільні підприємства або альянси).

Що стосується громадського транспорту на водневому паливі, вкрай важливою є співпраця з місцевими муніципалітетами. Саме ці муніципалітети є ключовими споживачами транспортних засобів (автобусів), що працюють на паливних елементах, тому Уряд України (Міністерство енергетики та Міністерство інфраструктури) повинні сприяти використанню ними транспорту на водневому паливі.

Успішний пілотний проект із 1-2 муніципалітетами може привернути увагу до переваг транспорту на основі водню. Сюди, серед іншого, можна віднести інформаційні кампанії, "маякові" проекти, зони з нульовими викидами, професійну та академічну підготовку, технічні огляди транспортних засобів тощо.

### **IV. Полегшення доступу до водню**

Україні потрібно докладати зусиль для полегшення доступу до водню, що на даному етапі означає передусім доступ до фінансування. Уряд України повинен брати участь у переговорах з міжнародними фінансовими організаціями та вивчати можливості отримання грантів та інших видів фінансування для розвитку водневих проектів.

Крім того, додаткові політики подібні до заходів, що застосовуються в електроенергетичному секторі, включаючи стимули для збільшення кількості транспортних засобів та розвитку інфраструктури заправок (нульова ставка ПДВ і ввізного мита, звільнення від місцевих податків) повинні бути впроваджені.

Дослідження та інновації, засновані на державному фінансуванні базових та прикладних досліджень та розробок у галузі водневої енергетики, сприяли б розвитку національної економіки в цій галузі. Слід запровадити відповідну політику разом із політикою щодо біопалива та електроенергії,

при цьому ринок може сформуватись через кілька років на основі попереднього статусу комерціалізації.

## 7. Список літератури

1. Hydrogen Europe, “Cleaner urban transport with hydrogen buses”. Available at <https://hydrogeneurope.eu/cleaner-urban-transport-hydrogen-buses>
2. Hydrogen Europe, “Hydrogen drives europe towards emissions-free transport”. Available at <https://hydrogeneurope.eu/hydrogen-drives-europe-towards-emissions-free-transport>
3. Matthias Altmann, Tetyana Raksha, Patrick Schmidt: Ludwig-Bölkow-Systemtechnik Jo Howes, Lizzie German, Lee Roberts, Pedja Bulic, Pavle Vulic, Ivan Vulic, Milena Tomic: South East Europe Consultants David Meskhishvili, Ann Inasaridze, “Modalities to foster use of renewable energy sources in the transport sector by the Energy Community Contracting Parties”, electronic document, 25 September 2020, pp. 27, 31, 397, 399
4. Lynn Krieger Mytelka, Grant Boyle, “Making Choices about Hydrogen: Transport Issues for Developing Countries” (United Nations University, 2008), e-book, pp. 111-116. Available at <https://books.google.rs/books?id=VpeYdv82bNYC&printsec=frontcover&hl=sr#v=onepage&q&f=false>
5. Element Energy, “Commercialisation of hydrogen fuel cell buses. Discussion paper”, electronic document, October 2017, pp. 6-9. Available at [https://www.fuelcellbuses.eu/sites/default/files/documents/FC%20bus%20commercialisation%20-%20White%20Paper\\_October%202017.pdf](https://www.fuelcellbuses.eu/sites/default/files/documents/FC%20bus%20commercialisation%20-%20White%20Paper_October%202017.pdf)
6. HyTrEc2, “Hydrogen Supply Chain Map for the North Sea Region”, Output library. Available at <https://northsearegion.eu/hytrec2/output-library/>
7. European Commission, “Clean Transport - Support to the Member States for the Implementation of the Directive on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure. Good Practice Examples”, electronic document, January 2016, pp. 39-40. Available at <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/urban/studies/doc/2016-01-alternative-fuels-implementation-good-practices.pdf>
8. Deloitte, “Fueling the Future of Mobility Hydrogen and fuel cell solutions for transportation. Volume 1”, electronic document, pp. 4, 12, 14-18, 35. Available at <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/finance/deloitte-cn-fueling-the-future-of-mobility-en-200101.pdf>
9. UNECE, “Hydrogen – an innovative solution to carbon neutrality”. Available at [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/CSE/comm29\\_Nov.20/ECE\\_ENERGY\\_2020\\_8\\_Hydrogen\\_final.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/CSE/comm29_Nov.20/ECE_ENERGY_2020_8_Hydrogen_final.pdf)
10. United Nations Regulation No. 134. Available at <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R134e.pdf>
11. United Nations Global Technical Regulation on hydrogen and fuel cell vehicles (UN GTR) No. 13. Available at <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29registry/ECE-TRANS-180a13e.pdf>
12. The EU Regulation 79/2009 dd. January 14, 2009. Available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0079&from=FR>
13. The EU Regulation 406/2010 On implementing EC Regulation 79/2009. Available at <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:122:0001:0107:EN:PDF>
14. UNECE, “Climate Change and Sustainable Transport”. Available at [https://www.unece.org/trans/theme\\_global\\_warm.html](https://www.unece.org/trans/theme_global_warm.html)
15. The Law of Ukraine “On Alternative Fuels”. Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>
16. The Law of Ukraine “On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Concerning the Creation of Access to the Infrastructure of Charging Stations for Electric Vehicles”. Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2754-19#Text>

17. CHIC, “Clean hydrogen in European cities 2010 – 2016. Fuel cell electric buses: a proven zero-emission solution key facts, results, recommendations”, electronic document, pp. 18-24, 29-31. Available at [https://fuelcellbuses.eu/sites/default/files/documents/CHIC\\_publication\\_final\\_0.pdf](https://fuelcellbuses.eu/sites/default/files/documents/CHIC_publication_final_0.pdf)
18. Markus Reuß, Thomas Grube, Martin Robinius “Seasonal storage and alternative carriers: A flexible hydrogen supply chain model”, electronic document, August 2017. Available at [https://www.researchgate.net/publication/317011600\\_Seasonal\\_storage\\_and\\_alternative\\_carriers\\_A\\_flexible\\_hydrogen\\_supply\\_chain\\_model](https://www.researchgate.net/publication/317011600_Seasonal_storage_and_alternative_carriers_A_flexible_hydrogen_supply_chain_model).
19. Yanfei Li, Farhad Taghizadeh-Hesary, “Energy prices and the economic feasibility of using hydrogen energy for road transport in the People’s Republic of China”, electronic document, September 2020, pp. 3-8, 12. Available at <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/636656/adb-1185.pdf>
20. Matthias Altmann, Tetyana Raksha, Patrick Schmidt: Ludwig-Bölkow-Systemtechnik Jo Howes, Lizzie German, Lee Roberts, Pedja Bulic, Pavle Vulic, Ivan Vulic, Milena Tomic: South East Europe Consultants David Meskhishvili, Ann Inasaridze, “Modalities to foster use of renewable energy sources in the transport sector by the Energy Community Contracting Parties”, presentation, 9 November 2020, slides 22, 25. Available at [https://www.energy-community.org/dam/jcr:7695c30f-9f8d-4b2f-a2c5-d2b7241b5d3d/M%20ALTMANN%20ECS\\_RES-T\\_2020-10-21\\_V1.1.pdf](https://www.energy-community.org/dam/jcr:7695c30f-9f8d-4b2f-a2c5-d2b7241b5d3d/M%20ALTMANN%20ECS_RES-T_2020-10-21_V1.1.pdf)

## Додаток А: Частина Дорожньої карти щодо виробництва та використання водню в Україні щодо дорожнього транспорту

Запропонований проект містить заходи, яких має вжити уряд України для розгляду та розвитку використання водню в секторі автомобільного транспорту. Відповідні діяльності включені до загального проекту Дорожньої карти з виробництва та використання водню в Україні. Дорожня карта пропонує три етапи до 2029 року та включає різні діяльності, що стосуються законодавства, економічних заходів, підтримки науково-дослідних робіт та підвищення обізнаності громадськості.

Сфера I	Діяльність II	Учасники III
а) Законодавство	1. Визначення необхідних законодавчих змін у галузі водневих технологій, серед іншого: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Аналіз законодавства та формування переліку законодавчих змін з метою сприяння розвитку водневих технологій в автотранспортному секторі;</li> <li>– Аналіз політики та механізмів країн ЄС щодо використання енергії водню у секторі автомобільного транспорту.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Міненерго</li> <li>• Мінінфраструктури</li> <li>• Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України</li> <li>• Недержавні установи</li> </ul>
	2. Розробка основного законодавства, яке стосується використання енергії на основі водню в автомобільному транспорті: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Розробка та внесення змін до нормативно-правових актів для забезпечення використання та розширення переліку альтернативних джерел енергії на автомобільному транспорті, включаючи ланцюг вартості водню</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Міненерго</li> <li>• Мінінфраструктури</li> <li>• Комітет Верховної Ради з питань енергетики та житлово-комунальних послуг</li> <li>• Недержавні організації</li> </ul>
	3. Розробка відповідної політики та стратегій використання енергії в автомобільному транспорті: <ul style="list-style-type: none"> <li>– План дій щодо вдосконалення транспортної мережі та планування маршрутів громадського транспорту</li> <li>– Розробка Плану використання екологічно чистого транспорту та мікромобільності у містах;</li> <li>– Оптимізація структури пасажирських та вантажних потоків за рахунок збільшення частки пасажирських перевезень громадським транспортом</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Міненерго</li> <li>• Мінінфраструктури</li> <li>• Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України</li> <li>• Міністерство внутрішніх справ України</li> <li>• Державна служба України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів</li> </ul>

Сфера	Діяльність	Учасники
I	II	III
а) Законодавство	<ul style="list-style-type: none"> <li>– План дій щодо альтернативного (відновлюваного) палива</li> <li>– Політика просування водневих та електромобілів;</li> </ul> <p>Програма максимального переоснащення парку транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння для електричних, водневих автомобілів та автомобілів на паливних елементах, що відповідають критеріям стійкості та екологічності;</p>	
	<p>4. Розробка стандартів, правил, сертифікації та моніторингу використання водню в автомобільному транспорті:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Стандарти ефективності;</li> <li>– Паливні елементи;</li> <li>– Безпека транспортних засобів;</li> <li>– Економія палива;</li> </ul> <p>АЗС;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мінінфраструктури</li> <li>• Міністерство внутрішніх справ України</li> <li>• Державна служба України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів</li> <li>• Науково-дослідні організації</li> </ul>
б) Економічні заходи	<p>1. Розробка державних механізмів підтримки заходів та проектів використання водню в автомобільному транспорті, включаючи полегшення доступу до водню.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Міненерго</li> <li>• Мінінфраструктури</li> <li>• Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України</li> <li>• Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства</li> <li>• Міністерство фінансів</li> <li>• Міністерство зовнішніх справ України</li> <li>• Агенції з розвитку та міжнародні фінансові організації (МФО)</li> </ul>
	<p>2. Розвиток ринку, в тому числі реалізація та демонстрація пілотних проектів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Впровадження водневих технологій в автомобільному транспорті;</li> <li>– Будівництво місцевих (регіональних) пілотних транспортних мереж, включаючи придбання автопарку, будівництво заправних станцій та їх технічне обслуговування.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Міненерго</li> <li>• Мінінфраструктури</li> <li>• Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України</li> <li>• Агенції з розвитку та міжнародні фінансові організації (МФО)</li> <li>• Приватний сектор</li> <li>• Міста та громади</li> </ul>



	<p>3. Розробка економічних стимулів для використання водню в автомобільному транспорті, включаючи особливу увагу до міського транспорту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Прямі субсидії;</li> <li>– Податкове стимулювання.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Міненерго</li> <li>• Мінінфраструктури</li> <li>• Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України</li> <li>• Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства</li> <li>• Міністерство фінансів</li> <li>• Агенції з розвитку та міжнародні фінансові організації (МФО)</li> </ul>
с) Підтримка діяльності з досліджень та розробок (R&D)	Посилення та поглиблення співпраці між науковцями, політиками, населенням та бізнесом	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Міненерго</li> <li>• Мінінфраструктури</li> <li>• Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України</li> <li>• Агенції з розвитку та міжнародні фінансові організації (МФО)</li> <li>• Приватний сектор</li> <li>• Міста та громади</li> </ul>
d) Підвищення інформованості громадськості	Кампанія з підвищення інформованості та заходи, спрямовані на сприяння використанню водню в автотранспорті з особливим акцентом на міському транспорті.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Міненерго</li> <li>• Мінінфраструктури</li> <li>• Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України</li> <li>• Агенції з розвитку та міжнародні фінансові організації (МФО)</li> <li>• Приватний сектор</li> <li>• Міста та громади</li> <li>• Недержавні організації</li> </ul>